

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-174757- -00000-0000

Fecha: 2012-10-04 16:31:53 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 3



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD DE PATENTE DE
INVENCION

TITULO: SISTEMA Y METODO PARA MONITOREAR RECURSOS EN UNA
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

SOLICITANTES: TAKADU LTD

DIRECCIÓN: 4 Derech HaChoresh, 56470 Yedud Israel

APODERADO: CARLOS R. OLARTE

BOGOTÁ 03 Octubre de 2012

P2012/0000121

OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & ASOC

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-174757- -00000-0000

Fecha: 2012-10-04 16:31:53 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 3

PETITORIO - FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD

PATENTE PCT

ENTRADA EN FASE NACIONAL

P2012/000121

SOLICITUD DE:

1

☒

Patente de Invención.

☐

Patente de Modelo de Utilidad.

☒

Capítulo I.

☐

Capítulo II.

2

**SOLICITANTE
(71)**

Nombre: TAKADU LTD.

Dirección: 4 Derech HaChoresch, 56470 Yedud
Israel

Nacionalidad o Domicilio: Israel

Lugar de Constitución: Israel

Teléfono: _____ Fax: _____

E-mail: _____

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número _____

**REPRESENTANTE
O APODERADO**

Nombre: CARLOS R. OLARTE

Dirección: Carrera 5 No. 34-03 Bogotá

Teléfono: 601-7700 Fax: 601-7799

E-mail: office@olartemoure.com

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número 79.782.747Bta
TP 74.295

**INVENTOR (ES)
(72)**

Nombre: 1) Amir PELEG, 2) Haggai SCOLNICOV, 3) Uri BARKAY, 4) Amital ARMON, 5) Shai GUNTER
Dirección: 1) Meshek 61, 99780 Kefar Ben-Nun Israel, 2) Shlomo Ha-Melech Street
77a/5, 64512 Tel Aviv, Israel 3) Rashi 5/1 Street 47207 Ramat HaSharon Israel, 4) 32 Ben
Yosef Street, 69125 Tel Aviv Israel, 5) 5/12 Migdal Oz Street, 71703 Modi'in Israel

Nacionalidad o Domicilio: Israel

5

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/IB2011/000448 Fecha Marzo 3, 2011

Publicación Internacional No. WO 2011/107864 A3 Fecha Septiembre 09, 2011

6

**Título (54) SISTEMA Y METODO PARA MONITOREAR RECURSOS EN UNA RED DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA**

Clasificación Internacional (51) G01 7/00

Prioridad

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

US

(32) Fecha

Marzo 4, 2010

(31) Número de Solicitud

12/717,944

9

Comprobante de pago No. 12-

Fecha Septiembre de 2012

10

ANEXOS☒

Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.



Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.



Poderes, si fuere el caso.



Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.



Declaraciones. Bajo la Regla 4.17 (ii) del PCT.

☒

Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).

☒

Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).



Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA).



Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.



De ser el caso, copia del contrato de acceso.



De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.



De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.



Arte final 12 x 12.



De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.

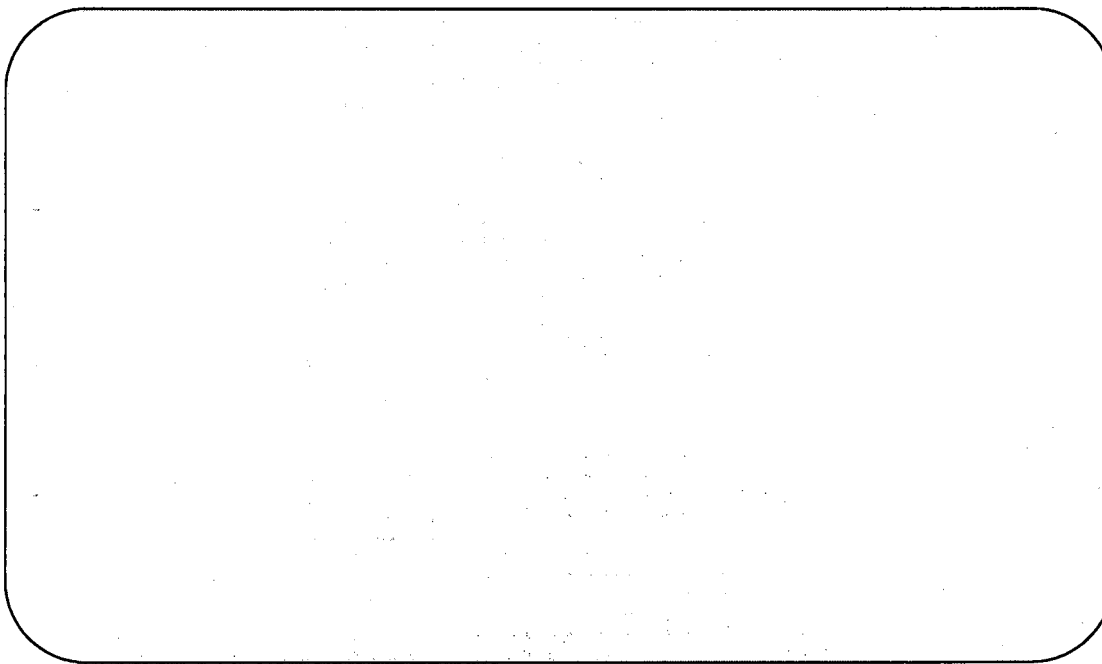


De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.

☒

Otros. Búsqueda Internacional.

11

FIGURA CARACTERÍSTICA:

12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: CARLOS R. OLARTE

FIRMA:

C.C. 79.782.747Bta T.P. 74.295

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 12 - 104672

Bogotá D.C., Octubre 04 de 2012 - 16:23:53

RECIBIDO DE : OLARTE MOURE & ASOCIADOS NI 830.122.870

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	195783302	04/10/2012	5.750.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	590.000.00	590.000.00
				\$590.000.00
=====				

SON: **QUINIENTOS NOVENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-174757- -00000-0000

Fecha: 2012-10-04 16:31:53 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 3

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Octubre 4 de 2012 - 16:23:55



No. 12-174757- -00000-0000

Fecha: 2012-10-04 16:31:53 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 3

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE UTILIDAD ☐

Art 33 Decisión 486/00

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

C D	☒	Indicación que se solicita una PCT
	☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
	☐	Dibujos de ser estos pertinentes
	☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
	Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

PLANILLA DE RADICACIÓN - DIGITALIZACIÓN DIARIA
RELACIÓN DE ANEXOS

Dependencia:	Fecha: ____/____/____ AAAA MM DD	Recorrido:
Tipo de Radicación: Entrada: ☐ Salida: ☐ Traslado: ☐ Convenio: ☐		
Radicator:		Planilla:

ID	No. Radicación	Consecutivo	Item
1	12-174757	0	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

<i>Item</i>	<i>Unidad de Conservación</i>
1	Bolsa
2	Caja
3	Libro
4	Sobre
5	Tomo
6	Otro
<i>Item</i>	<i>Soporte Documental</i>
7	CD
8	Disquete
9	DVD
10	Folleto
11	Foto
12	Periódico
13	Plano
14	Publicación Periódica
15	USB
10	Otro

Observaciones:

DNEX CD. 11/11/11

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
9 September 2011 (09.09.2011)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2011/107864 A2

(51) International Patent Classification:
G01V 3/00 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/IB2011/000448

(22) International Filing Date:
3 March 2011 (03.03.2011)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
12/717,944 4 March 2010 (04.03.2010) US

(71) Applicant (for all designated States except US):
TAKADU LTD. [IL/IL]; 4 Derech HaChoshesh, 56470
Yedud (IL).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **PELEG, Amir**
[IL/IL]; Meshek 61, 99780 Kefar Ben-Nun (IL). **SCOL-
NICOV, Haggai** [IL/IL]; Shlomo Ha-Melech Street 77a/
5, 64512 Tel Aviv (IL). **BARKAY, Uri** [IL/IL]; Rashi 5/1
Street, 47207 Ramat HaSharon (IL). **ARMON, Amital**
[IL/IL]; 32 Ben-Yosef Street, 69125 Tel Aviv (IL).
GUNTER, Shai [IL/IL]; 5/12 Migdal Oz Street, 71703
Modi'in (IL).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— without international search report and to be republished
upon receipt of that report (Rule 48.2(g))

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING RESOURCES IN A WATER UTILITY NETWORK

(57) Abstract: A computerized method for monitoring a water utility network, the water utility network comprising a network of pipes for delivering water to consumers and a plurality of meters positioned within the pipes across the water distribution network. The method includes receiving meter data representing parameters measured by the meters, such as flow, pressure, chlorine level, pH and turbidity of the water being distributed through the pipes. The method also includes receiving secondary data from sources external to the meters and representing conditions affecting consumption of water in a region serviced by the water utility network such as weather and holidays. The meter and secondary data is analyzed using statistical techniques to identify water network events including leakage events and other events regarding quantity and quality of water flowing through the pipes and operation of the water network. The events are reported to users via a user interface.



WO 2011/107864 A2

**SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING RESOURCES
IN A WATER UTILITY NETWORK**

COPYRIGHT NOTICE

[0001] A portion of the disclosure of this patent document contains material which is subject to copyright protection. The copyright owner has no objection to the facsimile reproduction by anyone of the patent document or the patent disclosure, as it appears in the Patent and Trademark Office patent files or records, but otherwise reserves all copyright rights whatsoever.

FIELD OF THE INVENTION

[0002] The field of the invention relates generally to monitoring resource distribution systems, such as a water utility network, and detecting anomalies associated with the distributed network.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0003] The United Nations notes that water use has been growing at more than twice the rate of population increase in the last century, and an increasing number of regions are chronically short of water. By 2025 two-thirds of the world's population could be under water stress conditions as a result of increased populations. Water, especially potable water, is essential for all socio-economic developments and for maintaining a healthy population. As populations increase across the globe they call for an increased allocation of clean water for use, resulting in increased water scarcity.

[0004] One method to address water scarcity and conserve resources is the detection of leaks and other events occurring in water utility networks. Some experts estimate that losses due to leaks and theft amount to 25-30% of the water flowing through water utility networks. Therefore, a significant amount of water may be conserved merely by addressing the water loss in systems already controlled by humans.

[0005] Old and poorly constructed pipelines, inadequate corrosion protection, poorly maintained valves, and mechanical damage are some of the factors that contribute to water loss. Additionally, water leaks reduce the supply pressure in the system, and as a result the utility must raise pressure in the system to make up for the losses. Raising the system pressure results in more water being pumped and raises the energy consumption of the water utility. Indeed, water distribution networks are the single biggest consumers of energy in many countries. By identifying and correcting water leaks and other network issues, utilities can conserve water for future use and dramatically reduce energy consumption.

[0006] Adding to the difficulty is that most water utility networks are large and complex, and have been built through piecemeal growth, with many pipes in arbitrary configurations to serve specific geographical needs that develop over time. Further, most water utility networks lack accurate, frequent, real-time customer consumption metering, which might allow for a simple conservation of mass input and output accounting. Additionally, water utility networks are designed to deliver water to a large number of consumers, whose individual behavior is unpredictable and subject to change due to many factors. Such factors include, for example, weather changes and natural events (e.g., hot weather increases consumption, as do droughts), holidays and atypical social events (e.g., causing consumers to remain home and water use to increase in residential networks and decrease in business neighborhoods), and demographic changes in neighborhoods over time.

[0007] Existing methods for leak detection in water utility networks do not adequately address these problems. For example, commercially available hardware leak detection devices used for field surveys, such as acoustic sensors, can be effective at pinpointing a leak within a given area, but are expensive to install and operate and do not provide rapid discovery and blanket coverage of a whole network. Existing water IT systems, such as the Advise™ Water Leakage Management available from ABB, attempt to make some use of meter data but that use is simplistic and thus the results are of limited usefulness. For example, the systems do not

accurately identify or report in real time on specific individual events such as leaks or other network events, do not identify meter faults or adverse water quality conditions, lack statistical analysis needed to accurately understand routine network operation, and suffer other deficiencies. Furthermore, the systems currently in use lack the ability to detect energy loss or water thefts. A key failing of most current approaches is a lack of deep statistical modeling of the many unmetered components of water networks, most notably the water consumption by service customers, which is frequently modeled by very rudimentary techniques, yet has a profound impact on any analysis of the network.

[0008] Supervisory Control and Data Acquisition (“SCADA”) systems have become increasingly available in water utilities throughout the world, collecting data from a variety of meters within the network, measuring quantities such as flow and pressure. However, at most utilities these systems are used by a few skilled operators mainly for ongoing operational needs; utilities make little use of the historical data accumulated in their systems to automatically (or otherwise) detect leaks and other anomalous network events. Furthermore, any anomaly detection is usually limited to single-sensor fixed-bound alerts, leading either to low sensitivity or to a high proportion of false alerts.

[0009] Water utility network operators continue to add even more meters to monitor the activity of distribution systems. While this does provide greater amounts of data regarding the network, and hence greater potential for understanding events within the network, the increased volume of data often serves merely to confuse network operators further, and exacerbate the already difficult “needle in a haystack” aspect of water network monitoring. Moreover, the placement of more meters is not usually optimized to improve the usefulness of data being received from the overall system for advanced monitoring purposes. As a result, the increased volumes of data describing network activity are unorganized and often confusing and do not allow network operators to make any better decisions about the status of the water utility network.

[00010] As such, there exists a need for improved systems and methods to better analyze data retrieved from a water utility network and data about the utility network and the consumption of its resources to facilitate improved management of these resources.

SUMMARY OF THE INVENTION

[00011] Some or all of the above and other deficiencies in the prior art are resolved by a computerized method for conserving water by monitoring a water distribution network, the water distribution network comprising a plurality of pipes and network devices such as pressure reducing valves, reservoirs, or pumps, for delivering water to consumers and a plurality of meters positioned at locations within the water distribution network. The meters may be positioned on the interior or exterior of the pipes, near the network devices, or in other arbitrary locations. In some embodiments the method includes receiving meter data from the meters, the data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow of the water through the pipes. In some embodiments, the meter data is Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) data. In some embodiments, the meter data is processed before being analyzed such as by filtering out noise from the meter data and by formatting it for storage in a network information database.

[00012] According to some embodiments, the meter data is analyzed to identify water network events, the water network events comprising leakage events and informational events regarding consumption of water delivered over the water network and operation of the network and the meters. The informational events that may be reported include an unexpected increase in consumption pattern, a change in consumption pattern, a theft of water, a zonal boundary breach, a utility meter fault, and a network device malfunction. The method according to some embodiments may further include receiving over time water quality data representing turbidity, chlorine and pH of the water delivered over the network and identifying network events by detecting changes in the water quality data over time in excess of a statistical, proportionate, or constant value threshold.

[00013] The one or more network events are reported to a user via a user interface. In some embodiments the water network events are stored in a database so they may be accessible to a variety of interface modules that report the events in different ways, including through event lists, graphs or trend data, and trouble tickets or other alerts.

[00014] In some embodiments, the method includes receiving secondary data from one or more sources external to the meters, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption of water in a region serviced by the water utility network. The secondary data could include, for example, weather data representing weather conditions in the region of the water utility network, calendar data representing one or more factors affecting water consumption on a given date, repair data representing one or more repairs performed on the water utility network, and structural data representing a structure of the water utility network. As explained further herein, this secondary data can be analyzed along with the meter data to provide better, more accurate results and to reduce or eliminate false alarms. For example, an anomalous increase in water flow or consumption in a given region of a water utility network may be explained by above average heat or dryness or by a holiday or other natural or human event which causes people to stay home and not go to work or otherwise change the typical consumption pattern at a particular location or locations.

[00015] In some embodiments, meter data is analyzed by statistically predicting meter data for a first meter based on other meter data from the water utility network, such as by calculating a statistical distribution of likely values for the first meter, and comparing the received meter data for the first meter with the predicted meter data for the first meter. By way of illustration, historical data may indicate that the first meter's values are typically approximately double the values measured concurrently by a second meter; then the first meter is predicted to have a current reading approximately double the reading recently obtained from the second meter. The network events may be identified by detecting an anomaly if the actual received meter value from the first meter deviates from the predicted meter value for the first

meter by a predefined statistical deviation, for a duration exceeding a predefined threshold, if their frequency occurrence within a predefined window of time exceeds a predefined threshold, or by other means. Statistical anomaly detection in meter values is a robust way to overcome the difficulties inherent in the many unmetered components of water networks, most notably the water consumption by service customers, which has a profound impact on any analysis of the network. Statistical structure in this consumption, such as a tendency to periodicity, propagates throughout the network, leading to similar or derived statistical structure in meter values, allowing an analysis of the likelihood that particular meter values were generated during routine operation of the network (no anomaly). In addition, the use of statistical anomaly detection as described herein allows for use of the methods and systems of the present invention with networks that supply meter data that does not cover every portion of the network, is not provided on a real-time basis, or is otherwise incomplete and deficient. Thus, for example, the anomaly detection described herein is designed to be most useful in water utility networks in which meters are only present at certain network junctions or locations, or in which meter readings are taken at consumer residences on a monthly basis or otherwise fail to provide up to date information. Indeed, as explained above, typical water utility networks suffer from one or more of these types of deficiencies in the meter data collected from the network, and lack accurate, frequent, real-time customer consumption metering, which might allow for a simple conservation of mass input and output accounting, and are designed to deliver water to a large number of consumers, whose individual behavior is unpredictable and subject to change due to many factors.

[00016] In some embodiments, statistically predicting meter data for the first meter based on other meter data from the water utility network includes selecting one or more second meters as one or more corresponding meters and correlating meter data received from the first meter with meter data received from the one or more corresponding meters. The one or more second meters may be selected by correlating historical meter data for the one or more second meters

with historical meter data for the first meter. In some embodiments, the one or more second meters may be meters which each historically had close correlation with the values of the first meter. Loosely speaking, in routine network operation, the first meter's values are expected to continue this correlation. By way of illustration, such a situation may arise when several meters measure the flow of water consumed by several distinct neighborhoods with similar demographics, and hence similar (or proportional) consumption patterns. The one or more second meters may further be selected as ones which are positioned within the water utility network so as to be unaffected by local anomalies affecting the first meter, of the sort which is of interest to the network operator, such as a leak; yet, being part of the same network and general area, the second meters are affected by the same global anomalies, such as increased consumption on a hot day. In this way, a local anomaly affecting the data from the first meter will not affect the data from the second meters and so will be easier to detect by a statistical comparison to the data from the second meter(s), yet a global anomaly will not generate a false alert, even if its cause is unknown.

[00017] Some or all of the above and other deficiencies in the prior art are resolved by a computerized system for monitoring a water utility network, the system having a network information database for storing meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow of the water through the pipes, and secondary data from one or more sources external to the meters, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption of water in a region serviced by the water utility network. The system further contains an analysis engine configured to analyze the meter data and secondary data to identify anomalies, an event classification engine configured to identify water utility network events based on the anomalies, the water network events comprising leakage events and other events regarding quantity or quality of water flowing through the pipes and network devices and operation of the water utility network, and an event database for storing water utility network event data representing the one or more water network events identified by

the event classification engine. The system may further include a set of interface modules for retrieving water utility network event data from the event database and reporting it to users.

[00018] In some embodiments the analysis engine comprises a plurality of predictor modules for generating a statistical distribution of likely values of the meter data for a given meter, assuming routine operation and no anomalous events, and a plurality of anomaly detector modules for comparing the actual meter data for the given meter to the distribution of likely values to detect anomalies in the meter data.

[00019] Some or all of the above and other deficiencies in the prior art are resolved by a computerized method for managing a water utility network, the method comprising sending meter data to an analysis engine, receiving from the analysis engine data representing water utility network events, and displaying the received water utility network events to a user on a computerized display device. According to some embodiments the water network events include leakage events and other events regarding quantity or quality of water flowing through the pipes and network devices and operation of the water utility network. The water utility network event data may have been identified as a result of analysis of the meter data and secondary data, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption of water in a region serviced by the water utility network.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[00020] The invention is illustrated in the figures of the accompanying drawings which are meant to be exemplary and not limiting, in which like references are intended to refer to like or corresponding parts, and in which:

[00021] Figs. 1 and 2 present block diagrams depicting systems for monitoring a water network according to embodiments of the present invention;

[00022] Fig. 3 presents a flow diagram illustrating a method for monitoring a water network according to an embodiment of the present invention;

[00023] Fig. 4 presents a flow diagram further illustrating a method for monitoring a water network according to an embodiment of the present invention;

[00024] Fig. 5 presents a flow diagram illustrating a method for predicting measured values for a given meter according to an embodiment of the present invention;

[00025] Figs. 6 and 7 present flow diagrams illustrating attribute selection according to an embodiment of the present invention;

[00026] Fig. 8 presents a flow diagram illustrating a method for detecting a water leak event.

[00027] Figs. 9 - 11 present flow diagrams illustrating event detection for specific event types according to embodiments of the present invention; and

[00028] Figs. 12 - 15 present screenshots showing a web user interface presenting event information generated by the analysis engine according to one embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE EMBODIMENTS

[00029] In the following description, reference is made to the accompanying drawings that form a part hereof, and in which is shown by way of illustration of specific embodiments in which the invention may be practiced. It is to be understood that other embodiments may be utilized and structural changes may be made without departing from the scope of the present invention.

[00030] Figure 1 presents a block diagram illustrating one embodiment of a system for monitoring resources in a water distribution system. As shown in Fig. 1, the system includes a Water Network Analysis Engine 100 composed of various software modules and databases residing on computer hardware and performing the functions described further below. The engine 100 may include one or more processing devices performing the below-described operations in response to executable instructions. The Water Network Analysis Engine 100 analyzes data received from different meters, sensors, reading devices, or other data pertaining to

a distribution network. One of skill in the art will appreciate that unless the specific context explicitly indicates otherwise, as used herein the terms “meter” and “sensor” generally refer to the same class of network devices and encompass any meter, sensor, gauge, or other device capable of measuring parameters or values or a stimulus, especially stimuli relating to a water distribution network. The system identifies anomalies and events based on that data and provides real-time alerts or off-line data reports to users who can then take action, as appropriate, to address any phenomena or events identified by the Analysis Engine 100. As described further below, the anomalies and events identified by the Analysis Engine 100 include leaks, bursts, unexpected consumption of water, faulty meters, meter calibration problems, water quality changes, other issues important to the quantity of water being delivered over the network, malfunctions in network devices, and other issues known to those skilled in the art.

[00031] As shown in Fig. 1, the data received as inputs to the Water Network Analysis Engine 100 include, in some embodiments, GIS data 101, Operation Data 102, Water Distribution System 103, Meter Data 1 103a, Meter Data N 103b, and External Data 104.

[00032] GIS Data 101 is data from a geographical information system (“GIS”) which describes the structure and layout of the water network and positioning of the meters across it, and includes meter types, meter locations, meter ages, descriptions of the water pipes such as diameters and manufacturing materials, partitions of the network into pressure zones and/or supply zones, a city or area map, and additional evolving data recognized to one of skill in the art. Any other characteristics of the geography and engineering of the water distribution system may also be utilized, as well as any other data relied on by one skilled in the art. It is also noted that this data may be evolutionary data including updates consistent with the evolution of the underlying resource system itself, for example when new water pipes, connections, meters, etc., are installed or otherwise modified in the system. Furthermore, this data may include updates when the underlying resource system is sampled or measured, for example when existing pipes are inspected for material fatigue or internal constriction by accumulated solid deposits.

[00033] Operation Data 102 includes asset management information, and may be any information in a digital format on operations performed by the network operator that can be correlated with meter readings to determine or refute an anomaly. For example, Operation Data 102 may include information concerning water network operations, such as routine or planned water network operations, opening and closing of valves that affect water flow, pump operations, acoustic surveys, repairs or improvements made to any part of the water network, dates and times of the repairs/improvements, locations of the repairs/improvements, routine maintenance made to the network, and access control information indicating when and where on the network technical personnel may be active. In one embodiment, Operation Data 102 is provided by the system used to manage the water network.

[00034] Monitored water distribution systems produce vast amounts of time dependent data such as, but not limited to, hydraulic indicators such as flow, pressure, and reservoir level, and quality indicators such as chlorine, turbidity, pH, and others. This data may be produced by meters distributed throughout the network, and may be represented by the Water Distribution System 103. Furthermore, the meters distributed throughout the network may be in arbitrary locations, or locations that only provide a partial representation of the entire network. Meter Data 1 103a and Meter Data N 103b represent data produced by the various sensors and meters in Water Distribution System 103. One example of a system used to collect network data such as that represented by Network Data 103a and Meter Data 103b is a SCADA system. SCADA data may include continuous time-dependent meter data, such as pressure of the water, flow rate of the water, turbidity of the water, chlorine levels in the water, pH of the water, and reservoir water levels. Those of skill in the art are familiar with SCADA data systems and can appreciate that the term represents an abstraction of data collection from an industrial process, in this case a distribution network.

[00035] External Data 104 includes additional information relevant to water consumption and network conditions, but not strictly within the above categories, such as weather reports,

holidays or other calendar events that affect water consumption and network behavior within given portions of the network, or any other event by the utility itself or its customers that may impact the function of the water network.

[00036] The Water Network Analysis Engine 100 analyzes the various input data streams and returns output categorized and formulated as event data in accordance with processing operations described in further detail below. Water Network Analysis Engine 100 stores data in Database 106, and data from Database 106 is retrieved by one or more interface systems, such as Event Tracking Interface 108, Alert Interface 109, Reports Interface 110, Proprietary System Interface 111, and Other Interfaces 112. Water Analysis Engine 100 may also access previously stored data from Database 106, to provide continuity in the reporting of events, for example to update that a previously detected event is still ongoing, rather than detecting it as an additional, separate event. Different types of interface systems are used to provide information on events to users or external systems in different ways. For example, the Event Tracking Interface 108 enables users to browse through all events detected on the network, whereas the Alert Interface 109 sends out alerts to users (e.g. via an email, SMS or voice message) or external systems that have been determined by rule or policy to require more immediate attention. The interfaces 108-112 may be accessed by various computerized devices, such as desktop computers and laptops, cell phones, blackberry devices, smart phones, pagers and other mobile devices programmed to receive pages, trouble tickets and other types of alerts. The interfaces 108-112 may be accessed by the computerized devices requesting them from servers connected over any suitable network, such as but not limited to the internet, or may be pushed out to such devices for viewing by users or input into other systems such as trouble tickets systems. Outputs from Water Network Analysis Engine 100 may be stored in Database 106, in an electronic log file, or printed to paper.

[00037] Although illustrated as a single system, in various embodiments the illustrated system may be integrated and/or distributed across multiple hardware devices and may be distributed logically, physically or geographically. Water Network Analysis Engine 106 may be

any suitable physical processing device performing processing operations as described herein, in response to executable instructions. Water Network Analysis Engine 100 may also include any suitable type of storage device operative to electronically store data. Figure 2 presents a block diagram depicting further details of a water network monitoring system according to certain embodiments. In one embodiment, elements 203-207 form the Water Network Analysis Engine 100 of Figure 1. Fig. 2 includes Water Network 200, Water Network 201, Data 202, Network Information Database 203, Data Preparation Engine 204, Predictors 205, Anomaly Detectors 206, Event Decision and Classification Engine 207, Database 208, and Output Interfaces 209, including Event Tracking Interface 210, Alert Interface 211, Report Interface 212, Proprietary System Interface 213, and Other Interfaces 214.

[00038] Water distribution systems, represented by elements 200 and 201, are one or more connected water distribution systems, or water distribution systems located in different areas with few or no connections between them. In one embodiment, elements 200 and 201 may be any suitable resource distribution network, such as a municipal, rural, or wholesaler water utility network, liquid distribution network in a factory or other large building, or naval vessel, or any suitable resource collection network such as a sewer system. One of skill in the art will appreciate that elements 200 and 201 may be any water distribution or collection system. Water Network 200 and Water Network 201 send time-dependent data representative of the network, such as water flow, pressure, turbidity, reservoir level, chlorine level, and pH level. For example, the network may obtain this information by using a SCADA system. Data from Water Network 200 or Water Network 201 may report data from specific meters, or collections of meters, some of which may be related. For example, meters may be grouped geographically by zone or by District Metered Area (DMA), as one skilled in the art will appreciate. The data may be sent directly from the meters or collections of meters in the network, or the data may come from a Network Interface Database 203; additionally the data could be enriched by Data Preparation Engine 204 to, for example, add or calculate new types of data such as morning and

evening consumption data. For convenience, the term “meter data” will be used in this specification to refer to the actual data from a single meter, or a predefined meaningful combination of readings from multiple meters or of multiple readings from one or more meters received over time, such as the total sum ingoing flow to a DMA, or any similar predefined calculation generating a meaningful set of time-dependent data describing some aspect of the network. One skilled in the art will readily identify such meaningful combinations, based on the network layout and the locations of individual meters. Data 202 represents other data including asset management information, which may be any information in a digital format that can be correlated with meter readings to determine or refute an anomaly. For example, this may include information concerning water network operations, such as routine or planned water network operations, opening and closing of valves that affect water flow, acoustic surveys, repairs or improvements made to any part of the water network, dates and times of the repairs/improvements, locations of the repairs/improvements, routine maintenance made to the network, and access control information indicating when and where on the network technical personnel may be active. Additionally, Data 202 includes additional information relevant to water consumption and network conditions, such as weather reports, holidays or other calendar events that affect water consumption and network behavior within given portions of the network, or any other event by the utility itself or its customers that may impact the function of the water network.

[00039] Network Information Database 203 aggregates the raw data collected from the meters in Water Networks 200 and 201, and Data 202. Data from Network Information Database 203 is sent to Data Preparation Engine 204. Data Preparation Engine 204 organizes and formats received data to be further processed. As known to those of skill in the art, data formats used by different water distribution systems may differ from one another. For example, the city of London may collect and store network data in a format completely different than New York City. Additionally, Data Preparation Engine 204 prepares data for analysis by removing

data not reflecting the actual performance of the network or reflecting a transient phenomenon that system designers or network managers have decided not to address; methods commonly known in the art may be applied to “smooth” the data collected from the network. Some of these methods are LOWESS and heuristic cleaning as applied to the specific data being received from a given water network. Data Preparation Engine 204 extracts the data elements from the network data and formats them into a consistent format. Among filtered information may be noise associated with the data transmissions from aspects of the resource, such as for example noisy data transmission from a meter, or errors associated with the data measurements, transmissions or collection. Data Preparation Engine 204 may also output all data received from Water Networks 200 and 201, after it has been formatted but with less or no filtering or smoothing, to allow the system to analyze data that could otherwise be discarded if one of the smoothing techniques is first applied. Data Preparation Engine 204 sends pre-processed data to Predictors 205 and Anomaly Detectors 206. One of skill in the art will appreciate that elements 203-214 may be contained in or reside on the same device, or distributed among multiple devices.

[00040] In one embodiment, Predictors 205 contain N number of individual predictors using various techniques. As described further below, the Predictors 205 analyze sets of data and provide predictions of statistical distributions of the expected actual meter values assuming no anomalous events are occurring. As commonly known in the art, predictors may be designed using a machine learning framework to statistically analyze the data. Examples of the machine learning framework are discussed in Ethem Alpaydın, Introduction to Machine Learning (Adaptive Computation and Machine Learning), MIT Press (2004), ISBN 0262012111; Ryszard S. Michalski, Jaime G. Carbonell, Tom M. Mitchell, Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, Tioga Publishing Company (1983), ISBN 0-935382-05-4 hereby incorporated by reference in their entirety. More detailed descriptions of the operation of some specific predictors are found in Figures 5-6 and the accompanying descriptions.

[00041] Anomaly Detectors 206, which may include M number of individual detectors, receive statistical prediction data from Predictors 205 and pre-processed data from Data Preparation Engine 204. As discussed in Figure 5, the data set received from the Predictors 205 includes a distribution with the likely value, variance, and any other statistical descriptor of the values. One of skill in the art will recognize that the data set may contain multiple likely and actual values for the meter being analyzed. Anomaly Detectors 206 includes anomaly detectors for testing the likelihood of no anomaly for the meter and for testing the likelihood of alternative hypotheses such as specific event types. Anomaly Detectors 206 sends anomalies to Event Decision and Classification Engine 207. Some of those anomalies represent events in and of themselves, and some represent parts of events such as the start of an event, the end of an event, substantial change in an event, peak of an event, and the like.

[00042] Anomaly Detectors 206 are operative to analyze the significance of any deviations of the expected value sent from the Predictors and the actual value retrieved from the network. For each data set, each anomaly detector determines, by analyzing the significance of deviations, the statistical likelihood that no relevant anomaly occurred given the meter readings during a given time period. The Anomaly Detectors 206 analyze the significance of deviations over time, e.g., over minutes, hours, days or longer, since, for example, the continued or frequent occurrence of the deviations raise the significance of such deviations. As one of ordinary skill in the art will recognize, a system designer would design or adjust the Anomaly Detectors 206 to analyze deviations over a time period based on, among other things, the sensitivity desired for small time scale events, recently started events, which are usually detectable when they have large magnitudes, as opposed to small magnitude events which require sustained deviations over a longer time period for detection. Thus, for example, a small deviation that only occurs once or for a short period of time such as a minute would not be detected as an anomaly, while the same small deviation occurring over an extended time period or frequently within that period would be identified as statistically significant by the Anomaly Detectors 206 and detected as an anomaly.

[00043] Regarding analyzing the significance of deviations, for example, a meter reading, when compared to the historical statistical data, may be significant in light of the historical statistical data. For example, a difference of three standard deviations or a value in the top percentile may be a significant deviation. In other embodiments, the statistical deviation is measured by the distribution of deviations as a function of parameters. One such parameter may be the time of day, meaning that the significance of the deviation may depend on the distribution of deviations which may vary according to time of day. Other such parameters may include weather measurements such as temperature or humidity, weather warnings, holidays, or sporting events that may change network characteristics on that day or time of day. Additionally, the significant threshold of deviation of values may be changed by the level of statistical confidence desired by a system designer, user or water utility manager. In various embodiments the threshold is: (1) a statistical confidence level, computed based on the distribution of deviations from the correlation in the historical data, such as a specified multiple of the standard deviation; or (2) a constant, above which the system detects an anomaly. In some embodiments, the ratio of the actual value to the predicted value is analyzed, rather than the difference between the two; it is to be understood that the term “difference” is used to refer equally, in the case of such embodiments, to this ratio.

[00044] In one embodiment, an anomaly detector finds an anomaly when there exists a consistent statistically large deviation from expected values over a given period. Statistically large means a statistically significant relative bound (such as N standard deviations or K times the inter-quartile range, or other standardizations which take into account the actual distribution of the data, depending on particular implementations). Furthermore, when comparing “momentary” readings to the expected values, using the overall standard deviation (or other statistical descriptor) of differences from expected values can produce a high number of false positives, because the comparison may, for example, mix together high-variance times of day with low-variance times of day. Therefore, to reduce this error, the system compares a reading

$X(t)$ to the predicted value $P(t)$ by dividing $X(t)-P(t)$ into, for example, the standard deviation of such differences at that approximate time of day, on that day of the week. The magnitude of the relative bound and the length of the period are parameters of the method, which enable particular instantiations to focus alternatively on shorter or on smaller events.

[00045] In another embodiment, an anomaly detector computes the area under the curve (AUC) of the difference between actual and predicted values over particular fixed periods (or, alternatively, of the absolute value of that difference – this affects whether or not low values may cancel out with subsequent high values). This computation may be performed in this way, for example, every quarter of a day. The AUC is not in itself a statistical quantity, but since these are fixed periods, the distribution may be empirically measured: if only 5% of meter X's AUC values between midnight and 6am on a weekday were greater than X_0 , then finding such an AUC value is roughly "5% probable". The length of the fixed periods (and which periods they are compared to) are parameters of the method, which enable particular instantiations to focus alternatively on shorter or on smaller events.

[00046] Event Decision and Classification Engine 207 is operative to compare a statistical analysis from the M Anomaly Detectors 206 to determine the overall statistical likelihood of the no-anomaly hypothesis given recent meter readings. The Engine 207 would increase the statistical likelihood of an event based on the detection of multiple anomalies, from the same or different meters and at the same time or over a given time period, that all consistently indicate the occurrence of the event. For example, one anomaly may represent the start of an event and another anomaly may represent a change in the event or the end of the event, and the Classification Engine 207 recognizes those anomalies as being related to a single event. As another example, two anomalies from different meters related to increased flow, in a similar time and from related locations, would both indicate the same event. In one embodiment, heuristics are used to determine the overall statistical likelihood of a meter reading, based on a combination of the statistical likelihood of a reading from the temporal statistical data, and the statistical

likelihood of a reading from the spatial statistical data. For example, if the historical statistical data comparison indicates that the meter's current reading is only 15% likely to be so high, but the Spatial statistical data comparison indicates that the meter's current reading is 95% likely to be so high, then the overall reading likelihood may be 75% likely to be so high. See, for example, Koziol, James and Tuckwell, Henry, "A Bayesian Method for Combining Statistical Tests." Journal of Statistical Planning and Inference 1999: 78(1-2), 317-323, herein incorporated by reference

[00047] Examples of events detected by the analysis engine are a water leak, a burst, a faulty meter, a water theft, a communication fault, a water quality issue, an unexpected increase in consumption, a change in consumption pattern, network malfunctions such as abnormal reservoir levels or pressures, and others. Further detail regarding events may be included such as the start time of the event, the end time of the event, a magnitude of the event, a total water loss associated with the event, by way of example.

[00048] Event Decision and Classification Engine 207 also generates additional data regarding each event, such as start time, end time, magnitude of the event, an accumulated magnitude of the event such as the total water lost since the leak began, type, status, and physical units of the event, such as pressure units, pH, or chlorine concentration. Magnitude of the event is, in some embodiments, a value representing the size or proportion of the event, such as a calculation of extra flow over normal conditions, meter miscalculation, or chlorine change. This information is stored in Database 208 to be further sent to Interfaces 209. Certain outputs of anomalies are mapped to certain fields of events stored in Database 208. Examples of fields associated with events are: type of event (as determined by the Event Decision and Classification Engine 207), start time, end time, magnitude, and physical units of the event type.

[00049] One skilled in the art will appreciate that by using multiple predictors and anomaly detectors, comparing statistical likelihoods from the *M* Anomaly Detectors 206 may result in either an increased confidence that a detected event is an anomaly, or may result in a

decreased confidence that a detected event is an anomaly. In one embodiment, the Event Decision and Classification Engine 207 may weigh the events or event parts sent from each *M* Anomaly Detector equally. In another embodiment the Event Decision and Classification Engine 207 may assign weights to the events or event parts sent from each *M* Anomaly Detector based on a predefined configuration.

[00050] Database 208 receives information from Event Decision and Classification Engine 207 for storage in Database 208 and for retrieval from Database 208 by Output Interfaces 209.

[00051] Event Tracking Interface 210 provides a list of events to users of the system. Users may view individual events and their associated data by selecting a listed event. Events sent to Event Tracking Interface 210 may be filtered by the user of the system. For example, a user tasked with only repairing leaks may only see leak events, while an administrator of the system may see every type of event and the event data or an aggregate view of events. Different users view different types of events, and the needs or responsibilities of a user may dictate which events that user sees. For example, a leakage manager may elect to view only high-confidence leak events, or only leaks with magnitude above some fixed threshold. In another example, users tasked with monitoring one neighborhood see events associated with meter data located in that neighborhood. In another example, managers of the Water Network 201 see all events associated with Water Network 201, while administrators of both Water Network 200 and 201 see all events related to both networks. One of skill in the art will recognize that standard role-based user interface, access control, and user management methods, which may be managed by system administrators, may be used to provide this granularity of access to event data and reports.

[00052] Event data represented in the Event Tracking Interface 210 may include the event start time, type, location, magnitude and status. Additionally, a user selecting the event may be further presented with more detailed information such as maps, graphs, comments posted

by users related to the selected event, and annotations to selected events, maps, graphs and the like made by the engine or users, as explained below. As a more detailed example, users of Event Tracking Interface may annotate events, or include hyperlinks to other events or user interface objects. The annotations are communicated from the Event Tracking Interface as, for example, HTML form fields communicated over the web and stored in Database 208 in the associated event record to be viewed by other users of the system. Users may also assign ownership or responsibility of an event or of tasks related to the event to other users of the system. For example, a leakage analyst may assign a particular suspected leak to an adjacent zone's water engineer, to query whether recent maintenance could explain a flow anomaly, or to a control room manager to recommend or request a survey and repair. The detailed event information presented to a user includes data that will further help the user make an informed decision about the event and act on it accordingly. For example, if the system detects a leak and sends a leak event to 210, the system provides the event data from the event record and the visualization of the data through maps, graphs and the like to show, for example, a comparison of the present, actual values against predicted or past values. For example, one visualization of the event data may be in the form of a graph showing flow rate over time and a highlighted portion of the increase in flow rate indicative of a leak, to help the user focus on important aspects of the event. Sample screenshots for the Event Tracking Interface 210 are shown in Figs. 11-15.

[00053] Alert Interface 211 operates, according to predefined rules or policies, to identify certain events that need to be pushed out to specific users through the computerized devices designated by the users. For example, a user may specify, through rules or policies, that certain events of a specified magnitude get sent in email messages directed to the user while other events of more urgent or time-sensitive types or of larger specified magnitudes get pushed out to his or her mobile phone through text, paging, or the like. The alerts generated by the Alert Interface 211 contain certain specified data about the alert to assist the user to make an informed

decision about the event. The user can configure the Alert Interface 211 as to how much detail to include in the messages themselves and how much additional data to make available for the user to retrieve for example through a link to an item in the Event Tracking Interface 210.

[00054] The Report Interface 212 is a reporting system that retrieves event data from the Database 208 and generates various reports, tables, charts, graphs and the like to illustrate events or aggregations of events. As will be understood by one of ordinary skill in the art, the Report Interface 212 allows users to aggregate events and event data by any desired field(s) or parameter(s), such as geographic, time, type of event, and the like. Reports generated through the Report Interface 212 allow users such as water network managers to better plan future repairs or improvements to their network, the placement of meters, or other decisions related to operational, design, inventory and other considerations.

[00055] Proprietary System Interface 213 is a system which interfaces with another software program used by the operators of the water distribution system. For example Proprietary System Interface 213 retrieves event data from the Database 208 and inputs all or a specified part of it into a trouble ticket system to inform maintenance personnel of leaks or other events. An example of trouble ticketing software is Numara®'s Track-It!®. As another example, the event data may be sent to a workflow system or asset management system (such as the Maximo™ system available from IBM Corp.) so that the event may be more readily acted upon. Event data, for event reporting to users, is well categorized and can be adapted for use by any industry standard interface. One example of a workflow system interface is Handysoft's Bizflow®.

[00056] Further to any of the previously described embodiments, elements 203- 209 may reside on a server or set of servers such as a web server and may utilize an application service provider ("ASP") model to provide users of Interfaces 209 with access to alerts and reports via a web interface.

[00057] Fig. 3 presents a flow diagram illustrating a method for monitoring a water network according to embodiments of the present invention. In step 301, the system receives data from or about the water network, including Network data (e.g., SCADA data), GIS data, operation data, and external event data from the water distribution system and other sources. The system is operative to receive other types of data from the same or other sources, and can be modified to process such data with the same, analytical approach. Step 301 may be performed, in one embodiment, by element 100 in Figure 1, or more specifically by element 203 in Figure 2. Next in step 302 the system analyzes the received data using statistical models and other algorithms described herein. Step 302 may be performed, in one embodiment, by element 100 in Figure 1, or more specifically any combination of elements 204-208 in Figure 2. Lastly, in step 303, the system generates and displays output including events, alerts, reports, and graphs. Step 303 may be performed, in one embodiment, by elements 106-112 in Figure 1, or more specifically by elements 210-214 in Figure 2.

[00058] Figure 4 presents a flow diagram illustrating in further detail a method for monitoring a water network according to embodiments of the present invention. In step 401 the system receives data from the water network under analysis; the data including identification and geographical locations of the meters in the network. Next in step 402 the system selects at least one meter to be analyzed. Next, in step 403, the system predicts a likely distribution of values based on the data received in step 401. Embodiments for predicting a likely distribution of values are discussed with respect to Fig. 5. Next, in step 404 the system determines if there exists a statistically significant deviation of values after comparing the predicted values to the actual values. Embodiments for determining the significance of deviations are discussed with respect to Fig. 2. If there is no deviation of values, or the deviation is insignificant, the system proceeds to step 402 and selects another target to be analyzed. If, however, the system determines the deviation of values is significant, the system proceeds to step 405 and detects an anomaly.

[00059] Next, in step 406 the system classifies the event or event parts. Next, in step 406a the system determines if the event or related event exists in the database. If the event or related event does not exist in the database, the system proceeds to step 406b and creates an event in the database. However, if the event or a related event does exist in the database, the system updates the previously stored event in the database in step 406c. To determine if the detected event exists in the database, the system compares the detected event to active events that were previously stored in the database. An active event may be an event that is still ongoing, such as a leak that was previously detected, but has not yet been repaired. In one embodiment, to determine events that are still active, the system determines if an event, such as a leak, has ended. The system determines if a detected event relates to a previously stored event by looking at the similarity of event types, the start time of the detected event and the previously stored event, that the previously stored event has not ended, the location of the detected event and the previously stored event, or any other data fields that may relate the two or more events as alternate or partial detections of the same physical real-world event. In one embodiment, when the system updates the event in step 406c, the event record remains in the database as the same event, so that users monitoring the previously stored event will observe the detected event and its impact on the status of the previously stored event. Next, in step 407, the system provides the event and associated data to an interface or other system capable of reporting or storing the data. In one embodiment, the associated data provided with the event is data associated with detecting the event. For example, if the system detects and classifies a leak, the associated data provided to a user interface may be a map showing the location of the leak, as well as graphs showing the difference in flow rate over time that prompted the system to issue the event.

[00060] In step 408, the system selects the next target to monitor, and the system continues to detect anomalies for other meters in the network.

[00061] Fig. 5 presents a flow diagram illustrating a method for prediction of values in step 403 of Fig. 4. The system in Fig. 5 performs a prediction by first selecting attributes in step

501. Attributes are, in general, collections of data, such as the historical data from a given meter. Historical meter data may include a meter reading and the corresponding date and time for that meter reading. In one embodiment, the attributes selected are historical meter data for a corresponding meter, or meters, based on a close correlation of the historical data from the meter to be analyzed with the historical data from the corresponding meter or meters selected. Figure 6 discusses one embodiment of determining corresponding meters based on a close correlation with the historical data from the meter to be analyzed.

[00062] Next in step 502, the system may determine the best-fit combination of the selected attributes according to an error metric, e.g. by using linear regression and the root mean squared error (RMSE) metric. The best-fit combination produces a function of the selected attributes which approximates the data set to be predicted.

[00063] Next in step 503, the system predicts the likely value distribution of the selected attributes by applying the function obtained in step 502 with data from the selected attributes. The resulting data set includes a likely value distribution for the meter. Next, the resulting data set proceeds from the Predictor in element 205 to a corresponding Anomaly Detector in element 206 of Figure 2.

[00064] Generally, a prediction may be generated by selecting several attributes such as meter data sets and combining them to produce a close approximation of the data set for which a prediction is being generated. In one embodiment, "independent attribute selection," attribute selection proceeds by selecting the N data sets which each, individually, have the best fit with the data set under analysis. By way of example, if the error metric used is the root of mean square error (RMSE), and the attributes are to be combined affinely, then the data sets selected will be the data sets which each, individually, best approximate the data set being analyzed, in terms of the RMSE, under the best fit affine transformation. To this end, the system finds the best fit parameters for each individual data set (with respect to approximating the data set under analysis), and records the approximation error achieved by each data set with optimal

parameters; the system selects the data sets with lowest errors (best fit). As one of skill in the art will appreciate, finding the best fit parameters may be accomplished by well-known methods, such as linear regression.

[00065] In another embodiment, “exhaustive attribute selection,” attribute selection proceeds by selecting the N data sets that minimize the prediction error by exploring all possible N -tuples of data sets available for prediction. For each N -tuple, the system finds the best fit parameters (to approximate the data set under analysis, with respect to a specific error metric such as RMSE), records the approximation error achieved, and selects the N -tuple with lowest error (best fit).

[00066] In one embodiment, “incremental attribute selection,” attribute selection proceeds by selecting the N data sets one at a time, such that each additional data set provides the greatest reduction in approximation error, when generating the best fit combination of already selected data sets with the new data set. At step $K+1$, when K data sets have already been selected ($K < N$), the system determines the $K+1$ data set to add to them by finding the best fit parameters and recording the approximation error for all collections of $K+1$ data sets comprised of the K data sets already selected and one of the other data sets available for prediction; the system selects the additional data set which achieves the lowest error (best fit).

[00067] Figure 7 provides a flow diagram for one embodiment of the “incremental attribute selection”. In step 701 the system selects the first data set, or meter data, to add to the selected attributes. The first data set may be selected based on having a high correlation to the meter data being analyzed. Next in step 702, the system determines if another data collection should be added to the data set by determining if N , the number of data sets in the combination, is less than K , the predefined number of data sets the designer has allowed to be combined. If not, the system proceeds to step 708 and performs the analysis. If another data collection is to be added to the data set, the system proceeds to step 703 and selects a second data collection to add to the data set. Next in step 704 the system finds the best fit parameters for all data collections in

the data set, and then records the approximation errors for all data collections in the data set in step 705. Next in step 706 the system determines if the added data set achieves the lowest error by determining the best fit. If the added data set does not achieve the lowest error, the system proceeds to step 702. However, if the second data collection did achieve the lowest error, the system proceeds to step 707 and adds the second data collection to the data set. The system then proceeds to step 702.

[00068] Following each of these embodiments of attribute selection, parameter selection then proceeds by any of the methods familiar to one of skill in the art, such as linear regression, to generate the best-fit affine combination of all the selected data sets, in terms of the error metric being used (e.g., the RMSE). In one embodiment, several different regressions or regression methods are employed in parallel, and the result is the median or average or similar combination of individual regression results.

[00069] As one skilled in the art will be aware, “Independent attribute selection” is computationally the fastest but least accurate of these embodiments, “Exhaustive attribute selection” is computationally the slowest but most accurate, and “Incremental attribute selection” may provide an intermediate level of accuracy with intermediate computational speed.

[00070] Generally, the data sets which are available for use in generating predictions include all or some of the meter data sets received by the system, such as all the time series of meter readings and transformations of those data sets such as time shifts of the time series of meter readings. In one embodiment, the data sets which are available for prediction (the attributes from which attribute selection must choose N sets) are the data sets for meters other than the meter under analysis, and certain time-shifts of the data set for the meter being analyzed and other meters. The time-shifts correspond to multiples of the cycle periods expected in the data, such as one day, one week, and one year. By way of example, the other meters whose data sets are considered may be the entire collection of available meters, or the collection of meters which measure the same quantity (e.g. flow meters, if the meter under analysis is a flow meter),

or only meters which are located remotely from the meter under analysis, such that a local event registered by the meter under analysis is unlikely to propagate hydraulically through the network to any of the remote meters.

[00071] In some embodiments, the meter data used may be a processed version of the original meter data received, and may be further restricted in time from the entire historical data. For example, the data sets used for the above analysis may be the average meter values calculated over consecutive 6-hour periods (one average value for each meter for every 6 hours), starting 70 days before current time, and ending 7 days before current time. This could, for example, remove any unwanted effect of recent dissimilarity between meters, caused by an ongoing effect which is to be detected; any irrelevant dissimilarity which may have existed a long time ago (such as during another season); and short in-day differences.

[00072] Figure 6 presents a flow diagram illustrating a method for selection of corresponding data for a corresponding meter prediction. Figure 6 represents a simple subcase of the selection algorithms set forth above, in which a single data set from a separate meter is selected as the corresponding data set. This makes use of the observation that distant meters may usually not be affected by the same local events, such as a leak downstream of one of the meters, but may be similarly affected by global consumption or network events (such as a warm day or sports event), thus preventing many potential false alerts. In step 601 the system selects a first data set including historical data from a meter. The historical data includes pressure and flow values and the time associated with the pressure and flow readings. Next, in step 602 the system selects a second data set, the second data set including historical data from a meter. In one embodiment the second data set is historical data from a network device physically different and not strongly connected hydraulically to the network device represented by the first data set. For example, the first data set is associated with a meter located in Manhattan, and the second data set is associated with a meter located in Queens. Locations chosen may be remote enough or otherwise sufficiently removed from the meter being analyzed such that the data sets are not

hydraulically connected, and therefore not affected by the same anomaly or event, e.g., their water flow is not affected by the same leaks, water quality changes in one would not affect the other, and the like. However, although the second data set will not be affected by the same local hydraulic event, both data sets may still be affected by the same regional or global event, such as a warm day, or a city-wide sporting event. In another embodiment, the second data set is a data set from a different time period of the same meter represented by the first data set. For example, the first data set is from meter 1, and the second data set is also from meter 1 but represents data from three days prior.

[00073] Next, in step 603 the system compares the historical data of the first data set with historical data of the second data set to determine if a close correlation between the two meters exists. A correlation may be determined according to standard correlation techniques known in the art. Some existing correlation techniques known in the art are described in Miles, Jeremy and Shevlin, Mark, Applying Regression and Correlation: A Guide for Students and Researchers, Sage Publications Ltd. (2000), ISBN 0761962301. A correlation may be considered close if the correlation value exceeds a predetermined threshold, in which case the system proceeds to step 604. For example, if the correlation metric used is R-squared (also called the coefficient of determination), which ranges from 0 to 1, then the system may recognize the meters as corresponding meters if the calculated R-squared is above a predefined value such as 0.9. In step 604 the system determines if another corresponding data set may be required. In one embodiment, another corresponding data set may be required to facilitate more accurate anomaly detection, and the system proceeds to step 602. If no corresponding data set is required, the system performs analysis in step 605, and as discussed with respect to Figure 5.

[00074] However, returning to step 603, and in another example, if the correlation value is lower than the threshold, the system may recognize that the data sets do not closely correlate, in which case the system proceeds to step 602 and another data set is selected.

[00075] In some embodiments, the data used by a predictor may include other forms of data available to the Network Analysis Engine, such as Operation and External Data, described above. Such data may be used, for example, to further restrict, enhance, or categorize the meter data. By way of illustration, a predictor may use such data so that only data from previous holidays (not regular workdays) is used to predict values for a current holiday, or to cancel out the effects of unseasonal weather, known network events, or temporary network changes.

[00076] Fig. 8 presents a flow diagram illustrating a method for detecting and registering a water leak event. In step 801 the system obtains pre-processed data from the water distribution system. Next, in step 802 the system performs N number of statistical predictions according to N number of statistical prediction models. Next, in step 803, and for each predictor, the system compares the prediction data to the actual data to determine if there exists a statistically significant deviation. If no statistically significant deviation exists for the particular predictor, the system proceeds to step 807 and no event is produced. At step 807, the system proceeds to step 808 to select another set of meter data from the water network for analysis. However, in step 803, if a statistically significant deviation exists for the particular predictor, the system proceeds to step 804 and detects an anomaly.

[00077] Next, in step 805, the anomaly may be classified as an event according to the discussion of examples provided with respect to Figure 4. For example, if the system, according to different predictor models, issues an anomaly of a statistically significant continuing increase in flow and an anomaly of a statistically significant short-term reduction in pressure (followed by a pressure correction), the anomalies are classified in step 805 as the beginning of a leak event. At a later point in time, if the system detects a corresponding flow decrease anomaly of similar magnitude, the anomaly is classified as the end of that leak event. Another method of classifying deviations in step 805 is the use of external data to confirm or refute the anomalies detected in step 804. For example, if the day the analysis took place was a holiday, in which, for example, residential water use patterns may change significantly, then large statistical deviations from the

predicted data may increase the statistical threshold needed to identify a leak event. In another example, a sporting event may trigger an increased consumption in one area of the network, and the system may be equipped to utilize this information as external data to confirm or refute the existence of an event.

[00078] In other embodiments, the system may refute a detected anomaly by applying additional limitations on the data that produces the anomaly. For example, the system, or the network operators, may decide to provide alerts only corresponding to leaks crossing a certain magnitude threshold, having a deviation from expected values lasting for more than a specified period of time, or occurring over a certain frequency over a period of time. The sensitivity of the system to detect leaks may depend at least in part on the user-determined magnitude threshold, or having a leak lasting at least a specified period of time.

[00079] Next, in step 806 the system registers an event such as a leak and further provides characteristics of a detected leak. The characteristics may include the magnitude of the leak, the trend or rate of increase of the leak and the total amount of water that leaked so far. The leak alert and characteristics of the leak may be stored in a database-like element 208 in Figure 2, and may also be reproduced on any of the outputs 210-214 of Figure 2. After registering an event in step 806, the system proceeds to step 808 to select another set of meter data from the network for analysis.

[00080] Figure 9 presents a flow diagram illustrating a method for detecting a faulty meter anomaly. In step 901 the system selects a data set to be analyzed. Elements 902 and 905-909 represent various predictors and anomaly detectors to determine the statistical significance of any deviation of actual and predicted values. One of skill in the art will appreciate that each element 902 and 905-909 or any combination of the elements may be used to determine the likely values and issue an anomaly. Furthermore, the system may proceed by executing any combination of the elements concurrently, or sequentially in any order.

[00081] Proceeding with the embodiment illustrated by flow chart in Figure 9, the predictor and anomaly detectors represented by element 902 determine whether or not there is a statistically significant deviation of the value transmitted, beyond what may be explained by a real network event, such as a leak.

[00082] The predictor and anomaly detectors represented by elements 903-905 determine whether or not a statistically significant clock drift deviation exists when the first data set is correlated with a second data set. The predictor and anomaly detectors proceed by selecting a reference data set or multiple sets in step 903, and then correlating the first data set with the reference data set in step 904. The reference data set may include one or more meters which usually have values in close correlation with the meter under analysis. Next the system proceeds to step 905 to determine if the meter exhibits a statistically significant clock drift by searching for the time-shift which produces the best correlation. If the meter does exhibit clock drift (that is, if the best time-shift is significantly different from 0), the system proceeds to step 910 and issues a faulty meter event.

[00083] The predictor and anomaly detectors represented by element 906 determine whether a fixed value was transmitted. The system determines if a fixed value, or data that does not change over time, was transmitted in step 904. If the meter transmitted a fixed, almost fixed, or frequently fixed value, for an abnormally long time, the system proceeds to step 910 and issues a faulty meter event.

[00084] The predictor and anomaly detectors represented by element 907 determine whether or not the short term variability is too high or too low. If the short term variability is too high or too low, the system proceeds to step 909 and issues a faulty meter alert.

[00085] The predictor and anomaly detectors represented by element 908 determine whether or not there is a statistically significant deviation from the amount of usual data transmitted. If considerably less or more than usual data was transmitted, then the system produces an anomaly. For example, if no value was transmitted by the meter for three days, the

system produces an anomaly. However, if the deviation between the amount of data predicted to be transmitted and the actual data transmitted is not statistically significant, no anomaly is produced.

[00086] The predictor and anomaly detectors represented by element 909 determine whether or not the values are unsupported by other network meters. For example, conservation of mass may indicate that the reading at a first flow meter must be greater than the reading at a second flow meter downstream of it, or the sum of several other meter readings. If such “impossible” values are found, the system proceeds to step 910 and issues a faulty meter event.

[00087] After providing an event in step 910, the system selects the next target to analyze in step 911 and continues to analyze the network for other faulty meters.

[00088] Figure 10 illustrates a flow diagram depicting an embodiment for providing an unexpected consumption or theft anomaly. Elements 1003-1005 represent various predictors and anomaly detectors to determine the statistical significance of any deviation of actual and predicted values. One of skill in the art will appreciate that each element 1003-1005 or any combination of the elements may be used to determine the likely values and issue an anomaly. Furthermore, the system may proceed by executing any combination of the elements concurrently, or sequentially in any order.

[00089] In step 1001 the system selects a meter of a water network to analyze for an unexpected water consumption or water theft. In another embodiment, the system selects a section of a water network, or an entire water network to analyze for an unexpected water consumption or water theft. Next, in step 1002 if the system detects an increase in flow of the selected meter or network section the system proceeds to further categorize the anomaly, represented by elements 1003-1005. In one embodiment the system may detect an increase in flow over the historical meter data and apply the statistical analysis outlined with respect to Fig. 2. In another embodiment the system may detect an increase in flow by analyzing real time data from the meter.

[00090] The predictor and anomaly detectors represented by element 1003 determine whether or not there is a statistically significant match of flow increase to the consumption pattern. In step 1003 the system may analyze the current flow increase with a previously stored consumption pattern. The previously stored consumption pattern may include meter or network data for the past year, or any other time frame to facilitate analysis of determining a consumption pattern. If the flow increase matches the consumption pattern, the system proceeds to step 1006 to determine if the event can be explained by another factor.

[00091] The predictor and anomaly detectors represented by element 1004 determine whether or not there is a statistically significant reoccurring increase in flow in similar hours. For example, the system analyzes historical data for the meter or system to determine the periodicity of the consumption pattern. If there exists a reoccurring increase in flow, and this did not occur further in the past, the system proceeds to step 1006 to determine if the event can be explained by another factor.

[00092] The predictor and anomaly detectors represented by element 1005 determine whether or not there is a statistically significant reoccurring flow having a similar magnitude each time. In one embodiment, the system compares the periods of increased flow with other historical flow data of the meter or network to determine a nearly-constant increase in the magnitude of flow during reoccurring periods. If the system detects similar magnitudes each time, and this did not occur further in the past, the system proceeds to step 1006 to determine if the event can be explained by another factor.

[00093] In step 1006 the system determines if a detected event can be refuted by external or operation data. In one example, the system analyzes operation data to determine if there was an authorized entrance to the site under analysis. In another example, the system refutes a detected event if a flow increase at one meter and a corresponding flow decrease of similar magnitude at another meter for the same region indicates a change in flow, but not a change in total consumption in that region. If the system does not refute the detected event in step 1006,

the system provides an unexpected or unauthorized consumption or theft event in step 1007.

However, if the system does refute the event, the system proceeds to step 1008. Next, in step 1008, the system selects the next target to analyze and continues to analyze the network for other unexpected or unauthorized consumption or theft events.

[00094] Figure 11 illustrates a flow diagram depicting an embodiment for providing a water quality anomaly alert. In step 1101 the system selects a data set from the first site to be analyzed. Elements 1103, 1104, and 1106 represent various predictors and anomaly detectors to determine the statistical significance of any deviation of actual and predicted values. One of skill in the art will appreciate that each element 1103, 1104, and 1106 or any combination of the elements may be used to determine the likely values and issue an anomaly. Furthermore, the system may proceed by executing any combination of the elements concurrently, or sequentially in any order.

[00095] The predictor and anomaly detectors represented by element 1103 determine whether or not there is a statistically significant change in the chlorine, turbidity, or pH in at least two sites selected in step 1102, the change being in excess of a predefined threshold set by the water network managers. The system may select at least two or more neighboring sites in step 1102. The number of sites selected may further assist the system to more accurately predict a water quality anomaly. If the system detects a change in step 1103, the system proceeds to step 1105 to decide if the event should be reported.

[00096] The predictor and anomaly detectors represented by element 1104 determine whether or not there is a statistically significant turbidity increase at the selected meter from the selected site, and if so, the system proceeds to step 1105 to decide if the event should be reported.

[00097] The predictor and anomaly detectors represented by element 1106 determine whether or not there is a statistically significant chlorine decrease at the same site. If there exists

a chlorine decrease at the site, the system proceeds to step 1105 to decide if the event should be reported.

[00098] In step 1105 the system receives events from elements 1103, 1104, and 1106 and determines if the events should be reported, or disqualified. One reason to disqualify an event is if there exists a statistically significant pressure drop, flow increase, or an authorized entrance to the site selected in step 1101. In one embodiment an authorized entrance to the site may include a repair to the site by a construction crew, which may result in a temporary turbidity increase at the selected meter. A significant short-term pressure drop, for example, may indicate a leak event or network intervention, which should be taken to be the root cause of what otherwise appears to be a quality anomaly. However, because a repair may be relatively brief, the system may not wish to provide an anomaly alert due to a temporary repair, and the system proceeds to step 1108 to select another data set to analyze. If the system does not detect a pressure drop, flow increase, or authorized entrance to the site, the system proceeds to step 1107 and provides a water quality event. After providing an event in step 1107, the system selects the next target to analyze in step 1108 and continues to analyze the network for other water quality events. One of skill in the art will appreciate that other embodiments may similarly process other water quality parameters and indicators, taking into account the network events and activities which may temporarily affect those other parameters.

[00099] Figure 12 illustrates a screenshot of the user interface (“UI”) generated by the event tracking interface according to one embodiment of the present invention. The screen in Figure 12 displays detected events and their associated information to a user. The user may, for example, be a worker at a water utility network tasked with monitoring the water network under analysis. Figure 12 includes UI screenshot 1201 which includes sections for update status 1202, events list panel 1203, graph 1204, event information 1205, graph 1206, and map 1207.

[000100] In one embodiment, UI 1201 is a web page viewable to a user over a network or the internet. Additionally, update status 1202 informs the user of the last date and time that the

system monitored the water network for anomalies. Events list panel 1203 provides the user with a listing of previously detected events, the dates, times, locations, and status of the events. Further to the embodiment, the events list panel 1203 further allows the person viewing the user interface 1201 to select an event in the events list panel 1203. Detailed information associated with the selected event is reproduced as event information 1205, graphs 1204 and 1206, and map 1207. Event information 1205 includes, for example, a start time of the anomaly, an end time of the anomaly, a magnitude of the anomaly, a total water loss associated with the anomaly, and any comments supplied by users of the system. Comments supplied by users or the system may also provide hyperlinks to other events stored by the system. Graphs 1204 and 1206 include detailed information about the user-selected event such as a visual comparison of the actual and predicted (routine) flow of water at a relevant meter. Additionally, the user interface 1201 utilizes GIS data associated with the selected event to show the location of the event on map 1207. In one embodiment, the event is associated with a specific meter, and the location of the meter is produced on the map 1207. The event map 1207 may also be enabled to display an area of the network affected by the detected event, or an estimated area within which the exact event location is statistically likely to be contained.

[000101] Database 208 or even Event Decision and Classification Engine 207 from Figure 2 may host an interactive software application that associates meter data, alerts, reports, statistical analysis and a map of the water network with a user interface to allow a user of the system to easily discern the location of a water leak or other event. A user interface may be hosted on Database 208, and presented to any number of interfaces represented by element 209. In another embodiment, Event Decision and Classification Engine 207 is operative to send information directly to elements 210, 211, 212, 213, 214.

[000102] Figure 13 illustrates a screenshot of the UI generated by the event tracking interface according to one embodiment of the present invention. The screen in Figure 13 displays detected events and their associated information to a user. The user may, for example,

be a worker at a water utility network tasked with monitoring the water network under analysis. Figure 13 includes UI 1301 which includes events list panel 1302, graphs 1303 and 1304, map 1305, and event information 1306.

[000103] In one embodiment, UI 1301 is a web page viewable to a user over a network or the internet. Additionally, events list panel 1302 provides the user with a listing of previously detected events, the dates, times, meter locations, and status of the events. Further to the embodiment, the events list panel 1302 further allows the person viewing UI 1301 to select an event in the events list panel 1302. Detailed information associated with the selected event is reproduced as event information 1306, graphs 1303 and 1304, and map 1305. The user interface 1301 utilizes GIS data associated with the selected event to show the location or approximate location of the event on map 1305. In one embodiment, map 1305 is operative to display the location of multiple meters registering an event.

[000104] Figure 14 illustrates a screenshot of another UI generated by the events tracking interface according to one embodiment of the present invention. The screen in Figure 14 displays data associated with a detected event or selected meter or region of the network. The user may, for example, be a worker at a water utility network tasked with monitoring the water network under analysis, and more specifically. Figure 14 represents a graph module depicting data collected by the system, and allowing the user to further explore, customize, and change the graphs provided by the system for each event, or to independently explore the data through various visualizations and using some of the system's pre-processing capabilities. Figure 14 includes UI 1401, meters list and graph control panel 1402, graph 1403, and update status 1404. In one embodiment, UI 1401 is a web page viewable to a user over a network or internet. The user of UI 1401 may select one or more meters and a variety of graph types from meters list and graph control panel 1402. Data associated with the selected meter(s) may be produced in graph 1403. Data produced in graph 1403 may be any information obtained by the system. Update

status 1402 informs the user of the last date and time that the system monitored the water network for anomalies.

[000105] Figure 15 illustrates a screenshot of the UI generated by the reports interface according to one embodiment of the present invention. The screen in Figure 15 displays an aggregate overview of the detected events and their associated information to a user. The user may, for example, be a worker at a water utility network tasked with monitoring the water network under analysis. Figure 15 includes UI 1501, overview selection panel 1502, event count panels 1503 and 1504, map 1505, and graphs 1506.

[000106] In one embodiment, UI 1501 is a web page viewable to a user over a network or the internet. Additionally, overview panel 1502 provides the user with options to display an aggregation of events over a selected time period. The user may choose the display of events based on meter values, events, dates, and status of the events. Detailed information associated with the user selection in overview selection panel 1502 is reproduced as event count panels 1503 and 1504, map 1505, and graphs 1506. Overview selection panel 1502 allows the user to sort and filter events by their various fields and characteristics, for example, to view only recent and unresolved events, events sorted by type, and to update event statuses and other workflow characteristics. This follows software industry standards, well known to one skilled in the art.

[000107] Event count panels 1504 and 1505 display the number of events, event types, and locations according to a time period. In one embodiment, event count panels 1504 and 1505 display events corresponding to different time periods, allowing a user to compare and contrast the network behavior over time. Map 1505 displays the location and other information of events occurring or that have previously occurred in an area. In one embodiment, the map depicts events and highlights areas with multiple events: locations with few events may be colored green, while locations with many events may be colored red. Graphs 1506 operate to display the evolution of the number and types of events over a time period. In one embodiment, graphs 1506 depict the types and numbers of events occurring during two consecutive months, for

example allowing the user to compare and analyze recent trends. One of skill in the art will appreciate that any information collected by the system may be reproduced on graph 1506 to better assist a user tasked with monitoring the water distribution network.

[000108] Figures 1 through 15 are conceptual illustrations allowing for an explanation of the present invention. It should be understood that various aspects of the embodiments of the present invention could be implemented in hardware, firmware, software, or combinations thereof. In such embodiments, the various components and/or steps would be implemented in hardware, firmware, and/or software to perform the functions of the present invention. That is, the same piece of hardware, firmware, or module of software could perform one or more of the illustrated blocks (e.g., components or steps).

[000109] It should also be understood that the invention applies not only to water utility networks, but to any type of distribution system. Other types of distribution systems may be: oil, wastewater or sewage, gas, electric, telephony, or other energy delivery systems which involve fluid or flowing resources from one area to consumers. Indeed, the invention may be applied to any distribution or collection system having meters or sensors at arbitrary locations in the network measuring distribution parameters such as flow, pressure, quality or the flow of data itself.

[000110] In software implementations, computer software (e.g., programs or other instructions) and/or data is stored on a machine readable medium as part of a computer program product, and is loaded into a computer system or other device or machine via a removable storage drive, hard drive, or communications interface. Computer programs (also called computer control logic or computer readable program code) are stored in a main and/or secondary memory, and executed by one or more processors (controllers, or the like) to cause the one or more processors to perform the functions of the invention as described herein. In this document, the terms “machine readable medium,” “computer program medium” and “computer usable medium” are used to generally refer to media such as a random access memory (RAM); a

read only memory (ROM); a removable storage unit (e.g., a magnetic or optical disc, flash memory device, or the like); a hard disk; or the like.

[000111] Notably, the figures and examples above are not meant to limit the scope of the present invention to a single embodiment, as other embodiments are possible by way of interchange of some or all of the described or illustrated elements. Moreover, where certain elements of the present invention can be partially or fully implemented using known components, only those portions of such known components that are necessary for an understanding of the present invention are described, and detailed descriptions of other portions of such known components are omitted so as not to obscure the invention. In the present specification, an embodiment showing a singular component should not necessarily be limited to other embodiments including a plurality of the same component, and vice-versa, unless explicitly stated otherwise herein. Moreover, applicants do not intend for any term in the specification or claims to be ascribed an uncommon or special meaning unless explicitly set forth as such. Further, the present invention encompasses present and future known equivalents to the known components referred to herein by way of illustration.

[000112] The foregoing description of the specific embodiments so fully reveals the general nature of the invention that others can, by applying knowledge within the skill of the relevant art(s) (including the contents of the documents cited and incorporated by reference herein), readily modify and/or adapt for various applications such specific embodiments, without undue experimentation, without departing from the general concept of the present invention. Such adaptations and modifications are therefore intended to be within the meaning and range of equivalents of the disclosed embodiments, based on the teaching and guidance presented herein.

[000113] While various embodiments of the present invention have been described above, it should be understood that they have been presented by way of example, and not limitation. It would be apparent to one skilled in the relevant art(s) that various changes in form and detail could be made therein without departing from the spirit and scope of the invention. Thus, the

present invention should not be limited by any of the above-described exemplary embodiments, but should be defined only in accordance with the following claims and their equivalents.

CLAIMS

We Claim:

1. A computerized method for monitoring a water utility network, the water utility network comprising at least a network of pipes for delivering water to consumers and a plurality of meters positioned within the water utility network, the method comprising:

receiving meter data, the meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow or pressure of the water through the pipes;

receiving secondary data from one or more sources external to the meters, the secondary data representing one or more conditions affecting flow or consumption of water in a region serviced by the water utility network;

analyzing the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify one or more water utility network events comprising at least one or more leakage events by detecting an anomaly if the received first meter data deviates from the predicted meter data for the first meter by a statistical deviation; and

reporting the one or more water network events to a user via a user interface.

2. The method of claim 1, comprising storing the water network events in a database.

3. The method of claim 1, wherein receiving meter data comprises receiving Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) data.

4. The method of claim 1, comprising classifying the anomaly as a leakage event.

5. The method of claim 1, wherein detecting the anomaly comprises determining if a duration of the anomaly exceeds a predefined threshold.
6. The method of claim 1, wherein detecting the anomaly determining if a frequency of the anomaly within a predefined window of time exceeds a predefined threshold.
7. The method of claim 1, wherein statistically predicting meter data for the first meter based on second meter data from the water utility network comprises selecting one or more second meters as one or more corresponding meters and correlating meter data received from the first meter with meter data received from the one or more corresponding meters.
8. The method of claim 7, wherein selecting one or more second meters as the one or more corresponding meters comprises: correlating historical meter data for the one or more second meters with historical meter data for the first meter; and selecting the one or more second meters for which a correlation with the first meter exists.
9. The method of claim 7, wherein selecting the one or more second meters as the one or more corresponding meters comprises identifying the one or more second meters within the water utility network which are positioned within the water utility network so as to be unaffected by anomalies affecting the first meter.
10. The method of claim 1, wherein statistically predicting meter data for the first meter based on second meter data from the water utility network comprises correlating meter data received from the first meter with at least stored historical meter data for the first meter.
11. The method of claim 1, wherein statistically predicting meter data for the first meter comprises calculating a statistical distribution of likely values for the first meter.
12. The method of claim 20, wherein receiving meter data comprises receiving over time water quality data representing turbidity, chlorine and pH of the water delivered over the network, and wherein identifying one or more network events comprises detecting a change in the water quality data over time in excess of a threshold.

13. The method of claim 1, wherein receiving secondary data comprises receiving at least one of:

weather data representing weather conditions in the region of the water utility network;

calendar data representing one or more factors affecting water consumption on a given date;

repair data representing one or more repairs performed on the water utility network; and

structural data representing a structure of the water utility network.

14. The method of claim 20, wherein the one or more informational events comprise at least one of: an unexpected increase in consumption pattern, a change in consumption pattern, a theft of water, a zonal boundary breach, a utility meter fault, and a network device malfunction.

15. The method of claim 1, comprising processing the meter data before analyzing it including filtering out noise from the meter data.

16. A computerized system for monitoring a water utility network, the water utility network comprising a network of pipes for delivering water to consumers and a plurality of meters positioned within the water utility network, the system comprising:

a network information database for storing meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow or pressure of the water through the pipes, and secondary data from one or more sources external to the meters, the secondary data representing one or more conditions affecting flow or consumption of water in a region serviced by the water utility network;

an analysis engine configured to analyze the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first

meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies;

an event classification engine configured to identify water utility network events based on the anomalies, the water network events comprising leakage events; and
an event database for storing water utility network event data representing the one or more water network events identified by the event classification engine.

17. The system of claim 16, wherein the analysis engine comprises a plurality of predictor modules for generating a statistical distribution of likely values of the meter data for a given meter and a plurality of anomaly detector modules for comparing the meter data for the given meter to the distribution of likely values to detect anomalies in the meter data.

18. The system of claim 16, comprising a plurality of interface modules for retrieving water utility network event data from the event database and reporting it to users.

19. A computerized method for managing a water utility network, the water utility network comprising a network of pipes for delivering water to consumers and a plurality of meters positioned within the water utility network, the method comprising:

sending meter data to an analysis engine, the meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow of the water through the pipes;

receiving from the analysis engine data representing water utility network events, the water network events comprising leakage events, the water utility network event data having been identified as a result of analysis of the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption or flow of water in a region serviced by the water utility network, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies; and

displaying the received water utility network events to a user on a computerized display device.

20. The method of claim 1, wherein the water network events further comprise identifying one or more informational events regarding quantity or quality of water flowing through the pipes and operation of the water utility network.

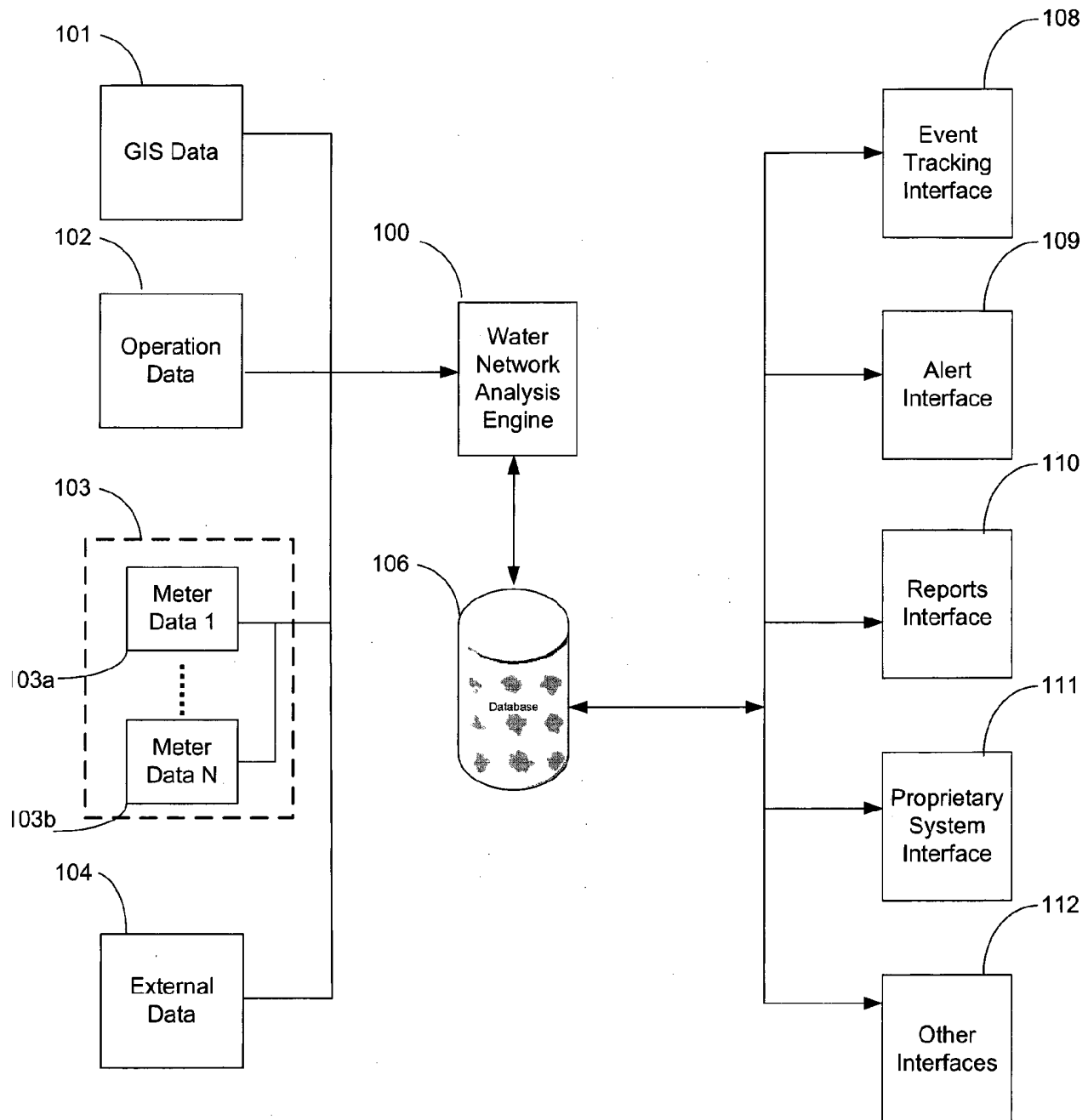


Fig. 1

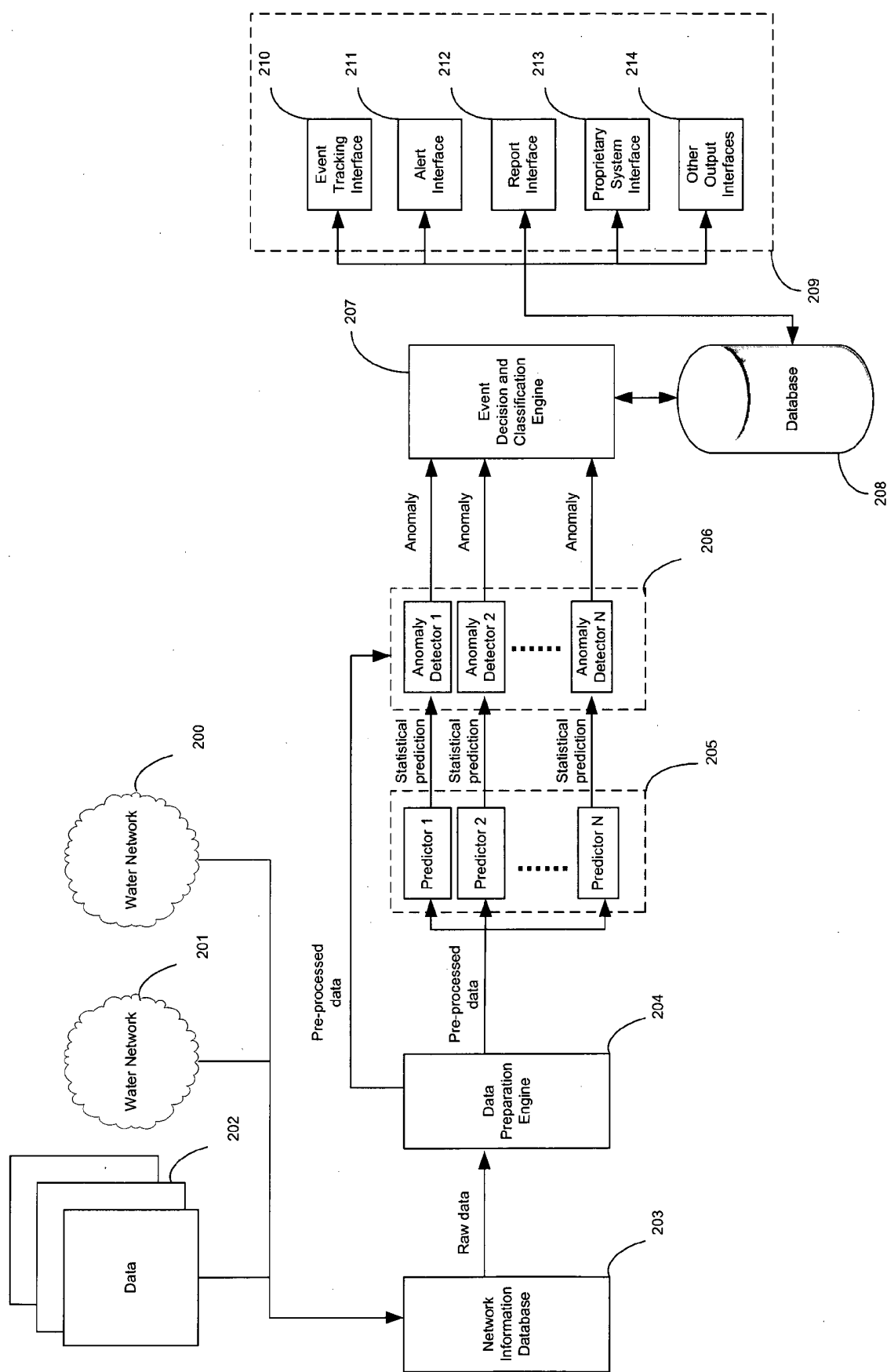
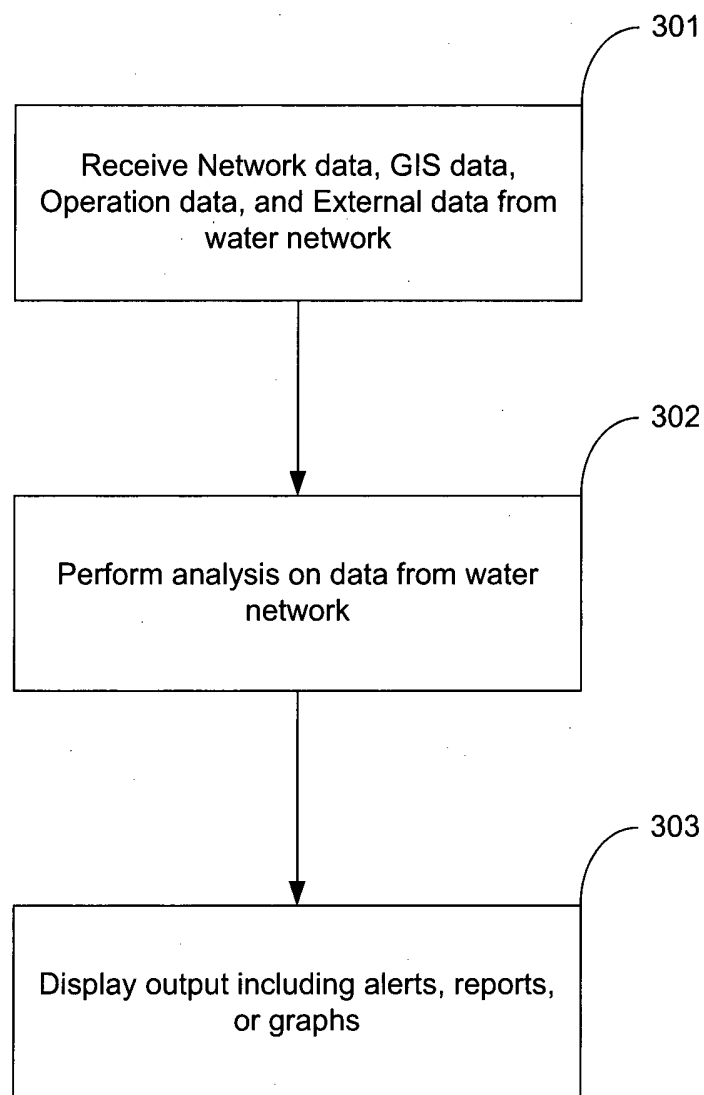


Fig. 2

**Fig. 3**

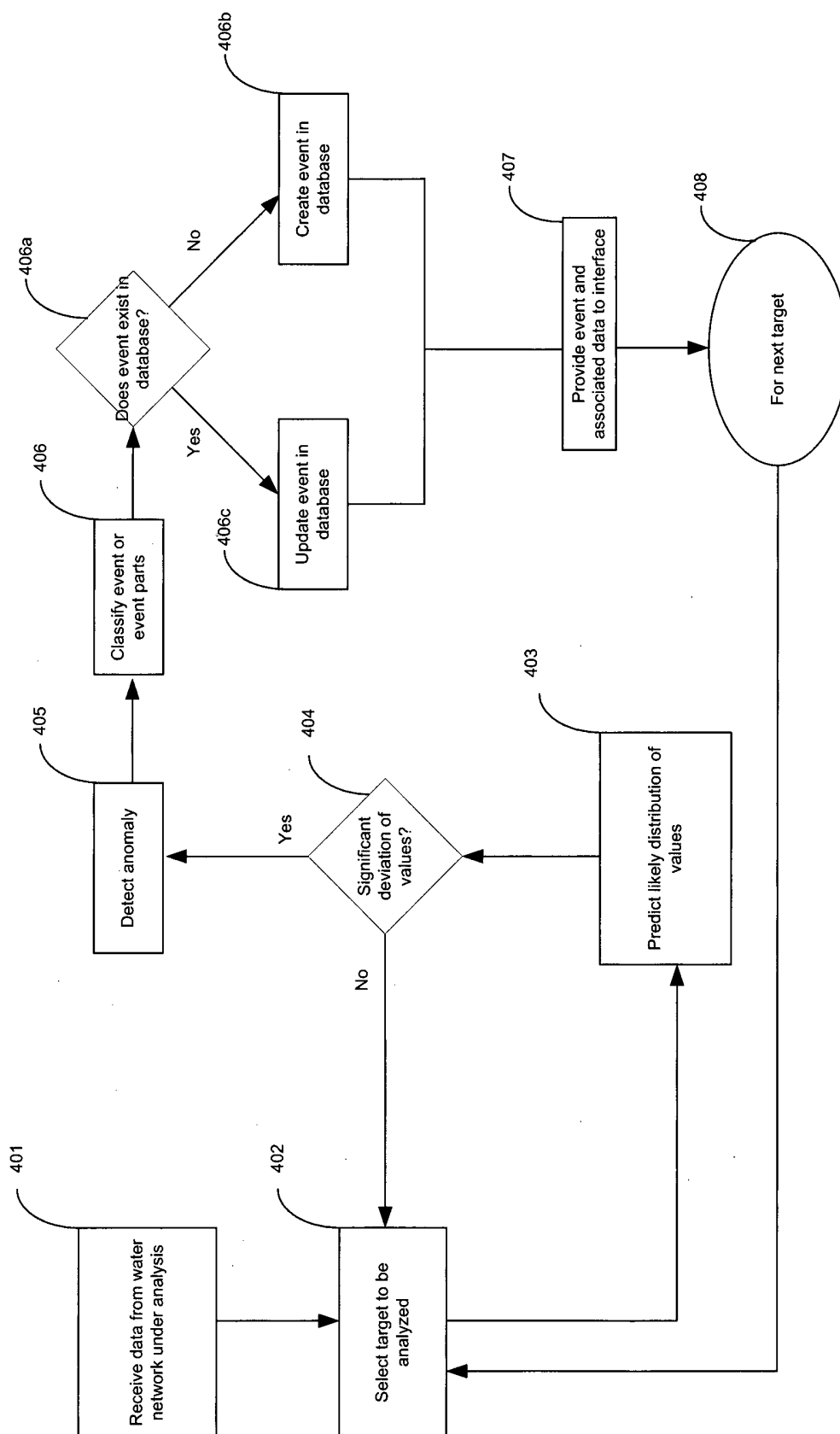
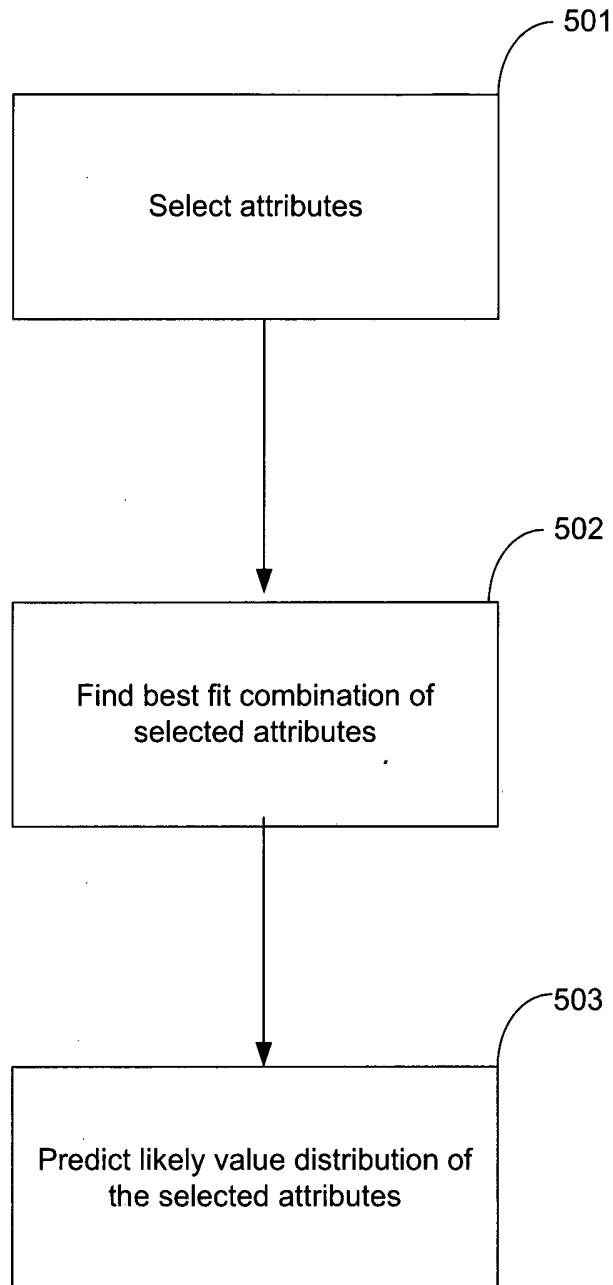
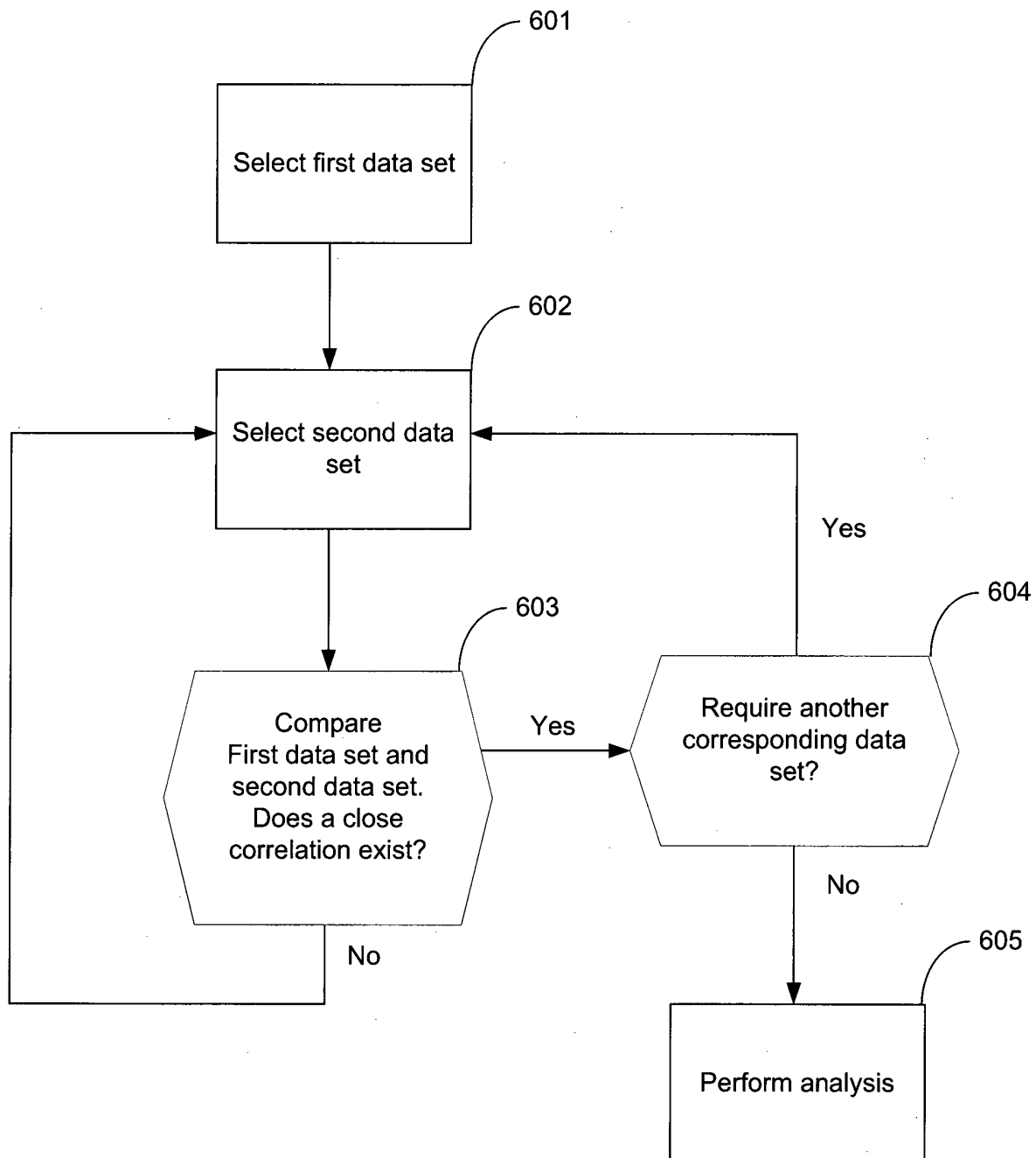
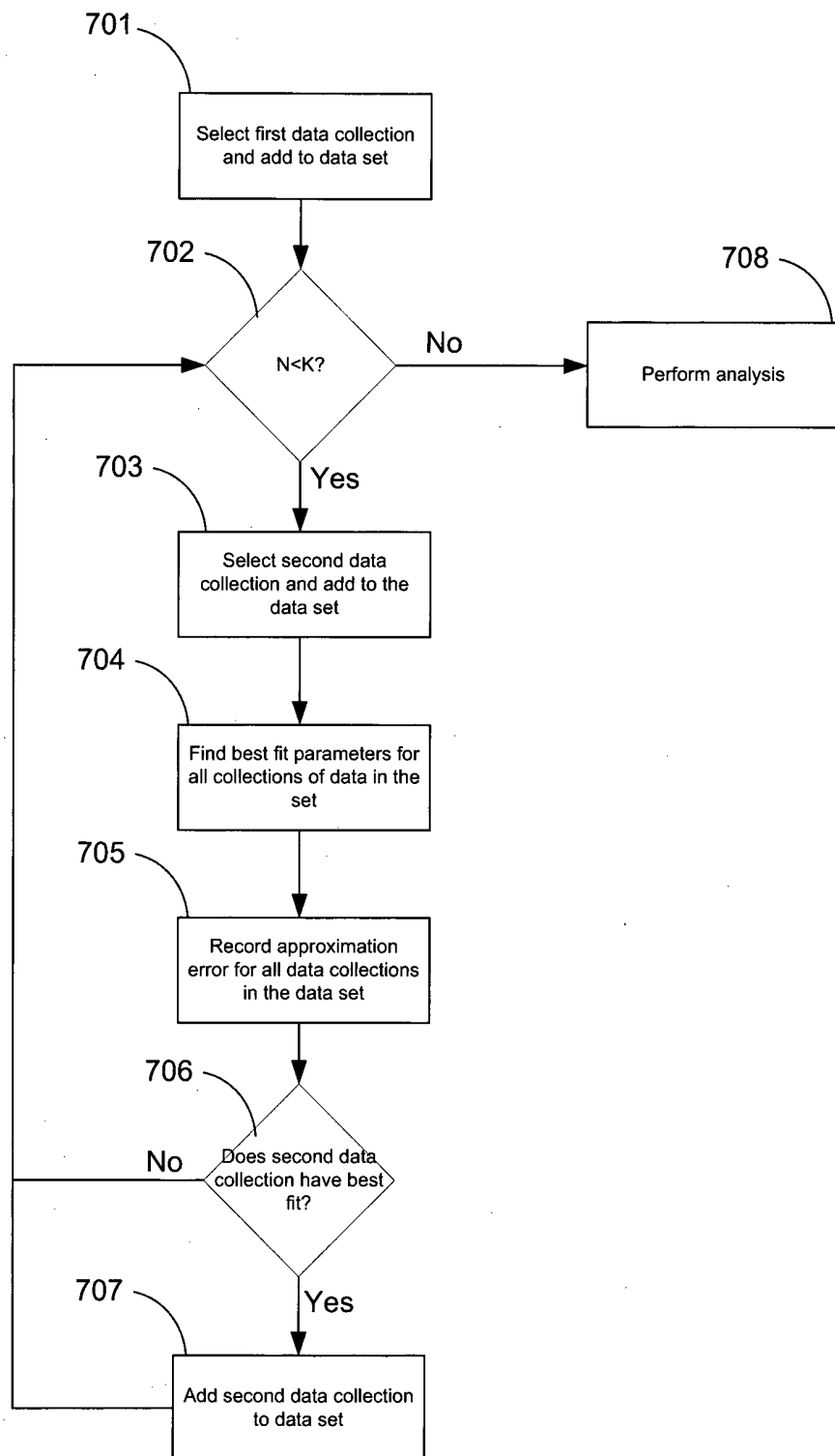
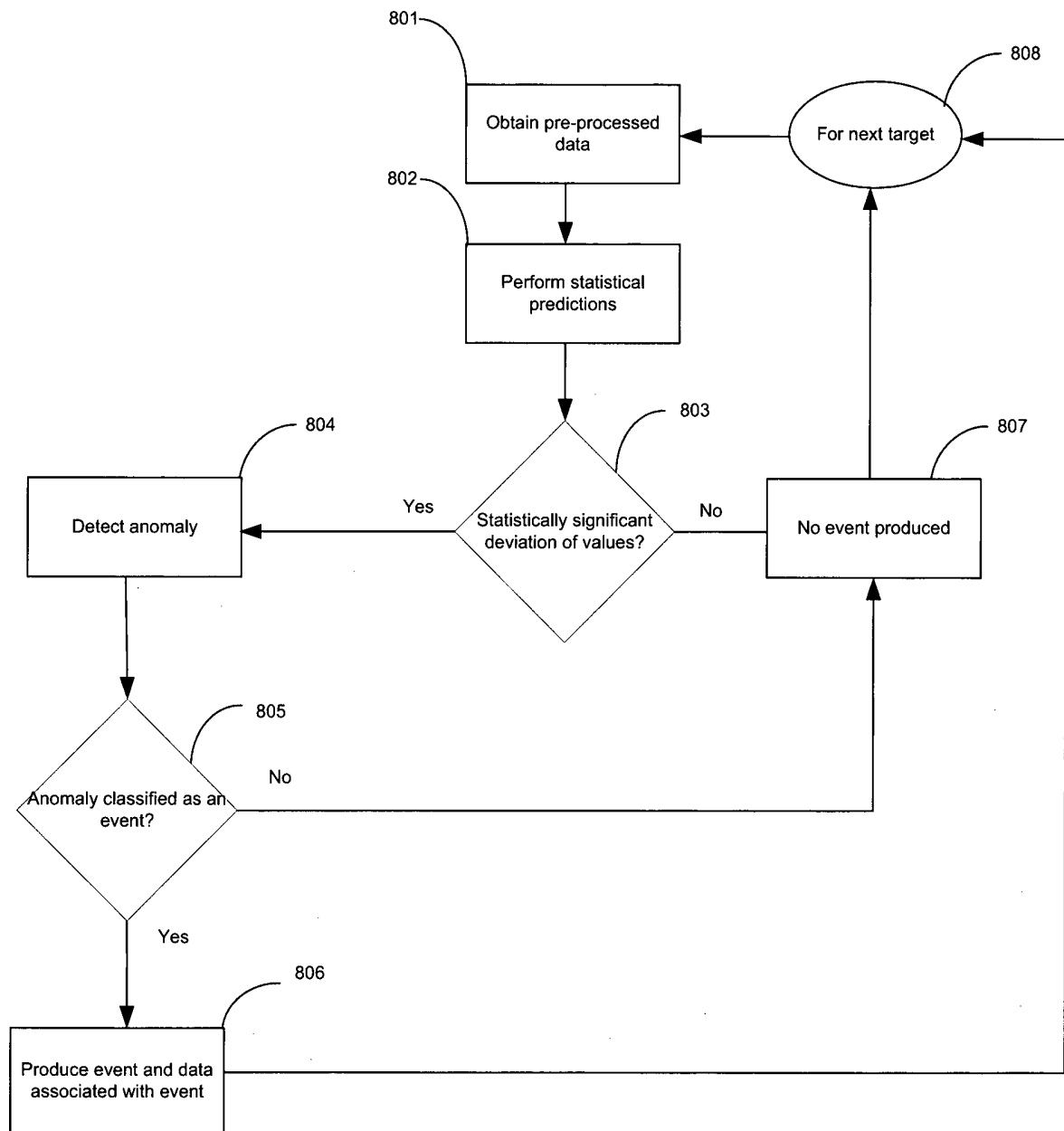


Fig. 4

**Fig. 5**

**Fig. 6**

**Fig. 7**

**Fig. 8**

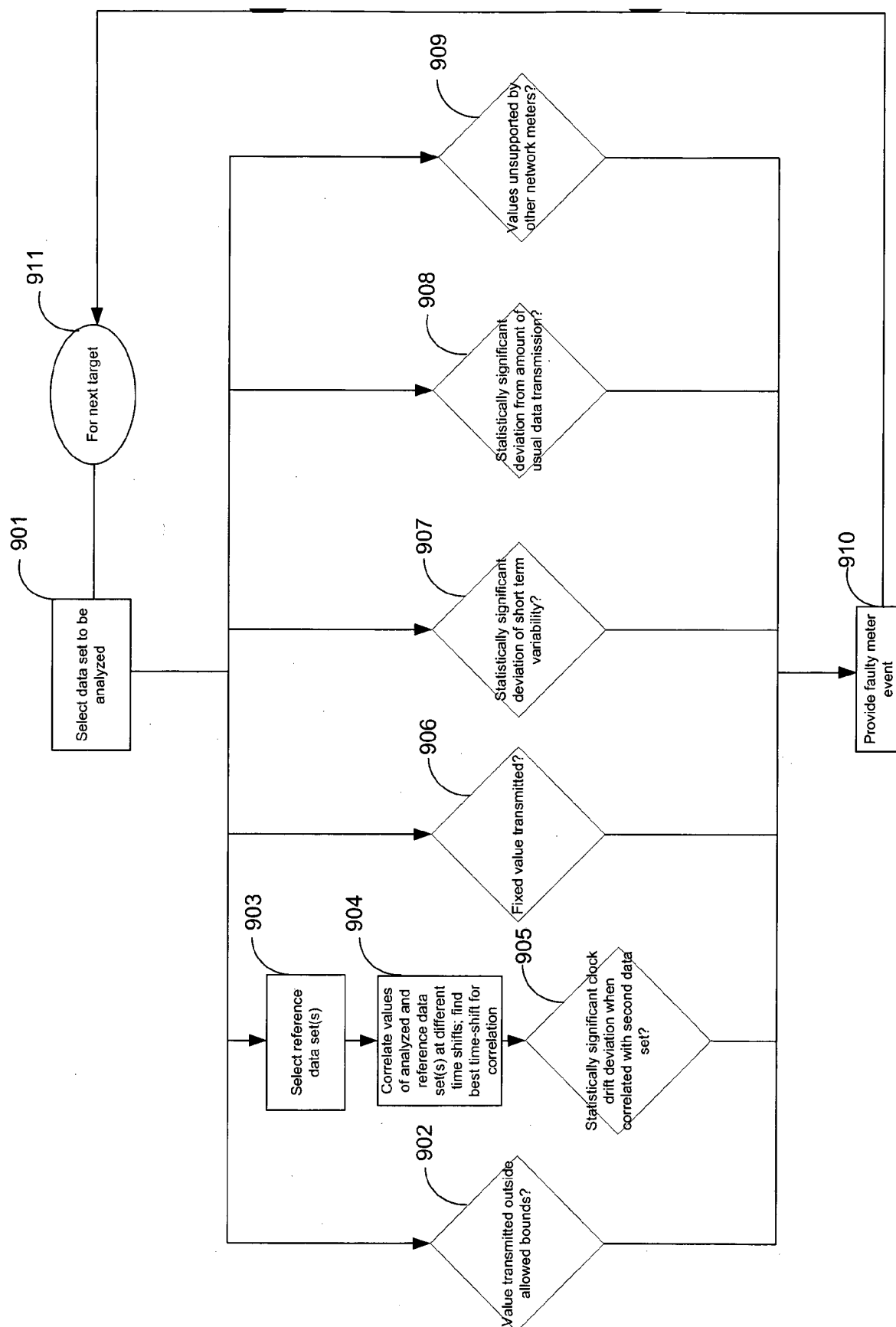
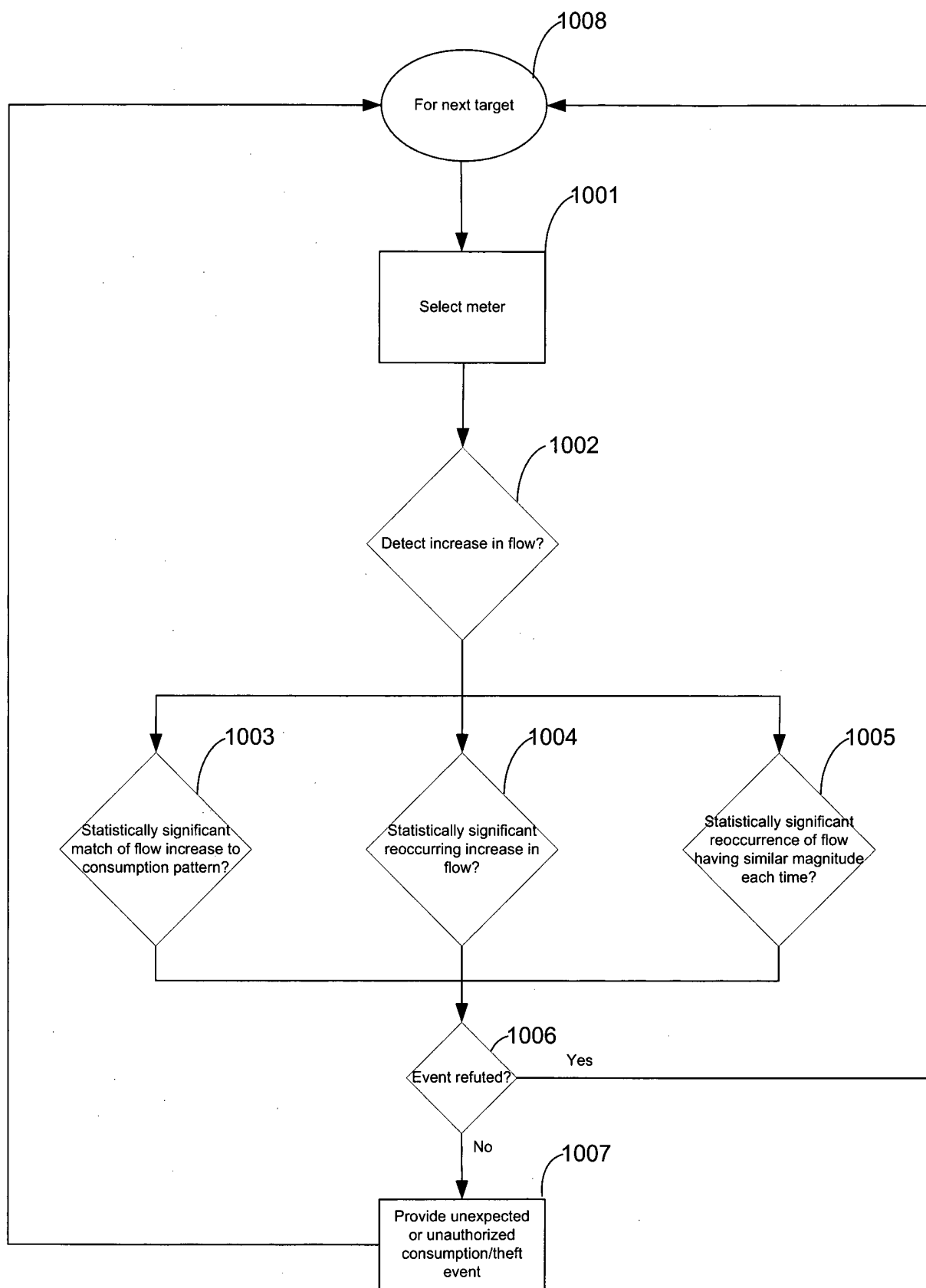


Fig. 9

**Fig. 10**

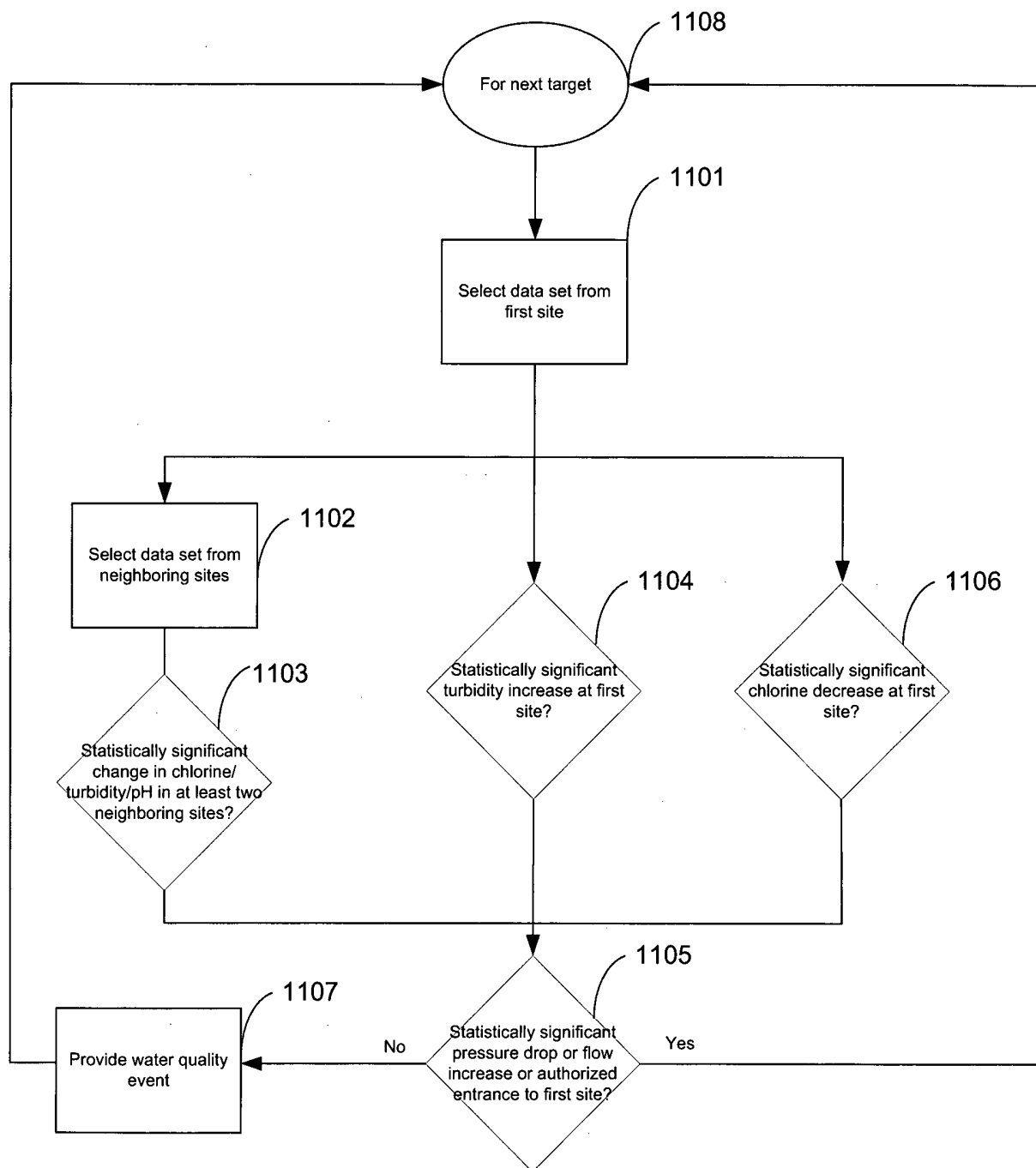


Fig. 11

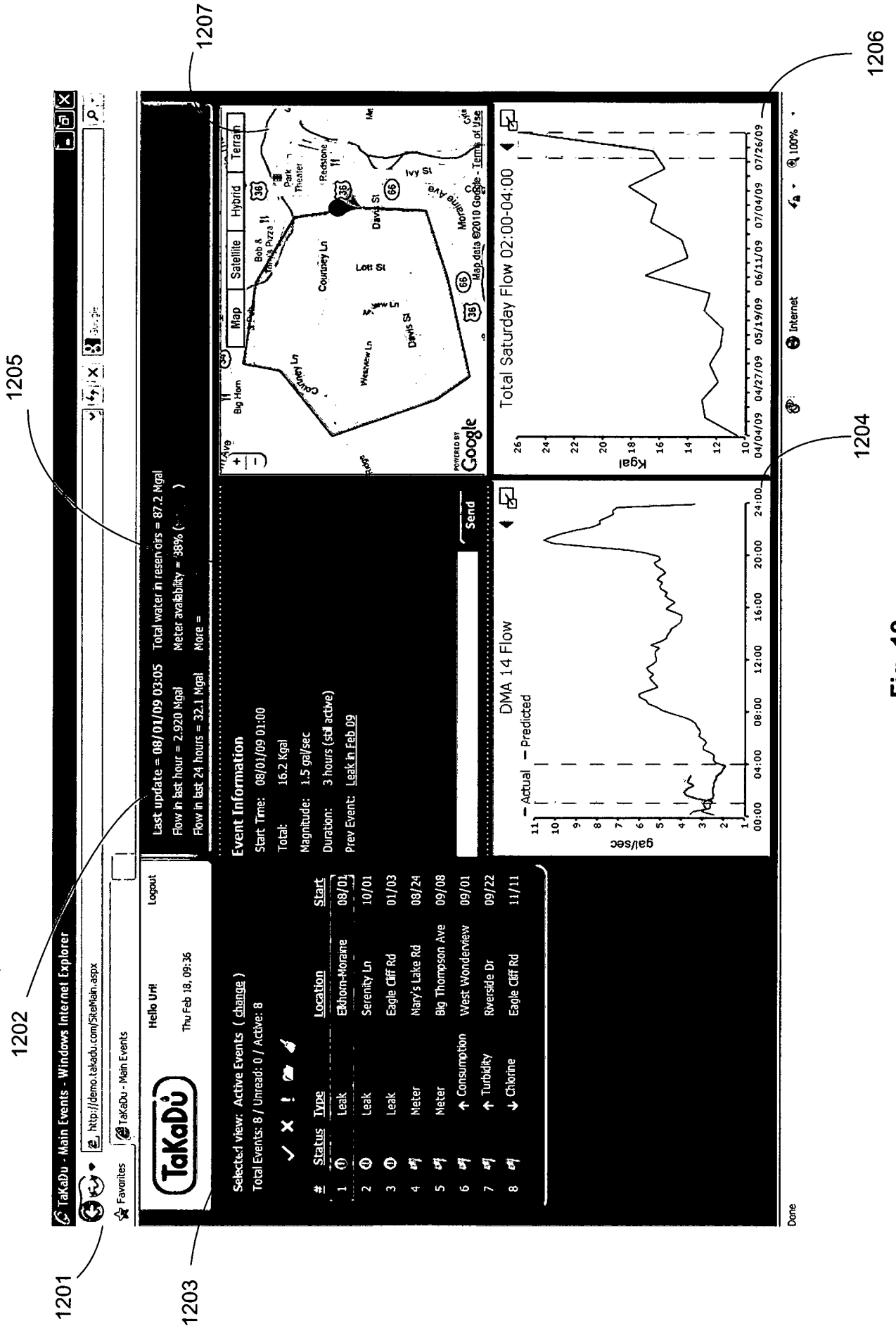


Fig 12

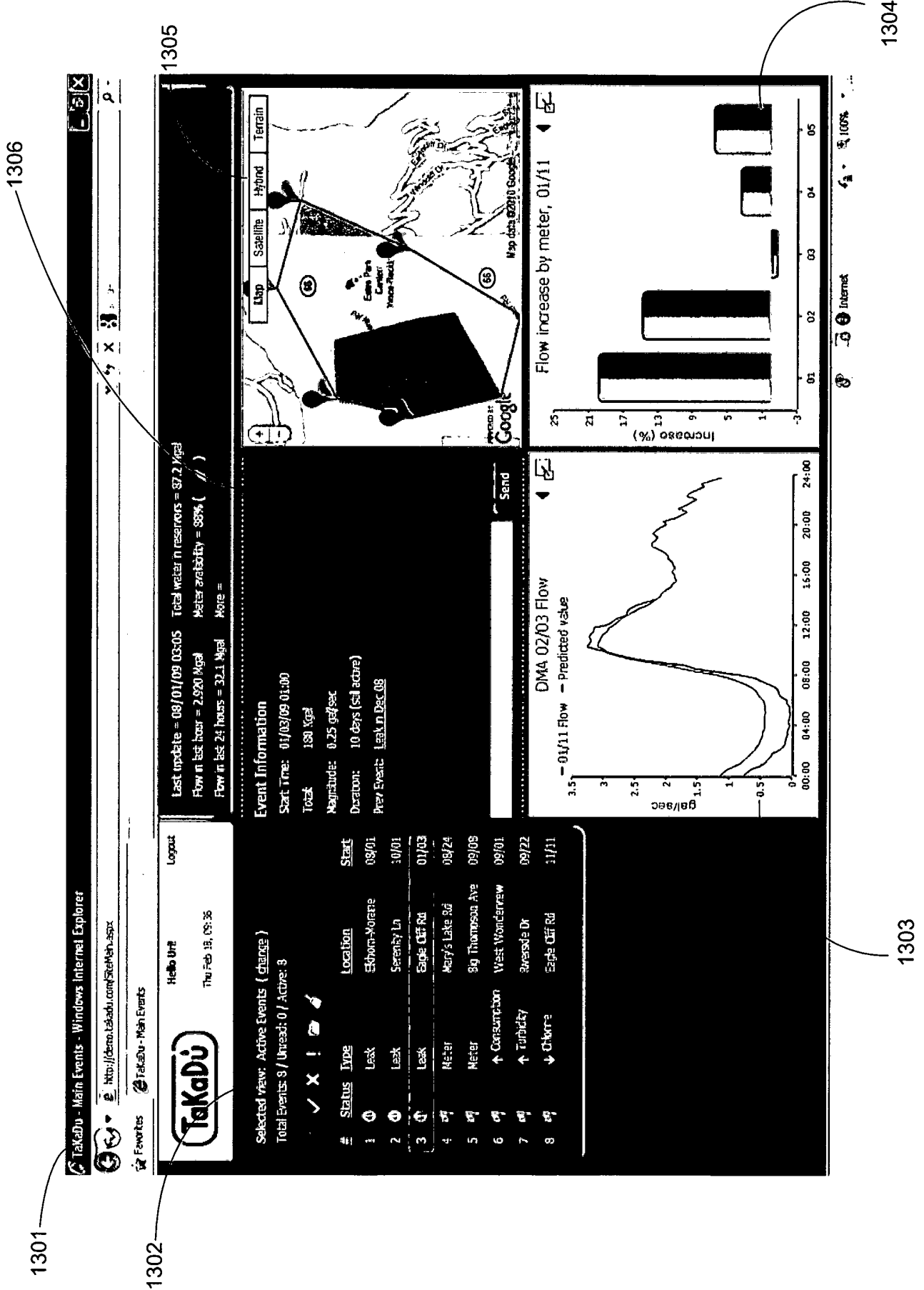


FIG 13

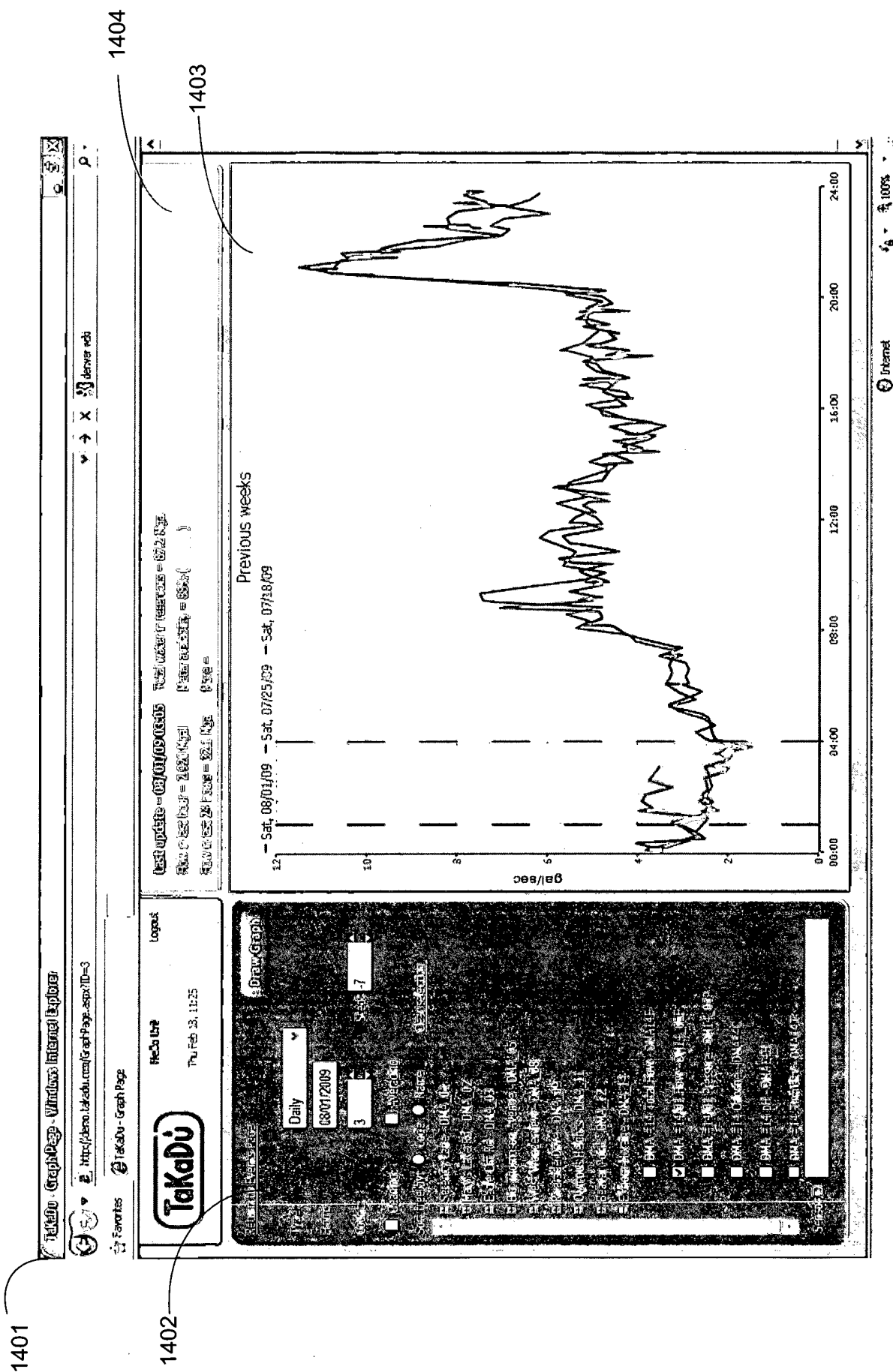


Fig. 14

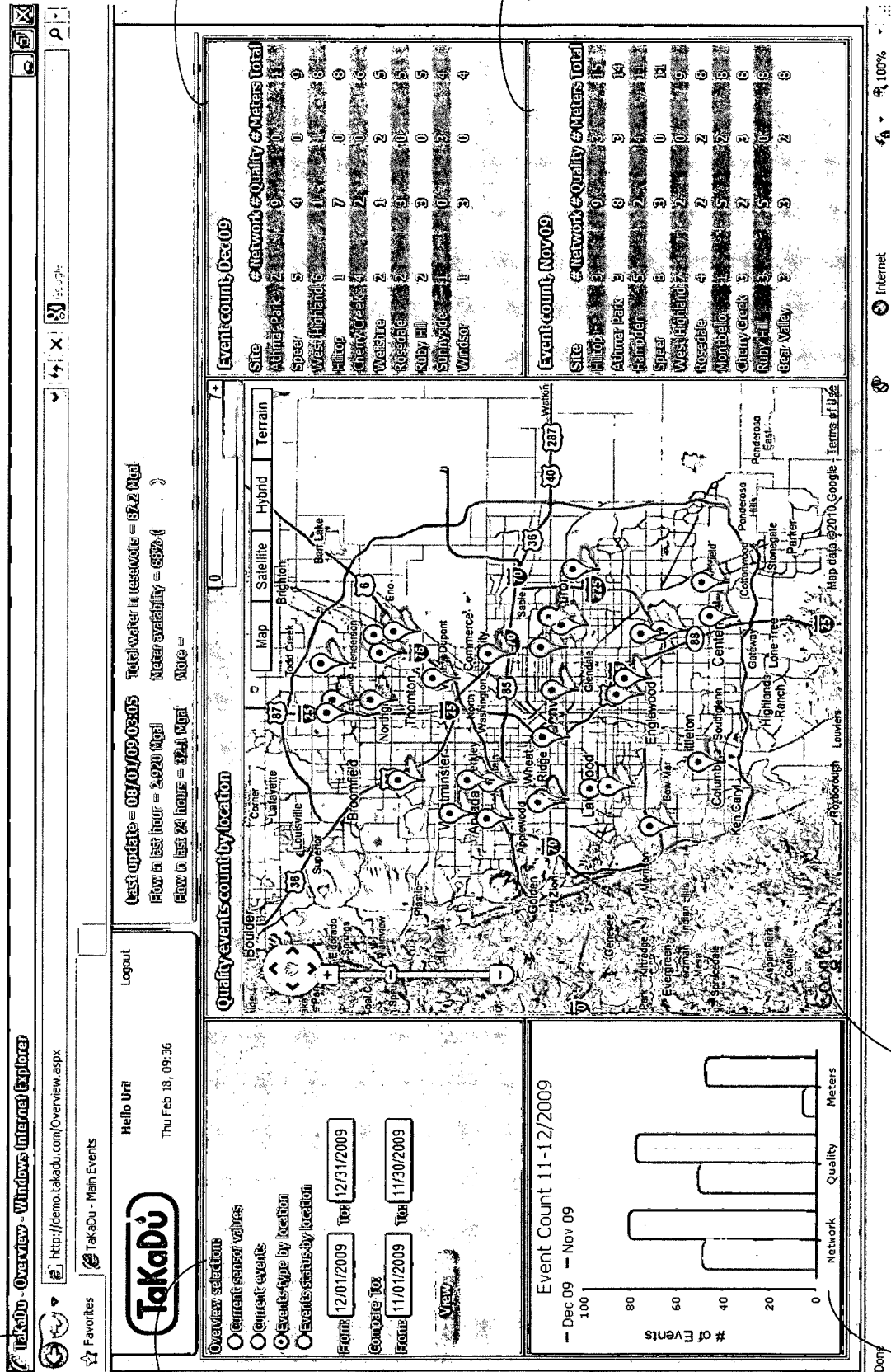


Fig. 15

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina Internacional

(LOGOTIPO)

(CODIGO DE BARRAS)

(43) Fecha de Publicación Internacional:
9 de septiembre de 2011 (09.09.2011)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional:
WO 2011/107864 A3

(51) Clasificación de Patente Internacional:
G01L 7/00 (2006.01)

(21) Número de solicitud internacional:
PCT/IB2011/000448

(22) Fecha de presentación internacional:
3 de marzo de 2011 (03.03.2011)

(25) Idioma de Presentación: Inglés

(26) Idioma de Publicación: Inglés

(30) Fecha de Prioridad:
12/717,944 4 de marzo de 2010 (04.03.2010) US

(71) Solicitante: (para todos los países designados excepto E.E.U.U.): **TAKADU LTD.** [IL/IL]; 4 Derech HaChoresh 56470 Yedud (IL).

(72) Inventores; y

(75) Inventores/Solicitantes (solo para E.E.U.U.): **PELEG, Amir** [IL/IL]; Meshek 61, 99780 Kefar Ben-Nun (IL). **SCOLNICOV, Haggai** [IL/IL]; Shlomo Ha-Melech Street 77a/5, 64512 Tel aviv (IL). **BARKAY, Uri** [IL/IL]; Rashi 5/1 Street, 47207 Ramat HaSharon (IL). **ARMON, Amital** [IL/IL]; 32 Ben-Yosef Street, 69125 Tel Aviv (IL). **GUNTER, Shai** [IL/IL]; 5/12 Migdal Oz Street, 71703 Modi'in (IL).

(81) Países designados (a menos que se indique lo contrario, para cada tipo de protección nacional disponible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Países Designados (a menos que se indique lo contrario, para cada tipo de protección regional disponible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW) Eurasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM) Europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR) OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con reporte de búsqueda internacional (Art. 21(3))

(88) Fecha de publicación de reporte de búsqueda internacional:
17 de noviembre de 2011

(54) Título: SISTEMA Y METODO PARA MONITOREAR RECURSOS EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

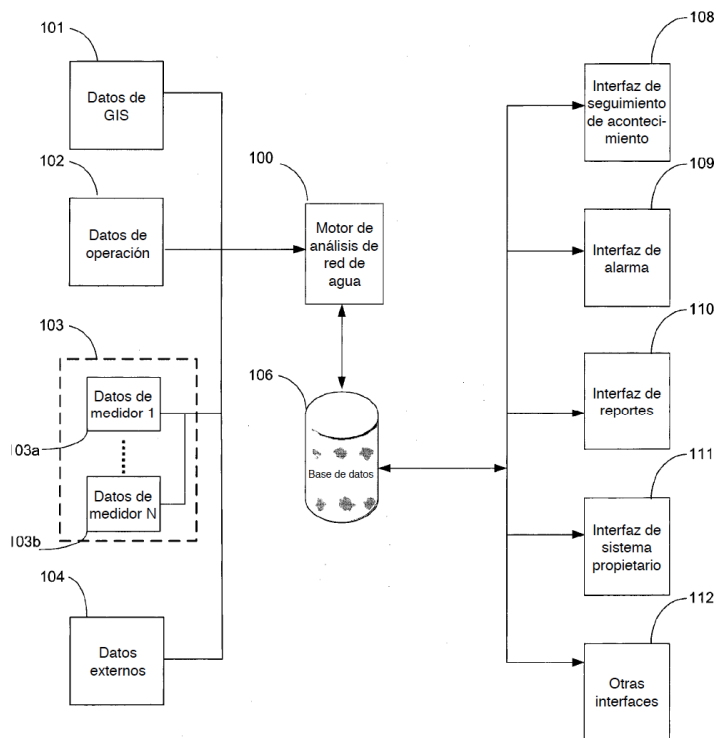


Fig. 1

(57) Resumen: Se describe un método computarizado para monitorear una red de abastecimiento de agua, la red de abastecimiento de agua comprende una red de tuberías para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan dentro de las tuberías a través de la red de distribución de agua. El método incluye recibir los datos de medidor que representan los parámetros que se miden mediante los medidores, tal como el flujo, presión, nivel de cloro, pH y turbiedad del agua que se distribuirá a través de las tuberías. El método también incluye recibir los datos secundarios de fuentes externas a los medidores y que representan las condiciones que afectan el consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua, tal como el clima y días feriados. Los datos de medidor y los datos secundarios se analizan al utilizar las técnicas estadísticas para identificar los acontecimientos de la red de agua, que incluyen los acontecimientos de fuga y otros acontecimientos con respecto a la cantidad y calidad del agua que fluye a través de las tuberías y con respecto a la operación de la red de agua. Los acontecimientos se reportan a los usuarios a través de una interfaz de usuario.

SISTEMA Y METODO PARA MONITOREAR RECURSOS EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Notificación de Derechos de Propiedad Intelectual

5 Una porción de la descripción de este documento patentable
contiene el material que se somete a la protección de los
derechos de propiedad intelectual. El poseedor de los derechos
de propiedad intelectual no tiene ninguna objeción a la
reproducción facsímil mediante cualquier persona del documento
10 patentable o de la descripción de la patente, puesto que aparece
en los archivos o registros de patente de la Oficina de Patentes y
Marcas Registradas, pero de otra manera se reserva todos los
derechos de propiedad intelectual.

Campo de la Invención

15 El campo de la invención se relaciona generalmente con el
monitoreo de los sistemas de distribución de recursos, tal como
una red de abastecimiento de agua, y con la detección de las
anomalías que se asocian a la red distribuida.

Antecedentes de la Invención

20 Los Naciones Unidas observaron que el uso de agua ha
aumentado más de dos veces el índice del aumento demográfico
en el siglo pasado, y un número cada vez mayor de regiones
están crónicamente carentes de agua. En 2025, dos tercios de la
población mundial podrían estar bajo condiciones de carencia de
25 agua como resultado del aumento demográfico. El agua,

especialmente el agua potable, es esencial para todos los progresos socioeconómicos y para mantener a una población sana. A medida que la población aumenta en todo el mundo también aumenta la demanda de la distribución cada vez mayor de agua limpia para el uso, que da lugar a una mayor escasez del agua.

Un método para tratar la escasez de agua y para conservar los recursos es la detección de fugas y otros acontecimientos que ocurren en las redes de abastecimiento de agua. Algunos expertos calculan que las pérdidas debido a las fugas y al hurto ascienden a 25-30% del agua que fluye a través de las redes de abastecimiento de agua. Por lo tanto, una cantidad significativa de agua se puede conservar al tratar simplemente la pérdida de agua en los sistemas que ya controlan los humanos.

Las tuberías antiguas y construidas incorrectamente, la protección inadecuada contra la corrosión, las válvulas reparadas incorrectamente, y el daño mecánico, son algunos de los factores que contribuyen a la pérdida de agua. Además, las fugas de agua reducen la presión de abastecimiento en el sistema, y consecuentemente la compañía de abastecimiento debe aumentar la presión en el sistema para compensar las pérdidas. El aumento de la presión del sistema da lugar a que una mayor cantidad de agua se bombee y a que aumente el consumo de energía de la compañía de abastecimiento de agua. De hecho, las redes de distribución de agua son simplemente los mayores consumidores

de la energía en muchos países. Al identificar y corregir las fugas de agua y otros problemas en la red, las compañías de abastecimiento pueden conservar el agua para el uso futuro y reducir dramáticamente el consumo de energía.

5 Una complicación adicional es que la mayoría de las redes de abastecimiento de agua son grandes y complejas, y que se han construido a través del aumento progresivo, con muchas tuberías en configuraciones arbitrarias para responder a las necesidades geográficas específicas que se presentan en un cierto periodo de
10 tiempo. Además, la mayoría de las redes de abastecimiento de agua carecen el consumo de la medición exacta, frecuente, en tiempo real del consumo del cliente, que puede permitir una conservación simple de la contabilidad del volumen de entrada y de salida. Además, las redes de abastecimiento de agua se
15 diseñan para proporcionar el agua a una gran cantidad de consumidores, cuyo comportamiento individual es imprevisible y está sujeto a cambios debido a muchos factores. Tales factores incluyen, por ejemplo, cambios climáticos y acontecimientos naturales (por ejemplo, el clima caliente aumenta el consumo, al
20 igual que las sequías), los días feriados y los acontecimientos sociales especiales (por ejemplo, provocan que los consumidores permanezcan en el hogar y que el uso de agua aumente en las redes residenciales y que disminuya en las ubicaciones comerciales), y los cambios demográficas en las inmediaciones
25 durante el transcurso del tiempo.

Los métodos existentes para la detección de fugas en redes de abastecimiento de agua no tratan de manera adecuada estos problemas. Por ejemplo, los dispositivos de detección de fugas en los componentes comercialmente disponibles que se usan para las inspecciones en el campo, tal como detectores acústicos, pueden ser eficaces en la localización de una fuga dentro de un área específica, pero su instalación y operación son costosas y no proporcionan el descubrimiento rápido y la protección extendida de una red completa. Los sistemas de IT de agua existente, tal como el sistema de Gestión de Fugas de Agua Advise™ disponible de ABB, intentan hacer un cierto uso de datos de medición pero ese uso es simplista y, por lo tanto, los resultados tienen una utilidad limitada. Por ejemplo, los sistemas no identifican exactamente ni reportan en tiempo real los acontecimientos individuales específicos tal como fugas u otros acontecimientos en la red, no identifican las averías del medidor o las condiciones adversas de calidad del agua, carecen del análisis estadístico necesario para entender exactamente la operación rutinaria de la red, y sufren otras deficiencias. Además, los sistemas que se encuentran actualmente en uso carecen de la capacidad de detectar la pérdida de energía o los hurtos de agua. Una falla crítica de los métodos más actuales es una carencia del modelado estadístico detallado de muchos componentes sin medir de las redes de agua, especialmente el consumo de agua de los clientes del servicio, que se modela con frecuencia mediante

técnicas muy rudimentarias, incluso tiene un impacto profundo sobre cualquier análisis de la red.

Los sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos ("SCADA", por sus siglas en inglés) han estado cada vez
5 más disponibles en las compañías de abastecimiento de agua en todo el mundo, los cuales recolectan los datos de una variedad de medidores dentro de la red, que miden las cantidades tal como el flujo y la presión. Sin embargo, en la mayoría de las compañías de abastecimiento estos sistemas se utilizan mediante algunos
10 operadores expertos principalmente para las necesidades operacionales en curso; las compañías de abastecimiento usan poco los datos históricos que se acumulan en sus sistemas para detectar automáticamente (o de otra manera) las fugas y otros acontecimientos anormales en la red. Además, cualquier
15 detección anormal se limita generalmente a las alarmas relacionadas a un solo sensor fijo, lo cual conduce a una sensibilidad baja o a una gran cantidad de alarmas falsas.

Los operadores de la red de abastecimiento de agua continúan agregando aún más medidores para monitorear la
20 actividad de los sistemas de distribución. Aunque esto proporciona mayores cantidades de datos con respecto a la red, y por lo tanto, mayor potencial de comprensión de los acontecimientos dentro de la red, el mayor volumen de datos sirve, a menudo, simplemente para confundir aún más a los
25 operadores de la red, y exacerba el aspecto casi imposible del

monitoreo de la red de agua. Por otra parte, la colocación de más medidores no se optimiza generalmente para mejorar la utilidad de los datos que se reciben de todo el sistema para los propósitos del monitoreo avanzado. Por lo tanto, los volúmenes
5 cada vez mayores de los datos que describen la actividad de la red no están organizados y a menudo son confusos y no permiten que los operadores de la red tomen mejores decisiones con respecto al estado de la red de abastecimiento de agua.

Como tal, existe una necesidad de sistemas y métodos
10 mejorados para analizar mejor los datos recuperados de una red de abastecimiento de agua y los datos con respecto a la red de abastecimiento y al consumo de sus recursos para facilitar la gestión mejorada de estos recursos.

Breve Descripción de la Invención

15 Algunas o todas de las deficiencias anteriores y otras deficiencias en la técnica anterior se resuelven mediante un método automatizado para conservar el agua al monitorear una red de distribución de agua, la red de distribución de agua comprende una pluralidad de tuberías y dispositivos de la red tal
20 como válvulas de reducción de presión, depósitos, o bombas, para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan en las ubicaciones dentro de la red de distribución de agua. Los medidores se pueden colocar en el interior o exterior de las tuberías, cerca de los dispositivos de la
25 red, o en otras ubicaciones arbitrarias. En algunas modalidades,

el método incluye la recepción de los datos de medidor de los medidores, los datos que representan una pluralidad de parámetros que se midieron mediante los medidores, los parámetros incluyen por lo menos el flujo de agua a través de las tuberías. En algunas modalidades, los datos de medidor son los datos del Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA, por sus siglas en inglés). En algunas modalidades, los datos de medidor se procesan antes de analizarse, por ejemplo, al filtrar la interferencia de los datos de medidor y al formatearlos para el almacenamiento en una base de datos de información de la red.

De acuerdo con algunas modalidades, los datos de medidor se analizan para identificar los acontecimientos de la red de agua, los acontecimientos de la red de agua que comprenden los acontecimientos de fuga y los acontecimientos informativos con respecto al consumo de agua que se proporciona sobre la red de agua y con respecto a la operación de la red y de los medidores. Los acontecimientos informativos que se pueden reportar incluyen un aumento inesperado del patrón de consumo, un cambio en el patrón de consumo, un hurto de agua, un abuso del límite zonal, una avería del medidor de abastecimiento, y un funcionamiento incorrecto del dispositivo de la red. El método de acuerdo con algunas modalidades puede incluir adicionalmente la recepción en un cierto periodo de tiempo plazo de los datos de la calidad del agua que representan la turbiedad, contenido de cloro y el pH del agua que se proporciona sobre la red y la identificación de los

acontecimientos de la red al detectar los cambios en los datos de la calidad del agua en un cierto periodo de tiempo superior a un umbral de valor estadístico, proporcional, o constante.

Uno o más acontecimientos de la red se reportan a un usuario a través de una interfaz de usuario. En algunas modalidades, los acontecimientos de la red de agua se almacenan en una base de datos para que puedan ser accesibles para una variedad de módulos de interfaz que reportan los acontecimientos en diferentes que incluyen a través de las listas de acontecimientos, gráficas o datos de tendencia, y registros de problemas u otras alarmas.

En algunas modalidades, el método incluye la recepción de los datos secundarios de una o más fuentes externas a los medidores, los datos secundarios que representan una o más condiciones que afectan el consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua. Los datos secundarios podrían incluir, por ejemplo, los datos climáticos que representaban las condiciones climáticas en la región de la red de abastecimiento de agua, los datos del calendario que representan uno o más factores que afectan el consumo de agua en una fecha determinada, los datos de reparación que representan una o más reparaciones que se realizaron en la red de abastecimiento de agua, y los datos estructurales que representan una estructura de la red de abastecimiento de agua. Según lo que se explicará posteriormente en la presente, estos datos secundarios se

pueden analizar junto con los datos de medidor para proporcionar resultados mejores, más exactos y para reducir o eliminar las falsas alarmas. Por ejemplo, un aumento anormal del flujo o consumo de agua en una región específica de una red de abastecimiento de agua se puede explicar debido a un clima caliente por encima del promedio o la sequía o debido a un día feriado u otro acontecimiento natural o humano que provoca que la gente permanezca en su hogar y no acuda a su centro de trabajo o cambie de otra manera el patrón de consumo común en un ubicación o ubicaciones particulares.

En algunas modalidades, los datos de medidor se analizan al predecir de manera estadística los datos de medidor para un primer medidor con base en otros datos de medidor de la red de abastecimiento de agua, por ejemplo, al calcular una distribución estadística de los valores probables para el primer medidor, y al comparar los datos de medidor recibidos para el primer medidor con los datos de medidor previstos para el primer medidor. A modo de ilustración, los datos históricos pueden indicar que los valores del primer medidor comúnmente son aproximadamente el doble de los valores que se midieron concurrentemente mediante un segundo medidor; entonces se predice que el primer medidor tiene una lectura actual que es aproximadamente el doble de la lectura que se obtuvo recientemente en el segundo medidor. Los acontecimientos de la red se pueden identificar al detectar una anomalía si el valor de medidor recibido actual del primer medidor

se desvía del valor de medidor previsto para el primer medidor aproximadamente una desviación estadística predefinida, durante un periodo de tiempo que excede un umbral predefinido, si su ocurrencia de frecuencia dentro de un periodo de tiempo predefinido excede un umbral predefinido, o a través de otros medios. La detección de anomalía estadística en los valores de medidor es una manera contundente de superar las dificultades inherentes en muchos de los componentes sin medir de las redes de agua, especialmente el consumo de agua de los clientes del servicio, que tiene un impacto profundo sobre cualquier análisis de la red. La estructura estadística en este consumo, tal como una tendencia a la periodicidad, que se propaga a través de la red, conduce a la estructura estadística similar o derivada en valores de medidor, que permite un análisis de la probabilidad de que los valores de medidor particulares se generen durante la operación rutinaria de la red (sin anomalía). Además, el uso de la detección de anomalía estadística según lo que se describió en la presente permite el uso de los métodos y sistemas de la presente invención con las redes que proporcionan los datos de medidor que no abarcan cada porción de la red, no se proporciona en una base en tiempo real, de otra manera está incompleto y deficiente. Por lo tanto, por ejemplo, la detección de anomalía que se describió en la presente se diseña para que sea la más útil en las redes de abastecimiento de agua en las cuales los medidores están solamente presentes en ciertos empalmes o ubicaciones de

la red, o en las cuales las lecturas de medidor se toman en las residencias del consumidor en una base mensual o de otra manera no pueden proporcionar la información actualizada. De hecho, según lo que se explicó anteriormente, las redes de abastecimiento de agua comunes sufren de uno o más de estos tipos de deficiencias en los datos de medidor recolectados de la red, y carecen del consumo medido exacto, frecuente, en tiempo real del cliente, que podrían permitir una conservación simple de la contabilidad del volumen de entrada y de salida, y se diseñan para proporcionar el agua a una gran cantidad de consumidores, cuyo comportamiento individual es imprevisible y puede cambiar debido a muchos factores.

En algunas modalidades, la predicción de manera estadística de los datos de medidor para el primer medidor con base en otros datos de medidor de la red de abastecimiento de agua, incluye la selección de uno o más segundos medidores como uno o más medidores correspondientes y que correlacionan los datos de medidor que se reciben del primer medidor con los datos de medidor que se reciben de uno o más medidores correspondientes. Uno o más segundos medidores se pueden seleccionar al correlacionar los datos históricos de medidor para uno o más segundos medidores con los datos históricos de medidor para el primer medidor. En algunas modalidades, uno o más segundos medidores pueden ser los medidores que históricamente tuvieron una correlación cercana con los valores

del primer medidor. Generalmente, en la operación rutinaria de la red, se esperó que los valores del primer medidor continúen esta correlación. A modo de ilustración, tal situación puede presentarse cuando varios medidores miden el flujo del agua que se consumió por varias inmediaciones distintas con datos demográficas similares, y por lo tanto patrones de consumo similares (o proporcionales). Uno o más segundos medidores se pueden seleccionar adicionalmente como aquellos que se colocan dentro de la red de abastecimiento de agua para que sean los no afectados por las anomalías locales que afectan al primer medidor, de la clase que es de interés para el operador de red, tal como una fuga; incluso, como parte de la misma red y del área general, los segundos medidores que se afectan por las mismas anomalías globales, tal como el aumento del consumo en un día caluroso. De esta manera, una anomalía local que afecta a los datos del primer medidor no afectará a los datos de los segundos medidores y, por lo tanto, será más fácil de detectar mediante una comparación estadística con los datos de los segundos medidores, además una anomalía global no generará una falsa alarma, incluso si su causa es desconocida.

Algunas o todas las deficiencias anteriores y otras deficiencias en la técnica anterior se resuelven mediante un sistema automatizado para monitorear una red de abastecimiento de agua, el sistema tiene una base de datos de información de la red para almacenar los datos de medidor que representan una

pluralidad de parámetros que se midieron mediante los medidores, los parámetros incluyen por lo menos el flujo de agua a través de las tuberías, y los datos secundarios de una o más fuentes externas a los medidores, los datos secundarios que
5 representan una o más condiciones que afectan el consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua. El sistema además contiene un motor de análisis que se configura para analizar los datos de medidor y los datos secundarios para identificar las anomalías, un motor de
10 clasificación de acontecimiento que se configura para identificar los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua con base en las anomalías, los acontecimientos de la red de agua comprenden los acontecimientos de fuga y otros acontecimientos con respecto a la cantidad o calidad de agua que fluye a través
15 de las tuberías y de los dispositivos de la red y con respecto a la operación de la red de abastecimiento de agua, y una base de datos de acontecimiento para almacenar los datos de los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua que representan uno o más acontecimientos de la red de agua que se
20 identificaron por el motor de clasificación de acontecimiento. El sistema puede incluir además un conjunto de módulos de interfaz para recuperar los datos de acontecimiento de la red de abastecimiento de agua de la base de datos de acontecimiento y reportarlos a los usuarios.

25 En algunas modalidades, el motor de análisis comprende

una pluralidad de módulos indicadores para generar una distribución estadística de los valores probables de los datos de medidor para un medidor dado, que asume una operación rutinaria y ningún acontecimiento anormal, y una pluralidad de
5 módulos detectores de anomalía para comparar los datos de medidor actuales para el medidor dado con la distribución de los valores probables para detectar las anomalías en los datos de medidor.

Algunas o todas las deficiencias anteriores y otras
10 deficiencias en la técnica anterior se resuelven mediante un método automatizado para gestionar una red de abastecimiento de agua, el método comprende enviar los datos de medidor a un motor de análisis, recibir los datos del motor de análisis que representan los acontecimientos de la red de abastecimiento de
15 agua, y exhibir los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua recibidos a un usuario en un dispositivo de exhibición automatizado. De acuerdo con algunas modalidades, los acontecimientos de la red de agua incluyen los acontecimientos de fuga y otros acontecimientos con respecto a la cantidad o
20 calidad del agua que fluye a través de las tuberías y a través de los dispositivos de la red y con respecto a la operación de la red de abastecimiento de agua. Los datos de acontecimiento de la red de abastecimiento de agua se podrían identificar como resultado del análisis de los datos de medidor y de los datos secundarios,
25 los datos secundarios representan una o más condiciones que

afectan el consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua.

Breve Descripción de los Dibujos

La invención se ilustra en las figuras de los dibujos
5 anexados que se piensan para ser ejemplares y no limitantes, en los cuales las referencias similares se piensan para referirse a las partes similares o correspondientes, y en los cuales:

Las figuras 1 y 2 presentan los diagramas de bloque que representan los sistemas para monitorear una red de agua de
10 acuerdo con las modalidades de la presente invención;

La figura 3 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para monitorear una red de agua de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 4 presenta un diagrama de flujo que ilustra
15 adicionalmente un método para monitorear una red de agua de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 5 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para predecir los valores medidos para un medidor dado de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

20 Las figuras 6 y 7 presentan los diagramas de flujo que ilustran la selección de atributo de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 8 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para detectar un acontecimiento de fuga de agua.

25 Las figuras 9-11 presentan los diagramas de flujo que

ilustran la detección de acontecimiento para los tipos específicos de acontecimiento de acuerdo con las modalidades de la presente invención; y

Las figuras 12-15 presentan capturas de pantalla que muestran una interfaz de usuario basada en Web que presenta la información de acontecimiento que se genera mediante el motor de análisis de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

Descripción Detallada de la Invención

En la siguiente descripción, se hace referencia a los dibujos anexados que forman una parte de la misma, y en los cuales se muestra, a modo de ilustración, las modalidades específicas en las cuales la invención se puede practicar. Se debe entender que otras modalidades se pueden utilizar y que los cambios estructurales se pueden realizar sin apartarse del alcance de la presente invención.

La figura 1 presenta un diagrama de bloque que ilustra una modalidad de un sistema para monitorear los recursos en un sistema de distribución de agua. Según lo que se mostró en la figura 1, el sistema incluye un motor de análisis de la red de agua 100 que se integra mediante varios módulos de software y las bases de datos que residen en el hardware y que realizan las funciones que posteriormente se describirán detalladamente. El motor 100 puede incluir uno o más dispositivos de procesamiento que realizan las operaciones que se describirán posteriormente

en respuesta a las instrucciones ejecutables. El motor de análisis de la red de agua 100 analiza los datos que se reciben de diferentes medidores, sensores, dispositivos de lectura, u otros datos que se refieren a una red de distribución. Un experto en la técnica apreciará que a menos que el contexto específico indique explícitamente lo contrario, según lo que se utilizó en la presente, los términos “medidor” y “sensor” se refieran a la misma clase de dispositivos de la red y que comprendan generalmente cualquier medidor, sensor, calibrador, u otro dispositivo capaz de medir los parámetros o valores o un estímulo, especialmente los estímulos con referencia a una red de distribución de agua. El sistema identifica las anomalías y los acontecimientos con base en esos datos y proporciona las alarmas en tiempo real o los reportes de datos sin conexión a los usuarios que pueden entonces tomar las medidas, según sea apropiado, para tratar cualquier fenómeno o acontecimiento que se identifica por el motor de análisis 100. Según lo que se describirá posteriormente con más detalle, las anomalías y los acontecimientos que se identifican mediante el motor de análisis 100 incluyen las fugas, explosiones, consumo inesperado de agua, medidores con falla, problemas de calibración del medidor, cambios de la calidad del agua, otros problemas importantes para la cantidad de agua que se proporciona sobre la red, funcionamientos incorrectos en los dispositivos de la red, y otros problemas que se conocen por los expertos en la técnica.

Según lo que se mostró en la figura 1, los datos que se recibieron como entradas al motor de análisis de la red de agua 100 incluyen, en algunas modalidades, los datos de GIS 101, datos de operación 102, sistema de distribución 103, datos de
5 medidor 1 103a, datos de medidor N 103b, y los datos externos 104.

Los datos de GIS 101 son los datos de un sistema de información geográfica (“GIS”, por sus siglas en inglés) que describen la estructura y el diseño de la red de agua y la
10 colocación de los medidores a través de la misma, e incluyen los tipos de medidor, las localizaciones del medidor, antigüedad del medidor, las descripciones de las tuberías de agua tal como diámetros y materiales de fabricación, las divisiones de la red en las zonas de presión y/o en las zonas de abastecimiento, un mapa
15 de la ciudad o del área, y los datos de desarrollo adicionales que se reconocen por un experto en la técnica. Cualquier otra característica de la geografía y diseño del sistema de distribución de agua puede también utilizarse, así como cualquier otro dato en el cual se basa un experto en la técnica. También se observa que
20 estos datos pueden ser los datos evolutivos que incluyen las actualizaciones de acuerdo con la evolución del sistema subyacente de recursos en sí, por ejemplo cuando las nuevas tuberías de agua, conexiones, medidores, etc., se instalan o modifican de otra manera en el sistema. Además, estos datos
25 pueden incluir las actualizaciones cuando el sistema subyacente

de recursos se muestrea o se mide, por ejemplo, cuando las tuberías existentes se examinan para determinar el desgaste del material o el estrechamiento interno debido a los depósitos sólidos acumulados.

5 Los datos de operación 102 incluyen la información de gestión de activos, y pueden ser cualquier información en un formato digital con respecto a las operaciones que se realizaron mediante el operador de red que se puede correlacionar con las lecturas de medidor para determinar o refutar una anomalía. Por
10 ejemplo, los datos de operación 102 pueden incluir la información que se relaciona con las operaciones de la red de agua, tal como operaciones rutinarias o previstas de la red de agua, abertura y cierre de las válvulas que afectan el flujo de agua, las operaciones de bomba, las exploraciones acústicas, las
15 reparaciones o mejoras que se realizan en cualquier parte de la red de agua, las fechas y las duraciones de las reparaciones/mejoras, las localizaciones de las reparaciones/mejoras, mantenimiento rutinario hecho a la red, y la información del control de acceso que indica cuando y donde
20 en la red el personal técnico puede estar activo. En una modalidad, los datos de operación 102 se proporcionan por el sistema que se usa para manejar la red de agua.

 Los sistemas de distribución de agua monitoreados presentan cantidades extensas de datos dependientes del tiempo
25 tal como, pero sin limitarse a, los indicadores hidráulicos tal como

flujo, presión, y nivel de depósito, y los indicadores de calidad tal como cloro, turbiedad, pH, y otros. Estos datos se pueden producir mediante los medidores distribuidos a través de la red, y se pueden representar mediante el sistema de distribución de agua 103. Además, los medidores que se distribuyen a través de la red pueden estar en localizaciones arbitrarias, o localizaciones que proporcionan solamente una representación parcial de la red entera. Los datos de medidor 1 103a y los dato de medidor N 103b representan los datos que se producen mediante varios sensores y medidores en el sistema de distribución de agua 103. Un ejemplo de un sistema que se usa para recolectar los datos de la red tal como aquellos que se representan mediante los datos de red 103a y los datos de medidor 103b, es un sistema SCADA. Los datos de SCADA pueden incluir los datos de medidor continuos dependientes del tiempo, tal como presión de agua, flujo de agua, turbiedad del agua, niveles de cloro en el agua, pH del agua, y niveles de agua del depósito. Los expertos en la técnica están familiarizados con los sistemas de datos de SCADA y pueden apreciar que el término representa una abstracción de la recolección de datos de un proceso industrial, en este caso una red de distribución.

Los datos externos 104 incluyen la información adicional relevante para el consumo de agua y condiciones de la red, pero no necesariamente dentro de las categorías anteriores, tal como reportes climáticos, días feriados u otros acontecimientos del

calendario que afectan el consumo de agua y el comportamiento de la red dentro de las porciones dadas de la red, o en sí cualquier otro acontecimiento en la compañía de abastecimiento o sus clientes que puedan afectar la función de la red de agua.

5 El motor de análisis de la red de agua 100 analiza varias secuencias de datos de entrada y regresa un resultado que se categoriza y formula como datos de acontecimiento de acuerdo con las operaciones de procesamiento que se describen en detalle adicional posteriormente. Los datos de motor de análisis
10 de la red de agua 100 se almacenan en la base de datos 106, y los datos de la base de datos 106 se recuperan mediante uno o más sistemas de interfaz, tal como la interfaz de seguimiento de acontecimiento 108, la interfaz alerta 109, interfaz de reportes 110, interfaz de sistema propietario 111, y otras interfaces 112.
15 El motor de análisis 100 de agua puede también tener acceso a los datos previamente almacenados en la base de datos 106, para proporcionar la continuidad en el reporte de los acontecimientos, por ejemplo, para actualizar un acontecimiento previamente detectado que aún está sucediendo, en lugar de detectarlo como
20 un acontecimiento separado adicional. Diferentes tipos de sistemas de interfaz se utilizan para proporcionar la información con respecto a los acontecimientos a los usuarios o sistemas externos en maneras diferentes. Por ejemplo, la interfaz de seguimiento de acontecimiento 108 permite a los usuarios
25 explorar a través de todos los acontecimientos que se detectaron

en la red, mientras que la interfaz de alerta 109 envía las alarmas a los usuarios (por ejemplo, a través de un correo electrónico, un SMS o un mensaje de voz) o a través de los sistemas externos que se han determinado por la regla o la política para requerir una atención más inmediata. Se puede acceder a las interfaces 108-112 mediante varios dispositivos automatizados, tal como computadoras de escritorio y computadoras portátiles, teléfonos celulares, dispositivos Blackberry, teléfonos inteligentes, localizadores y otros dispositivos móviles que se programan para recibir las páginas, notificaciones de averías y otros tipos de alarmas. Se puede acceder a las interfaces 108-112 mediante los dispositivos computarizados que las solicitan desde los servidores conectados sobre cualquier red conveniente, tal como, pero sin limitarse, al Internet, o se pueden actualizar de manera instantánea en tales dispositivos para la visualización mediante los usuarios o la entrada en otros sistemas tal como sistemas de notificación de averías. Los resultados del motor de análisis de la red de agua 100 se pueden almacenar en la base de datos 106, en un archivo de registro electrónico, o imprimirse en papel.

Aunque se ilustre como un solo sistema, en varias modalidades el sistema ilustrado se puede integrar y/o distribuir a través de los múltiples dispositivos de hardware y se puede distribuir lógica, física o geográficamente. El motor de análisis de la red de agua 106 puede ser cualquier dispositivo de procesamiento físico conveniente que realiza las operaciones de

procesamiento según lo que se describió en la presente, en respuesta a las instrucciones ejecutables. El motor de análisis de la red de agua 100 puede también incluir cualquier tipo conveniente de dispositivo de almacenamiento operativo para almacenar electrónicamente los datos. La figura 2 presenta un diagrama de bloque que representa otros detalles de un sistema de monitoreo de la red de agua de acuerdo con ciertas modalidades. En una modalidad, los elementos 203-207 del motor de análisis de la red de agua 100 de la figura 1. La figura 2 incluye la red de agua 200, red de agua 201, datos 202, base de datos de información de la red 203, motor de preparación de datos 204, pronosticadores 205, detectores de anomalía 206, motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207, base de datos 208, y las interfaces de salida 209, que incluyen la interfaz de seguimiento de acontecimiento 210, la interfaz de alarma 211, la interfaz de reporte 212, la interfaz de sistema propietario 213, y otras interfaces 214.

Los sistemas de distribución de agua, que se representan mediante los elementos 200 y 201, son uno o más sistemas de distribución de agua conectados, o sistemas de distribución de agua que se ubican en diferentes áreas con pocas conexiones o ninguna conexión entre los mismos. En una modalidad, los elementos 200 y 201 pueden ser cualquier red de distribución de recursos conveniente, tal como una red de abastecimiento de agua municipal, rural, o mayorista, red de distribución de líquido

en una fábrica u otro edificio grande, o embarcación naval, o cualquier red de recolección de recursos conveniente tal como un sistema de alcantarillado. Un experto en la técnica apreciará que los elementos 200 y 201 puedan ser cualquier sistema de distribución o de recolección de agua. La red de agua 200 y la red de agua 201 envían los datos dependientes del tiempo representativos de la red, tal como flujo de agua, presión, turbiedad, nivel de depósito, nivel de cloro, y nivel de pH. Por ejemplo, la red puede obtener esta información al usar un sistema SCADA. Los datos de la red de agua 200 o de la red de agua 201 pueden reportar los datos de los medidores específicos, o serie de medidores, algunos de los cuales se pueden relacionar. Por ejemplo, los medidores se pueden agrupar geográficamente por zona o por el área distrital medida (DMA, por sus siglas en inglés), como un experto apreciará. Los datos se pueden enviar directamente de los medidores o de las series de medidores en la red, o los datos pueden provenir de una base de datos de interfaz de red 203; los datos se podrían enriquecer mediante el motor de preparación de datos 204, para por ejemplo, agregar o calcular nuevos tipos de datos tal como los datos de consumo matutino y vespertino. Por conveniencia, el término “datos de medidor” se utilizará en esta especificación para referirse a los datos reales de un solo medidor, o una combinación significativa predefinida de lecturas de los múltiples medidores o múltiples lecturas de uno o más medidores recibidos en un cierto periodo de tiempo, tal

como el flujo de entrada de la suma total para un DMA, o cualquier cálculo predefinido similar que genera un conjunto significativo de datos dependientes del tiempo que describen un cierto aspecto de la red. Un experto identificará fácilmente tales combinaciones significativas, con base en la disposición de la red y las localizaciones de los medidores individuales. Los datos 202 representan otros datos que incluyen la información de la gestión de recursos, que puede ser cualquier información en un formato digital que se pueda correlacionar con las lecturas de medidor para determinar o refutar una anomalía. Por ejemplo, esto puede incluir la información referente a las operaciones de la red de agua, tal como operaciones de la red de agua rutinarias o planeadas, abertura y cierre de las válvulas que afectan al flujo de agua, exploraciones acústicas, reparaciones o mejoras realizadas a cualquier parte de la red de agua, fechas y tiempos de las reparaciones/mejoras, localizaciones de las reparaciones/mejoras, mantenimiento rutinario que se realiza a la red, e información de control de acceso que indica cuando y donde en la red el personal técnico puede estar activo. Además, los datos 202 incluyen la información adicional relevante para el consumo de agua y condiciones de la red, tal como reportes climáticos, días feriados u otros acontecimientos del calendario que afecten el consumo de agua y el comportamiento de la red dentro de las porciones dadas de la red, o en sí cualquier otro acontecimiento en la compañía de abastecimiento o

debido a sus clientes, que pueden afectar la función de la red de agua.

La base de datos de información de la red 203 agrega los datos sin procesar de los medidores en las redes de agua 200 y 201, y los datos 202. Datos de la base de datos de información de la red 203 se envían al motor de preparación de datos 204. El motor de preparación de datos 204 organiza y formatea los datos recibidos que se procesarán adicionalmente. Según lo que se conoce por los expertos en la técnica, los formatos de los datos que se usan mediante los diferentes sistemas de distribución de agua pueden diferenciarse entre sí. Por ejemplo, la ciudad de Londres puede recolectar y almacenar los datos de la red en un formato completamente diferente que la ciudad de Nueva York. Además, el motor de preparación de datos 204 elabora los datos para el análisis al eliminar los datos que no reflejan el desempeño actual de la red o que no reflejan un fenómeno temporal que los diseñadores del sistema o los encargados de la red han decidido no tratar; los métodos conocidos comúnmente en la técnica se pueden aplicar para “unificar” los datos que se recolectan de la red. Algunos de estos métodos son LOWESS y la limpieza heurística según lo que se aplica a los datos específicos que se reciben de una red de agua dada. El motor de preparación de datos 204 extrae los elementos datos de los datos de la red y los formatea en un formato similar. Entre la información filtrada puede estar la interferencia que se asocia con las transmisiones

de datos de los aspectos de los recursos, tal como por ejemplo, la transmisión de datos con interferencia de un medidor, o los errores que se asocian con las mediciones, transmisiones o recolección de los datos. El motor de preparación de datos 204
5 puede también producir todos los datos recibidos de las redes de agua 200 y 201, después de que se hayan formateado pero con menos o ninguna filtración o unificación, para permitir que el sistema analice los datos que se podrían desechar de otra manera si primero se aplica una de las técnicas de unificación. El
10 motor de preparación de datos 204 envía los datos que se procesan previamente a los pronosticadores 205 y a los detectores de anomalía 206. Un experto en la técnica apreciará que los elementos 203-214 se pueden contener o residir en el mismo dispositivo, o distribuirse entre los múltiples dispositivos.

15 En una modalidad, los pronosticadores 205 contienen el número N de pronosticadores individuales que usan varias técnicas. Según lo que se describió adicionalmente, los pronosticadores 205 analizan los conjuntos de datos y proporcionan las predicciones de las distribuciones estadísticas
20 de los valores actuales esperados del medidor que asumen que no está ocurriendo ningún acontecimiento anormal. Según lo que se conoce comúnmente en la técnica, los pronosticadores se pueden diseñar para usar una estructura de aprendizaje de máquina para analizar estadísticamente los datos. Los ejemplos
25 de la estructura de aprendizaje de máquina se discuten en Ethem

Alpaydin, Introduction to Machine Learning (Adaptive Computation and Machine Learning), MIT Press (2004), ISBN 0262012111; Ryszard S. Michalski, Jaime G. Carbonell, Tom M. Mitchell, Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach. Tioga Publishing Company (1983), ISBN 0-935382-05-4, que se
5 incorpora en la presente mediante referencia en su totalidad. Las descripciones más detalladas de la operación de algunos pronosticadores específicos se encuentran en las figuras 5-6 y las descripciones anexadas.

10 Los detectores de anomalía 206, que pueden incluir el número M de detectores individuales, reciben datos de predicción estadística de los pronosticadores 205 y los datos procesados previamente del motor de preparación de datos 204. Según lo que se discutió en la figura 5, el conjunto de datos que se recibe de
15 los pronosticadores 205 incluye una distribución con el valor probable, la variación, y cualquier otro indicador estadístico de los valores. Un experto en la técnica reconocerá que el conjunto de datos puede contener los múltiples valores probables y reales para el medidor que se analizará. Los detectores de anomalía 206
20 incluyen los detectores de anomalía para probar la probabilidad de ninguna anomalía para el medidor y para probar la probabilidad de las hipótesis alternativas tal como los tipos específicos de acontecimiento. Los detectores de anomalía 206 envían las anomalías al motor de decisión y clasificación de
25 acontecimiento 207. Algunas de esas anomalías representan los

acontecimientos en y de sí mismos, y algunas representan las partes de los acontecimientos tal como el comienzo de un acontecimiento, el final de un acontecimiento, el cambio sustancial en un acontecimiento, pico de un acontecimiento, y
5 similares.

Los detectores de anomalía 206 son operativos para analizar la importancia de cualquier desviación del valor previsto enviado desde los pronosticadores y del valor actual que se recupera de la red. Para cada conjunto de datos, cada detector de
10 anomalía determina, al analizar la importancia de las desviaciones, la probabilidad estadística de que no ocurra una anomalía relevante debido a las lecturas de medidor durante un periodo dado. Los detectores de anomalía 206 analizan la importancia de las desviaciones en un cierto periodo de tiempo,
15 por ejemplo, durante minutos, horas, días o más, puesto que, por ejemplo, la ocurrencia continúa o frecuente de las desviaciones aumenta la importancia de tales desviaciones. Como un experto en la técnica reconocerá, un diseñador de sistema diseñaría o ajustaría los detectores de anomalía 206 para analizar las
20 desviaciones durante un periodo de tiempo con base en, entre otras cosas, la sensibilidad deseada para los acontecimientos de escala sin importancia, acontecimientos que iniciaron recientemente, que son generalmente perceptibles cuando tienen magnitudes grandes, en comparación con los acontecimientos
25 poca magnitud que requieren desviaciones continuas durante un

periodo de tiempo más largo para la detección. Así, por ejemplo, una pequeña desviación que ocurre solamente una vez o durante un corto período de tiempo tal como un minuto no se detectará como anomalía, mientras que la misma pequeña desviación que
5 ocurre durante un periodo de tiempo prolongado o frecuentemente dentro de ese período se identificaría como estadísticamente significativo mediante los detectores de anomalía 206 y se detectarían como una anomalía.

Con respecto al análisis de la importancia de las
10 desviaciones, por ejemplo, una lectura de medidor, cuando se compara con los datos estadísticos históricos, puede ser significativa a la luz de los datos estadísticos históricos. Por ejemplo, una diferencia de tres desviaciones estándar o un valor en el porcentaje superior, puede ser una desviación significativa.
15 En otras modalidades, la desviación estadística se mide mediante la distribución de las desviaciones de acuerdo con los parámetros. Tal parámetro puede ser la hora del día, que significa que la importancia de la desviación puede depender de la distribución de las desviaciones que pueden variar según la hora.
20 Otros parámetros pueden incluir las medidas del tiempo tal como temperatura o humedad, las advertencias climáticas, días feriados, o acontecimientos deportivos que pueden cambiar las características de la red en ese día u hora. Además, el umbral significativo de la desviación de los valores se puede cambiar
25 mediante el nivel de confianza estadística que desea un

diseñador de sistema, usuario o encargado de la compañía de abastecimiento de agua. En varias modalidades, el umbral es: (1) un nivel de confianza estadística, se computa con base en la distribución de las desviaciones de la correlación en los datos históricos, tal como un múltiplo especificado de la desviación estándar; o (2) una constante, sobre la cual el sistema detecta una anomalía. En algunas modalidades, se analiza la relación del valor actual al valor previsto, en lugar de la diferencia entre los dos; se debe entender que el término “diferencia” se utiliza para referirse igualmente, en el caso de tales modalidades, a esta relación.

En una modalidad, un detector de anomalía encuentra una anomalía cuando existe una desviación grande estadísticamente coherente con los valores previstos durante un período dado. Estadísticamente grande significa un límite relativo estadísticamente significativo (tal como las desviaciones estándar N o K veces el intervalo intercuartil, o de otras estandarizaciones que consideran la distribución actual de los datos, dependiendo de las implementaciones particulares). Además, al comparar las lecturas “momentáneas” con los valores previstos, que usan la desviación estándar total (u otro indicador estadístico) de las diferencias de los valores previstos pueden producir un número elevado de falsos positivos, debido a que la comparación puede, por ejemplo, mezclar juntos los tiempos de alta variación del día con tiempos de baja variación del día. Por lo tanto, para reducir

este error, el sistema compara una lectura $X(t)$ con el valor previsto $P(t)$ mediante la división de $X(t)-P(t)$ en, por ejemplo, la desviación estándar de tales diferencias en esa hora aproximada, en ese día de la semana. La magnitud del límite relativo y la longitud del período son los parámetros del método, que permiten
 5 que las ejemplificaciones particulares se centren alternativamente en los acontecimientos más cortos o más pequeños.

En otra modalidad, un detector de anomalía computa el área debajo de la curva (AUC, por sus siglas en inglés) de la
 10 diferencia entre los valores actuales y previstos durante los períodos fijos particulares (o, alternativamente, del valor absoluto de esa diferencia — esto afecta independientemente de si los valores bajos pueden anularse con elevados valores subsecuentes). Este cómputo se puede realizar de esta manera,
 15 por ejemplo, cada cuarto de un día. El AUC no es por sí misma una cantidad estadística, pero puesto que éstos son períodos fijos, la distribución se puede medir de manera empírica: si solamente el 5% de valores de AUC de X medidor entre la medianoche y 6:00 am en un día laborable fueron mayores que
 20 X_0 , entonces encontrar tal valor de AUC es casi “5% probable”. La longitud de los períodos fijos (y con los periodos que se compara) es los parámetros del método, que permiten que las ejemplificaciones particulares se centren alternativamente en los acontecimientos más cortos o más pequeños.

25 El motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207

es operativo para comparar un análisis estadístico de M detectores de anomalía 206 para determinar la probabilidad estadística total de la hipótesis de sin anomalía debido a lecturas de medidor recientes. El motor 207 aumentaría la probabilidad estadística de un acontecimiento con base en la detección de

5 múltiples anomalías, del mismo medidor o diferentes medidores y al mismo tiempo o durante un periodo de tiempo dado, todo lo anterior indica constantemente la ocurrencia del acontecimiento. Por ejemplo, una anomalía puede representar el comienzo de un

10 acontecimiento y otra anomalía puede representar un cambio en el acontecimiento o el final del acontecimiento, y el motor de clasificación 207 reconoce esas anomalías como relacionadas con un solo acontecimiento. Como otro ejemplo, dos anomalías de diferentes medidores que se relacionan con el flujo aumentado,

15 en un periodo similar y desde las localizaciones relacionadas, ambas indicarían el mismo acontecimiento. En una modalidad, la heurística se utiliza para determinar la probabilidad estadística total de una lectura de medidor, con base en una combinación de la probabilidad estadística de una lectura de los datos

20 estadísticos temporales, y la probabilidad estadística de una lectura de los datos estadísticos espaciales. Por ejemplo, si la comparación estadística histórica de los datos indica que la lectura actual del medidor es solo probablemente tal alta como 15%, pero la comparación espacial de los datos estadísticos

25 indica que la lectura actual del medidor es probablemente tal alta

como 95%, entonces la probabilidad total de la lectura puede ser probablemente tal alta como 75%. Ver, por ejemplo, Koziol, James y Tuckwell, Henry, "A Bayesian Method for Combining Statistical Tests". Journal of Statistical Planning and Inference 5 1999: 78(1-2), 317-323, que se incorpora en la presente mediante referencia

Los ejemplos de los acontecimientos que se detectan mediante el motor de análisis son una fuga de agua, una explosión, un medidor averiado, un hurto de agua, una avería de 10 comunicación, un problema de calidad del agua, un aumento inesperado en el consumo, un cambio en el patrón de consumo, funcionamientos incorrectos de la red tal como niveles de depósito o presiones anormales, y otros. El detalle adicional con respecto a los acontecimientos se puede incluir, a modo de 15 ejemplo, tal como la hora de inicio del acontecimiento, la hora del final del acontecimiento, una magnitud del acontecimiento, una pérdida de agua total que se asocia con el acontecimiento.

El motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207 también genera los datos adicionales con respecto a cada 20 acontecimiento, tal como hora del inicio, hora del final, magnitud del acontecimiento, una magnitud acumulada del acontecimiento tal como el agua total perdida desde que comenzó la fuga, tipo, estado, y unidades físicas del acontecimiento, tal como unidades de presión, pH, o concentración de cloro. La magnitud del 25 acontecimiento es, en algunas modalidades, un valor que

representa el tamaño o proporción del acontecimiento, tal como un cálculo del flujo adicional con respecto a las condiciones normales, el cálculo erróneo del medidor, o el cambio de cloro. Esta información se almacena en la base de datos 208 que se
5 enviará adicionalmente a las interfaces 209. Ciertos resultados de las anomalías se trazan para ciertos campos de los acontecimientos que se almacenan en la base de datos 208. Los ejemplos de los campos asociados con los acontecimientos son: el tipo de acontecimiento (según lo que se determinó mediante el
10 motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207), la hora del inicio, la hora del final, la magnitud, y las unidades físicas del tipo de acontecimiento.

El experto apreciará que al usar múltiples pronosticadores y detectores de anomalía, la comparación de las probabilidades
15 estadísticas de los detectores de anomalía M 206 puede dar lugar a una confianza aumentada de que un acontecimiento detectado sea una anomalía, o puede dar lugar a una confianza disminuida de que un acontecimiento detectado sea una anomalía. En una modalidad, el motor de decisión y clasificación de acontecimiento
20 207 puede asignar la importancia a los acontecimientos o partes de acontecimiento que se envían igualmente desde cada detector de anomalía M. En otra modalidad el motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207 puede asignar la importancia a los acontecimientos o a las partes de acontecimiento que se
25 envían desde cada detector de anomalía M con base en una

configuración predefinida.

La base de datos 208 recibe la información desde el motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207 para el almacenamiento en la base de datos 208 y para la recuperación desde la base de datos 208 mediante las interfaces de salida 209.

La interfaz de seguimiento de acontecimiento 210 proporciona una lista de acontecimientos a los usuarios del sistema. Los usuarios pueden observar los acontecimientos individuales y sus datos asociados al seleccionar un acontecimiento mencionado. Los acontecimientos que se envían a la interfaz de seguimiento de acontecimiento 210 se pueden filtrar mediante el usuario del sistema. Por ejemplo, un usuario encargado solamente de la reparación de las fugas puede observar solamente los acontecimientos de fuga, mientras que un administrador del sistema puede ver cada tipo de acontecimiento y los datos de acontecimiento o una vista global de los acontecimientos. Diferentes usuarios observan diferentes tipos de acontecimientos, y las necesidades o responsabilidades de un usuario pueden dictar qué acontecimientos observa el usuario. Por ejemplo, un encargado de fugas puede elegir observar solamente los acontecimientos de fuga de alta confianza, o solamente los fugas con magnitud sobre un cierto umbral fijo. En otro ejemplo, los usuarios encargados del monitoreo de una inmediación observan los acontecimientos que se asocian con los datos de medidor que se ubican en esa inmediación. En otro

ejemplo, los encargados de la red de agua 201 observan todos los acontecimientos que se asocian con la red de agua 201, mientras que los administradores de la red de agua 200 y 201 observan todos los acontecimientos que se relacionan con ambas redes. Un
5 experto en la técnica reconocerá que la interfaz de usuario con base en la función estándar, el control de acceso, y los métodos de gestión usuario, que se pueden manejar por los administradores de sistema, se pueden utilizar para proporcionar este detalle del acceso a los datos y a los reportes de
10 acontecimiento.

Los datos de acontecimiento que se representan en la interfaz de seguimiento de acontecimiento 210 pueden incluir la hora de inicio, tipo, ubicación, magnitud y estado del acontecimiento. Además, un usuario que selecciona el
15 acontecimiento puede además obtener una información más detallada tal como mapas, gráficas, comentarios publicados mediante los usuarios que se relacionan con el acontecimiento seleccionado, y las anotaciones para los acontecimientos, mapas, gráficas seleccionados y similares que se realizan mediante el
20 motor o usuarios, según lo que se explicará posteriormente. Como un ejemplo más detallado, los usuarios de la interfaz de seguimiento de acontecimiento pueden anotar los acontecimientos, o incluir los enlaces de hipertexto para otros acontecimientos u objetos de la interfaz de usuario. Las
25 anotaciones se comunican desde la interfaz de seguimiento de

acontecimiento tal como, por ejemplo, los campos de la forma HTML que se comunican sobre la red y almacenan en la base de datos 208 en el registro de acontecimiento asociado que se observará mediante otros usuarios del sistema. Los usuarios

5 pueden también asignar la propiedad o responsabilidad de un acontecimiento o de las tareas que se relacionan con el acontecimiento, a otros usuarios del sistema. Por ejemplo, un analista de fugas puede asignar una fuga sospechosa particular al ingeniero hidráulico de una zona adyacente, para preguntar si el

10 mantenimiento reciente podría explicar una anomalía del flujo, o a un encargado de la sala de mando para recomendar o solicitar una exploración y una reparación. La información de acontecimiento detallada que se presenta a un usuario incluye los datos que ayudarán adicionalmente al usuario a tomar una

15 decisión informada con respecto al acontecimiento y actuar de acuerdo con lo anterior. Por ejemplo, si el sistema detecta una fuga y envía un acontecimiento de fuga a 210, el sistema proporciona los datos de acontecimiento del registro de acontecimiento y la visualización de los datos a través de los

20 mapas, gráficas y similares para mostrar, por ejemplo, a una comparación de presentes valores actuales contra los valores previstos o anteriores. Por ejemplo, una visualización de los datos de acontecimiento puede estar en forma de gráfica que muestra el caudal en un cierto periodo de tiempo y una porción

25 destacada del aumento en el caudal indicativo de una fuga, para

ayudar a centrar al usuario en los aspectos importantes del acontecimiento. Las capturas de pantalla de muestra para la interfaz de seguimiento de acontecimiento 210 se muestran en las figuras 11-15.

5 La interfaz de alarma 211 opera, de acuerdo con las reglas o políticas predefinidas, para identificar ciertos acontecimientos que necesiten actualizarse de manera instantánea para los usuarios específicos a través de los dispositivos computarizados que se designan mediante los usuarios. Por ejemplo, un usuario
10 puede especificar, a través de reglas o políticas, que ciertos acontecimientos de una magnitud especificada se envíen en mensajes de correo electrónico que se dirigen al usuario mientras que otros tipos de acontecimientos más urgentes o dependientes del tiempo o de mayores magnitudes especificadas se actualizan
15 inmediatamente en su teléfono móvil a través de texto, llamada, o similares. Las alarmas que se generan mediante la interfaz de alarma 211 contienen ciertos datos especificados con respecto a la alarma para ayudar al usuario a tomar una decisión informada con respecto al acontecimiento. El usuario puede configurar la
20 interfaz de alarma 211 para determinar qué grado de detalle se incluye en sí en los mensajes y cuántos datos adicionales permitir para que el usuario recupere, por ejemplo, a través de un enlace un artículo en la interfaz de seguimiento de acontecimiento 210.

 La interfaz de reporte 212 es un sistema de reporte que
25 recupera los datos de acontecimiento de la base de datos 208 y

genera varios reportes, tablas, diagramas, gráficas y similares para ilustrar los acontecimientos o conjunto de acontecimientos. Como será entendido por un experto en la técnica, la interfaz de reporte 212 permite que los usuarios agreguen los
5 acontecimientos y datos de acontecimiento mediante cualquier campo o parámetro deseado, tal como geográfico, tiempo, tipo de acontecimiento, y similares. Los reportes que se generan a través de la interfaz de reporte 212 permiten que los usuarios tal como los encargados de la red de agua mejoren el plan de las
10 reparaciones o mejoras futuras en su red, para la colocación de medidores, u otras decisiones que se relacionan con la consideración de operación, diseño, inventario y otras consideraciones.

La interfaz de sistema propietario 213 es un sistema que se
15 interconecta con otro programa de software que se usa mediante los operadores del sistema de distribución de agua. Por ejemplo, la interfaz de sistema propietario 213 recupera los datos de acontecimiento de la base de datos 208 e ingresa todo o una parte especificada de los mismos en un sistema de reporte de
20 avería para informar al personal de mantenimiento de fugas u otros acontecimientos. Un ejemplo de software de reporte de avería es Track-It® de Numara®. Como otro ejemplo, los datos de acontecimiento se pueden enviar a un sistema de flujo de trabajo o al sistema de gestión de recursos (tal como el sistema
25 Maximo™ disponible de IBM Corp.) para que se puede atender

más fácilmente el acontecimiento. Los datos de acontecimiento, para reportar el acontecimiento a los usuarios, se categorizan y se pueden adaptar bien para el uso mediante cualquier interfaz de estándar industrial. Un ejemplo de una interfaz de sistema de flujo de trabajo es Bizflow[®] de Handysoft.

Además de cualquiera de las modalidades que se describieron previamente, los elementos 203-209 pueden residir en un servidor o en un conjunto de servidores tal como un servidor Web y pueden utilizar un modelo de proveedor de servicios de aplicación (“ASP”, por sus siglas en inglés) para proporcionar a los usuarios de las interfaces 209 el acceso a las alarmas y los reportes a través de una interfaz Web.

La figura 3 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para monitorear una red de agua de acuerdo con las modalidades de la presente invención. En la etapa 301, el sistema recibe los datos desde o sobre la red de agua, que incluyen los datos de red (por ejemplo, los datos de SCADA), los datos de GIS, los datos de operación, y los datos de acontecimiento externo del sistema de distribución de agua y de otras fuentes. El sistema es operativo para recibir otros tipos de datos de las mismas fuentes o de otras fuentes, y se puede modificar para procesar tales datos con el mismo método analítico. La etapa 301 se puede realizar, en una modalidad, mediante el elemento 100 en la figura 1, o más específicamente mediante el elemento 203 en la figura 2. Después, en la etapa 302 el sistema analiza los

datos recibidos al usar los modelos estadísticos y otros algoritmos que se describen en la presente. La etapa 302 se puede realizar, en una modalidad, mediante el elemento 100 en la figura 1, o más específicamente cualquier combinación de los elementos 204-208 en la figura 2. Finalmente, en la etapa 303, el sistema genera y exhibe el resultado que incluye los acontecimientos, alarmas, reportes, y gráficas. La etapa 303 se puede realizar, en una modalidad, mediante los elementos 106-112 en la figura 1, o más específicamente mediante los elementos 210-214 en la figura 2.

La figura 4 presenta un diagrama de flujo que ilustra en detalle adicional un método para monitorear una red de agua de acuerdo con las modalidades de la presente invención. En la etapa 401, el sistema recibe los datos de la red de agua bajo análisis; los datos incluyen la identificación y localizaciones geográficas de los medidores en la red. Después, en la etapa 402, el sistema selecciona por lo menos un medidor que se analizará. Después, en la etapa 403, el sistema predice una distribución probable de los valores con base en los datos recibidos en la etapa 401. Las modalidades para predecir una distribución probable de valores se discuten con respecto a la figura 5. Después, en la etapa 404, el sistema determina si existe una desviación estadísticamente significativa de valores después de comparar los valores previstos con los valores actuales. Las modalidades para determinar la importancia de las desviaciones

se discuten con respecto a la figura 2. Si no hay desviación de valores, o la desviación es insignificante, el sistema procede a la etapa 402 y selecciona otro objetivo que se analizará. Si, sin embargo, el sistema determina que la desviación de valores es significativa, el sistema procede a la etapa 405 y detecta una anomalía.

Después, en la etapa 406, el sistema clasifica el acontecimiento o las partes de acontecimiento. Después, en la etapa 406a, el sistema determina si el acontecimiento o el acontecimiento relacionado existen en la base de datos. Si el acontecimiento o el acontecimiento relacionado no existen en la base de datos, el sistema procede a la etapa 406b y crea un acontecimiento en la base de datos. Sin embargo, si el acontecimiento o un acontecimiento relacionado existen en la base de datos, el sistema actualiza el acontecimiento que se almacenó previamente en la base de datos en la etapa 406c. Para determinar si el acontecimiento detectado existe en la base de datos, el sistema compara el acontecimiento detectado con los acontecimientos activos que se almacenaron previamente en la base de datos. Un acontecimiento activo puede ser un acontecimiento que está todavía en curso, tal como una fuga que se detectó previamente, pero que aún no se ha reparado. En una modalidad, para determinar los acontecimientos que estando activos, el sistema determina si un acontecimiento, tal como una fuga, ha concluido. El sistema determina si un acontecimiento

detectado se relaciona con un acontecimiento previamente almacenado observando la semejanza de los tipos de acontecimiento, la hora del inicio del acontecimiento detectado y del acontecimiento previamente almacenado, del acontecimiento previamente almacenado que no ha terminado, la localización del acontecimiento detectado y del acontecimiento previamente almacenado, o cualquier otro campo de datos que pueda relacionar dos o más acontecimientos como detecciones alternas o parciales del mismo acontecimiento en un aspecto físico. En una modalidad, cuando el sistema actualiza el acontecimiento en la etapa 406c, el registro de acontecimiento permanece en la base de datos como el mismo acontecimiento, para modo que los usuarios que monitorean el acontecimiento previamente almacenado observen el acontecimiento detectado y su impacto sobre el estado del acontecimiento previamente almacenado. Después, en la etapa 407, el sistema proporciona el acontecimiento y los datos asociados a una interfaz u otro sistema capaz de reportar o almacenar los datos. En una modalidad, los datos asociados que se proporcionan con el acontecimiento son los datos asociados para detectar el acontecimiento. Por ejemplo, si el sistema detecta y clasifica una fuga, los datos asociados que se proporcionan a una interfaz de usuario, pueden ser un mapa que muestra la localización de la fuga, así como las gráficas que muestran la diferencia en el caudal en un cierto periodo de tiempo que provocó que el sistema

indique el acontecimiento.

En la etapa 408, el sistema selecciona el siguiente objetivo para monitorear, y el sistema continúa detectando las anomalías para otros medidores en la red.

5 La figura 5 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para la predicción de valores en la etapa 403 de la figura 4. El sistema en la figura 5 realiza una predicción al primero seleccionar las cualidades en la etapa 501. Las cualidades son, generalmente las series de datos, tal como los datos históricos de un medidor dado. Los datos históricos del medidor pueden incluir
10 una lectura de medidor y la fecha y la hora correspondientes para esa lectura de medidor. En una modalidad, las cualidades que se seleccionan son los datos históricos de medidor para un medidor correspondiente, o los medidores, con base en una correlación cercana de los datos históricos de medidor que se analizarán con
15 los datos históricos de medidor o de los medidores correspondientes seleccionados. La figura 6 discute una modalidad para determinar los medidores correspondientes con base en una correlación cercana con los datos históricos del
20 medidor que se analizará.

Después, en la etapa 502, el sistema puede determinar la combinación mejor adaptada de las cualidades seleccionadas de acuerdo con un error métrico, por ejemplo, al usar la regresión lineal y la métrica de la raíz del error cuadrático promedio
25 (RMSE, por sus siglas en inglés). La combinación mejor adaptada

produce una función de las cualidades seleccionadas que se aproxime al conjunto de datos que se pronosticará.

Después, en la etapa 503, el sistema predice la distribución de valor probable de las cualidades seleccionadas al aplicar la función que se obtuvo en la etapa 502 con los datos de las cualidades seleccionadas. El conjunto de datos resultante incluye una distribución de valor probable para el medidor. Después, el conjunto de datos resultante procede del pronosticador en el elemento 205 a un detector de anomalía correspondiente en el elemento 206 de la figura 2.

Generalmente, una predicción se puede generar al seleccionar varias cualidades tal como conjuntos de datos de medidor y combinándolos para producir una aproximación cercana del conjunto de datos para el cual se está generando una predicción. En una modalidad, la “selección de cualidad independiente”, la selección de la cualidad procede al seleccionar los conjuntos de datos N en donde cada uno tiene, individualmente, el mejor ajuste con el conjunto de datos bajo análisis. A modo de ejemplo, si el error métrico usado es la raíz del error cuadrático promedio (RMSE, por sus siglas en inglés), y las cualidades son las que se combinarán con afinidad, entonces los conjuntos de datos que se seleccionaron serán los conjuntos de datos en donde cada uno, individualmente, se aproxima mejor al conjunto de datos que se analiza, en términos de RMSE, bajo la transformación afín de mejor ajuste. Con este fin, el sistema

encuentra los parámetros de mejor ajuste para cada conjunto de datos individual (con respecto a la aproximación del conjunto de datos bajo análisis), y registra el error de aproximación que se alcanzó mediante cada conjunto de datos con los parámetros
5 óptimos; el sistema selecciona los conjuntos de datos con los errores más bajos (mejor ajuste). Como un experto en la técnica apreciará, se puede lograr el hallazgo de los parámetros de mejor ajuste mediante métodos bien conocidos, tal como la regresión linear.

10 En otra modalidad, la “selección exhaustiva de la cualidad”, la selección de la cualidad procede al seleccionar los conjuntos de datos N que minimizan el error de predicción al explorar todos los conjuntos de variables N posibles de los conjuntos de datos disponibles para la predicción. Para cada conjunto de variables N,
15 el sistema encuentra los parámetros de mejor ajuste (para aproximarse al conjunto de datos bajo análisis, con respecto a un error métrico específico tal como RMSE), registra el error de aproximación que se alcanzó, y selecciona el conjunto de variables N con el error más bajo (mejor ajuste).

20 En una modalidad, la “selección cada vez mayor de la cualidad”, la selección de la cualidad procede al seleccionar los conjuntos de datos N uno a la vez, tal que cada conjunto de datos adicional proporciona la reducción más grande del error de aproximación, al generar la combinación de mejor ajuste de los
25 conjuntos de datos ya seleccionados con el nuevo conjunto de

datos. En la etapa $K+1$, cuando los conjuntos de datos K se han seleccionado ya ($K < N$), el sistema determina el conjunto de datos $K+1$ para agregarse al encontrar los parámetros de mejor ajuste y registra el error de aproximación para todas las series de conjuntos de datos $K+1$ compuestos de los conjuntos de datos K ya seleccionados y uno de los otros conjuntos de datos disponibles para la predicción; el sistema selecciona el conjunto de datos adicional que alcanza el error más bajo (mejor ajuste).

La figura 7 proporciona un diagrama de flujo para una modalidad de la “selección cada vez mayor de la cualidad”. En la etapa 701, el sistema selecciona el primer conjunto de datos, o datos de medidor, para agregarse a las cualidades seleccionadas. El primer conjunto de datos se puede seleccionar con base en tener una alta correlación con los datos de medidor que son analizados. Después, en la etapa 702, el sistema determina si otra serie de datos se agrega al conjunto de datos al determinar si N , el número de conjuntos de datos en la combinación, es menor que K , el número predefinido de conjuntos de datos que el diseñador ha permitido que se combinen. Si no, el sistema procede a la etapa 708 y realiza el análisis. Si otra serie de datos se agregará al conjunto de datos, el sistema procede a la etapa 703 y selecciona una segunda serie de datos para agregarse al conjunto de datos. Después, en la etapa 704, el sistema encuentra los parámetros de mejor ajuste para todas las series de datos en el conjunto de datos, y después registra los errores de

aproximación para todas las series de datos en el conjunto de datos en la etapa 705. Después, en la etapa 706, el sistema determina si el conjunto de datos agregado alcanza el error más bajo al determinar el mejor ajuste. Si el conjunto de datos
5 agregado no alcanza el error más bajo, el sistema procede a la etapa 702. Sin embargo, si la segunda serie de datos alcanzó el error más bajo, el sistema procede a la etapa 707 y agrega la segunda serie de datos al conjunto de datos. El sistema entonces procede a la etapa 702.

10 Después de cada una de estas modalidades de la selección de calidad, la selección de parámetro entonces procede mediante cualquier método conocido para un experto en la técnica, tal como la regresión lineal, para generar la combinación afín de mejor ajuste de todos los conjuntos de datos
15 seleccionados, en términos del error métrico se utiliza (por ejemplo, RMSE). En una modalidad, varias diferentes regresiones o métodos de regresión se utilizan paralelamente, y el resultado es la combinación media o promedio o similar de los resultados individuales de la regresión.

20 Como un experto estará consciente, la “selección independiente de calidad” es la más rápida de manera computacional pero la menos exacta de estas modalidades, la “selección exhaustiva de calidad” es la más lenta de manera computacional pero la más exacta, y la “selección cada vez mayor
25 de la calidad” puede proporcionar un de nivel intermediario de

exactitud con la velocidad de cómputo intermedia.

Generalmente, los conjuntos de datos que están disponibles para el uso en la generación de predicciones incluyen todos o algunos conjuntos de datos de medidor que se reciben mediante el sistema, tal como todas las series de tiempo de las lecturas de medidor y las transformaciones de aquellos conjuntos de datos tal como los cambios de las series de tiempo de las lecturas de medidor. En una modalidad, los conjuntos de datos que están disponibles para la predicción (las cualidades de las cuales la selección de cualidad debe elegir los conjuntos N) son los conjuntos de datos para los medidores distintos del medidor bajo análisis, y ciertos cambios de tiempo del conjunto de datos para el medidor que se analiza y otros medidores. Los cambios de tiempo corresponden a los múltiplos de los períodos de ciclo esperados en los datos, tal como un día, una semana, y un año. A modo de ejemplo, los otros medidores cuyos conjuntos de datos se consideran como que pueden ser la serie completa de medidores disponibles, o la serie de medidores que miden la misma cantidad (por ejemplo, los medidores de flujo, si el medidor bajo análisis es un medidor de flujo), o solamente los medidores que se establecen remotamente desde el medidor bajo análisis, tal que un acontecimiento local que se registra mediante el medidor bajo análisis es poco probable que se propague hidráulicamente a través de la red a cualquiera de los medidores remotos.

En algunas modalidades, los datos de medidor que se usan pueden ser una versión procesada de los datos de medidor originales que se recibieron, y se pueden restringir adicionalmente en tiempo a partir de los datos históricos completos. Por ejemplo, los conjuntos de datos que se usan para el análisis anterior pueden ser los valores promedio de medidor que se calculan durante los períodos de seis horas consecutivas (un valor promedio para cada medidor durante cada 6 horas), que inicia 70 días antes del tiempo actual, y finaliza 7 días antes del tiempo actual. Esto podría, por ejemplo, eliminar cualquier efecto indeseado de desemejanza reciente entre los medidores, que se causó mediante un efecto en curso que se debe detectar; cualquier desemejanza irrelevante que pudo existir hace mucho tiempo (tal como durante otra temporada); y las diferencias pequeñas en el día.

La figura 6 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para la selección de los datos correspondientes para una predicción de medidor correspondiente. La figura 6 representa una subclase simple de los algoritmos de selección establecidos anteriormente, en los cuales un solo conjunto de datos de un medidor separado se selecciona como el conjunto de datos correspondiente. Esto hace uso de la observación de que los medidores remotos no se pueden afectar generalmente por los mismos acontecimientos locales, tal como una fuga en la dirección descendente de uno de los medidores, pero se pueden

afectar semejantemente por el consumo global o acontecimiento de la red (tal como un día caluroso o un acontecimiento deportivo), así se previene muchas falsas alarmas potenciales. En la etapa 601, el sistema selecciona un primer conjunto de datos que incluye los datos históricos de un medidor. Los datos históricos incluyen los valores de presión y flujo y el tiempo que se asocia con las lecturas de la presión y flujo. Después, en la etapa 602, el sistema selecciona un segundo conjunto de datos, el segundo conjunto de datos incluye los datos históricos de un medidor. En una modalidad el segundo conjunto de datos es los datos históricos de un dispositivo de la red físicamente diferente y conectado hidráulicamente de manera no fuerte con el dispositivo de la red que se representa mediante el primer conjunto de datos. Por ejemplo, el primer conjunto de datos se asocia con un medidor ubicado en Manhattan, y el segundo conjunto de datos se asocia con un medidor ubicado en Queens. Las localizaciones elegidas pueden estar muy alejadas o de otra manera suficientemente remotas del medidor que se analiza tal que los conjuntos de datos no están conectados hidráulicamente, y por lo tanto no se afectan por la misma anomalía o acontecimiento, por ejemplo, su flujo de agua no se afecta por las mismas fugas, los cambios de la calidad de agua en uno no afectaría al otro, y similares. Sin embargo, aunque el segundo conjunto de datos no se afecte por el mismo acontecimiento hidráulico local, ambos conjuntos de datos se pueden aún afectar

por el mismo acontecimiento regional o global, tal como un día caluroso, o acontecimiento deportivo en toda la ciudad. En otra modalidad, el segundo conjunto de datos es un conjunto de datos de un diferente periodo de tiempo del mismo medidor que se
5 representa por el primer conjunto de datos. Por ejemplo, el primer conjunto de datos es del medidor 1, y el segundo conjunto de datos es también del medidor 1 pero representa los datos de tres días anteriores.

Después, en la etapa 603 el sistema compara los datos
10 históricos del primer conjunto de datos con los datos históricos del segundo conjunto de datos para determinar si existe una correlación cercana entre los dos medidores. Una correlación se puede determinar de acuerdo con las técnicas estándar de correlación que se conocen en la técnica. Algunas técnicas
15 existentes de correlación que se conocen en la técnica se describen en Miles, Jeremy y Shevlin, Mark, Applying Regression and Correlation: A Guide for Students and Researchers, Sage Publications Ltd. (2000), ISBN 0761962301. Una correlación se puede considerar estrecha si el valor de correlación excede un
20 umbral predeterminado, en este caso el sistema procede a la etapa 604. Por ejemplo, si el error métrico de correlación que se usa es R-cuadrático (también se llama coeficiente de determinación), que oscila de 0 a 1, entonces el sistema puede reconocer los medidores como medidores correspondientes si el
25 R-cuadrático está sobre un valor predefinido tal como 0. En la

etapa 604, el sistema determina si otro conjunto de datos correspondiente se puede requerir. En una modalidad, otro conjunto de datos correspondiente se puede requerir para facilitar una detección más exacta de la anomalía, y el sistema procede a la etapa 602. Si ningún conjunto de datos correspondiente se requiere, el sistema realiza el análisis en la etapa 605, y según lo discutido con respecto a la figura 5.

Sin embargo, volviendo a la etapa 603, y en otro ejemplo, si el valor de correlación es más bajo que el umbral, el sistema puede reconocer que los conjuntos de datos no se correlacionan estrechamente, en este caso el sistema procede a la etapa 602 y se selecciona otro conjunto de datos.

En algunas modalidades, los datos que se usan adicionalmente un pronosticador pueden incluir otras formas de datos disponibles para el motor de análisis de red, tal como los datos de operación y los datos externos, que se describieron anteriormente. Tales datos se pueden utilizar, por ejemplo, para restringir, mejorar, o categorizar adicionalmente los datos de medidor. A modo de ilustración, un pronosticador puede utilizar tales datos para solamente los datos de los días feriados anteriores (días laborables no regulares) para predecir los valores para un día feriado actual, o anular los efectos del tiempo fuera de temporada, los acontecimientos conocidos de la red, o los cambios temporales de la red.

La figura 8 presenta un diagrama de flujo que ilustra un

método para detectar y registrar un acontecimiento de fuga de agua. En la etapa 801, el sistema obtiene los datos procesados previamente del sistema de distribución de agua. Después, en la etapa 802, el sistema realiza el número N de predicciones estadísticas de acuerdo con número N de modelos de predicción estadística. Después, en la etapa 803, y para cada pronosticador, el sistema compara los datos de predicción con los datos reales para determinar si existe una desviación estadísticamente significativa. Si no existe una desviación estadísticamente significativa para el pronosticador particular, el sistema procede a la etapa 807 y no se produce ningún acontecimiento. En la etapa 807, el sistema procede a la etapa 808 para seleccionar otro conjunto de datos de medidor de la red de agua para el análisis. Sin embargo, en la etapa 803, si una desviación estadísticamente significativa existe para el pronosticador particular, el sistema procede a la etapa 804 y detecta una anomalía.

Después, en la etapa 805, la anomalía se puede clasificar como un acontecimiento de acuerdo con la discusión de los ejemplos que se proporcionaron con respecto a la figura 4. Por ejemplo, si el sistema, de acuerdo con diferentes modelos de pronosticador, reporta una anomalía de un aumento continuo estadísticamente significativo del flujo y una anomalía de una reducción a corto plazo estadísticamente significativa de la presión (seguida por una corrección de la presión), las anomalías se clasifican en la etapa 805 como el principio de un

acontecimiento de fuga. En un punto posterior de tiempo, si el sistema detecta una anomalía correspondiente de la disminución de flujo de magnitud similar, la anomalía se clasifica como el final de ese acontecimiento de fuga. Otro método para clasificar las desviaciones en la etapa 805, es el uso de datos externos para confirmar o refutar las anomalías detectadas en la etapa 804. Por ejemplo, si el día en el que ocurrió el análisis fue un día feriado, en el cual, por ejemplo, los patrones residenciales del uso de agua pueden cambiar significativamente, entonces las desviaciones estadísticas grandes de los datos previstos pueden aumentar el umbral estadístico necesario para identificar un acontecimiento de fuga. En otro ejemplo, un acontecimiento deportivo puede producir un consumo mayor en un área de la red, y el sistema se puede equipar para utilizar esta información como datos externos para confirmar o refutar la existencia de un acontecimiento.

En otras modalidades, el sistema puede refutar una anomalía detectada al aplicar las limitaciones adicionales en los datos que producen la anomalía. Por ejemplo, el sistema, o los operadores de la red, pueden decidir proporcionar las alarmas que corresponden solamente a las fugas que superan un cierto umbral de magnitud, que tiene una desviación de los valores previstos que perdura durante más de un periodo de tiempo especificado, o que ocurre durante cierta frecuencia durante un periodo de tiempo. La sensibilidad del sistema para detectar los

fugas puede depender por lo menos en parte del umbral de magnitud que se determina mediante el usuario, o de tener una fuga que perdura durante por lo menos un periodo de tiempo especificado.

5 Después, en la etapa 806, el sistema registra un acontecimiento tal como una fuga y además proporciona las características de una fuga detectada. Las características pueden incluir la magnitud de la fuga, la tendencia o velocidad de incremento de la fuga y la cantidad total de agua que se escapó
10 hasta ahora. La alarma de fuga y las características de la fuga se pueden almacenar en un elemento similar a la base de datos 208 en la figura 2, y se puede también reproducir en cualquiera de los resultados 210-214 de la figura 2. Después de registrar un acontecimiento en la etapa 806, el sistema procede a la etapa
15 808 para seleccionar otro conjunto de datos de medidor de la red para el análisis.

La figura 9 presenta un diagrama de flujo que ilustra un método para detectar una anomalía de medidor averiado. En la etapa 901, el sistema selecciona un conjunto de datos que se
20 analizará. Los elementos 902 y 905-909 representan varios pronosticadores y los detectores de anomalía para determinar la importancia estadística de cualquier desviación de valores actuales y previstos. Un experto en la técnica apreciará que cada elemento 902 y 905-909 o cualquier combinación de los
25 elementos se pueda utilizar para determinar los valores probables

y para publicar una anomalía. Además, el sistema puede proceder mediante la ejecución de manera concurrente de cualquier combinación de los elementos, o secuencialmente en cualquier orden.

5 Al proceder con la modalidad que se ilustra mediante el diagrama de flujo en la figura 9, el pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 902, determinan independientemente si hay una desviación estadísticamente significativa del valor transmitido, más allá de
10 qué se puede explicar mediante un acontecimiento verdadero de la red, tal como una fuga.

 El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante los elementos 903-905, determinan independientemente si existe una desviación de cambio de tiempo
15 estadísticamente significativa cuando el primer conjunto de datos se correlaciona con un segundo conjunto de datos. El pronosticador y los detectores de anomalía proceden a seleccionar un conjunto de datos de referencia o múltiples conjuntos en la etapa 903, y después correlacionar el primer
20 conjunto de datos con el conjunto de datos de referencia en la etapa 904. El conjunto de datos de referencia puede incluir uno o más medidores que tengan generalmente los valores en correlación cercana con el medidor bajo análisis. El sistema procede después a la etapa 905 para determinar si el medidor
25 exhibe un cambio de tiempo estadísticamente significativo al

buscar el cambio de tiempo que produce la mejor correlación. Si el medidor exhibe el cambio de tiempo (es decir, si el mejor cambio de tiempo es significativamente diferente de 0), el sistema procede a la etapa 910 y reporta un acontecimiento de medidor averiado.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan por el elemento 906 determinan si un valor fijo se transmitió. El sistema determina si un valor fijo, o los datos que no cambiaron en un cierto periodo de tiempo, se transmitieron en la etapa 904. Si el medidor transmitió un valor fijo, valor casi fijo, o un valor frecuentemente fijo, durante un periodo de tiempo anormalmente largo, el sistema procede a la etapa 910 y reporta un acontecimiento de medidor averiado.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan por el elemento 907 determinan sí o no la variabilidad a corto plazo es demasiado alta o demasiado baja. Si la variabilidad a corto plazo es demasiado alta o demasiado baja, el sistema procede a la etapa 909 y reporta una alarma de medidor averiado.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 908, determinan sí o no hay una desviación estadísticamente significativa de la cantidad de datos generalmente transmitidos. Si considerablemente menos o más datos generalmente se transmitieron, entonces el sistema produce una anomalía. Por ejemplo si ningún valor se transmitió

mediante el medido durante tres días, el sistema produce una anomalía. Sin embargo, sin la desviación entre la cantidad de datos prevista para se transmita y los datos actuales transmitidos, no es estadísticamente significativa, no se produce
5 ninguna anomalía.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 909, determinan sí o no los valores no están apoyados mediante otros medidores de la red. Por ejemplo, la conservación del volumen puede indicar que la
10 lectura en un primer medidor de flujo debe ser mayor que la lectura en un segundo medidor de flujo en la dirección descendente del mismo, o que la suma de varias otras lecturas de medidor. Si se encuentran tales valores “imposibles”, el sistema procede a la etapa 910 y reporta un acontecimiento de medidor
15 averiado.

Después de proporcionar un acontecimiento en la etapa 910, el sistema selecciona el siguiente objetivo que se analizará en la etapa 91 1 y continúa analizando la red para determinar otros medidores averiados.

20 La figura 10 ilustra un diagrama de flujo que representa una modalidad para proporcionar una anomalía inesperada del consumo o hurto. Los elementos 1003-1005 representan varios pronosticadores y detectores de anomalía para determinar la importancia estadística de cualquier desviación de valores
25 actuales y previstos. Un experto en la técnica apreciará que cada

combinación de elementos 1003-1005 o cualquiera de los elementos se pueda utilizar para determinar los valores probables y para reportar una anomalía. Además, el sistema puede proceder a ejecutar cualquier combinación de los elementos de manera concurrente, o secuencial en cualquier orden.

En la etapa 1001 el sistema selecciona un medidor de una red de agua para analizar un consumo de agua o un hurto de agua inesperados. En otra modalidad, el sistema selecciona una sección de una red de agua, o una red de agua completa para analizar un consumo de agua o un hurto de agua inesperados. Después, en la etapa 1002, si el sistema detecta un aumento en el flujo del medidor seleccionado o de la sección de red, el sistema procede a categorizar adicionalmente la anomalía, que se representa mediante los elementos 1003-1005. En una modalidad, el sistema puede detectar un aumento del flujo con respecto a los datos históricos de medidor y aplicar el análisis estadístico que se describió con respecto a la figura 2. En otra modalidad el sistema puede detectar un aumento en el flujo al analizar los datos en tiempo real del medidor.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1003 determinan sí o no hay una coincidencia estadísticamente significativa del aumento del flujo con la estructura de consumo. En la etapa 1003, el sistema puede analizar el aumento actual del flujo con un patrón de consumo previamente almacenado. El patrón de consumo

previamente almacenado puede incluir los datos de medidor o de la red del año anterior, o cualquier otro periodo de tiempo para facilitar el análisis para determinar un patrón de consumo. Si el aumento del flujo coincide con el patrón de consumo, el sistema
5 procede a la etapa 1006 para determinar si el acontecimiento se puede explicar mediante otro factor.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1004, determinan sí o no hay un aumento recurrente estadísticamente significativo del flujo con
10 respecto a las horas similares. Por ejemplo, el sistema analiza los datos históricos para el medidor o sistema para determinar la periodicidad del patrón de consumo. Si existe un aumento recurrente del flujo, y éste no ocurrió adicionalmente en el pasado, el sistema procede a la etapa 1006 para determinar si el
15 acontecimiento se puede explicar mediante otro factor.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1005, determinan sí o no hay un flujo recurrente estadísticamente significativo que tiene cada vez una magnitud similar. En una modalidad, el sistema compara
20 los períodos de flujo aumentado con otros datos históricos de flujo del medidor o de la red para determinar un aumento casi constante de la magnitud de flujo durante los períodos recurrentes. Si el sistema detecta magnitudes similares cada vez, y esto no ocurrió adicionalmente en el pasado, el sistema procede
25 a la etapa 1006 para determinar si el acontecimiento se puede

explicar mediante otro factor.

En la etapa 1006 el sistema determina si un acontecimiento detectado se puede refutar mediante datos externos o de operación. En un ejemplo, el sistema analiza los datos de operación para determinar si había una entrada autorizada al sitio bajo análisis. En otro ejemplo, el sistema refuta un acontecimiento detectado si un aumento flujo en un medidor y una disminución correspondiente del flujo de magnitud similar en otro medidor para la misma región indica un cambio de flujo, pero no un cambio en el consumo total en esa región. Si el sistema no refuta el acontecimiento detectado en la etapa 1006, el sistema proporciona un acontecimiento inesperado o desautorizado del consumo o hurto en la etapa 1007. Sin embargo, si el sistema refuta el acontecimiento, el sistema procede a la etapa 1008. Después, en la etapa 1008, el sistema selecciona el siguiente objetivo que se analizará y continúa analizando la red para otros acontecimientos inesperados o desautorizados del consumo o hurto.

La figura 11 ilustra un diagrama de flujo que representa una modalidad para proporcionar una alarma de anomalía de la calidad del agua. En la etapa 1101, el sistema selecciona un conjunto de datos del primer sitio que se analizarán. Los elementos 1103, 1104, y 1106 representan varios pronosticadores y detectores de anomalía para determinar la importancia estadística de cualquier desviación de valores actuales y

previstos. Un experto en la técnica apreciará que cada elemento 1103, 1104, y 1106 o cualesquiera combinaciones de elementos se pueda utilizar para determinar los valores probables y para reportar una anomalía. Además, el sistema puede proceder a
5 ejecutar cualquier combinación de los elementos de manera concurrente, o secuencial en cualquier orden.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1103, determinan sí o no hay un cambio estadísticamente significativo en el contenido de cloro, turbiedad, o pH en por lo menos dos sitios que se seleccionaron
10 en la etapa 1102, el cambio es superior a un umbral predefinido que se establece mediante los encargados de la red de agua. El sistema puede seleccionar por lo menos dos o más sitios cercanos en la etapa 1102. El número de sitios que se
15 seleccionan puede ayudar adicionalmente a que el sistema pronostique más exactamente una anomalía de la calidad del agua. Si el sistema detecta un cambio en la etapa 1103, el sistema procede a la etapa 1105 para decidir si se debe reportar el acontecimiento.

20 El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1104, determinan sí o no hay un aumento estadísticamente significativo de la turbiedad en el medidor seleccionado del sitio seleccionado, y si es así el sistema procede a la etapa 1105 para decidir si se debe reportar
25 el acontecimiento.

El pronosticador y los detectores de anomalía que se representan mediante el elemento 1106, determinan sí o no hay una disminución estadísticamente significativa del contenido de cloro en el mismo sitio. Si existe una disminución del contenido de cloro en el sitio, el sistema procede a la etapa 1105 para decidir a si se debe reportar el acontecimiento.

En la etapa 1105, el sistema recibe los acontecimientos de los elementos 1103, 1104, y 1106 y determina si se deben reportar los acontecimientos, o se descalifican. Una razón para descalificar un acontecimiento es si existe una disminución de presión estadísticamente significativa, aumento de flujo, o un ingreso autorizado al sitio que se seleccionó en la etapa 1101. En una modalidad, un ingreso autorizado al sitio puede incluir una reparación al sitio mediante un equipo de construcción, que puede dar lugar a un aumento temporal de la turbiedad en el medidor seleccionado. Una disminución de presión a corto plazo significativa, por ejemplo, puede indicar un acontecimiento de fuga o una intervención en la red, que se debe considerar como la causa original de lo que parece de otra manera ser una anomalía de la calidad. Sin embargo, debido a que una reparación puede ser relativamente breve, el sistema puede no desear proporcionar una alarma de anomalía debido a una reparación temporal, y el sistema procede a la etapa 1108 para seleccionar otro conjunto de datos que se analizará. Si el sistema no detecta una disminución de presión, aumento de flujo, o ingreso autorizado al

sitio, el sistema procede a la etapa 1107 y proporciona un acontecimiento de calidad de agua. Después de proporcionar un acontecimiento en la etapa 1107, el sistema selecciona el siguiente objetivo que se analizará en la etapa 1108 y continúa
5 analizando la red para otros acontecimientos de calidad del agua. Un experto en la técnica apreciará que otras modalidades pueden procesar similarmente otros parámetros e indicadores de la calidad del agua, al considerar los acontecimientos y las actividades de la red que pueden afectar temporalmente a esos
10 otros parámetros.

La figura 12 ilustra una captura de pantalla de la interfaz de usuario ("UI", por sus siglas en inglés) que se genera mediante la interfaz de seguimiento de acontecimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención. La figura 12 exhibe los
15 acontecimientos detectados y su información asociada con un usuario. El usuario puede, por ejemplo, ser un trabajador en una red de abastecimiento de agua que se encarga del monitoreo de la red de agua bajo análisis. La figura 12 incluye la captura de pantalla de UI 1201 que incluye las secciones para el estado de
20 actualización 1202, el panel de la lista de acontecimientos 1203, la gráfica 1204, la información de acontecimiento 1205, la gráfica 1206, y el mapa 1207.

En una modalidad, la UI 1201 es una página Web visible para un usuario sobre una red o en Internet. Además, el estado
25 de actualización 1202 informa al usuario la última fecha y hora en

las que el sistema monitoreó la red de agua para detectar las anomalías. El panel de lista de acontecimientos 1203 proporciona al usuario un listado de acontecimientos previamente detectados, fechas, horas, de localizaciones, y el estado de los

5 acontecimientos. Además de la modalidad, el panel de lista de acontecimientos 1203 permite adicionalmente que una persona que observa la interfaz de usuario 1201 seleccione un acontecimiento en el panel de lista de acontecimientos 1203. La información detallada que se asocia con el acontecimiento

10 seleccionado se reproduce como la información de acontecimiento 1205, las gráficas 1204 y 1206, y el mapa 1207. La información de acontecimiento 1205 incluye, por ejemplo, una hora del inicio de la anomalía, una hora del final de la anomalía, una magnitud de la anomalía, una pérdida de agua total que se asocia con la

15 anomalía, y cualquier comentario que se suministra mediante los usuarios del sistema. Los comentarios que se suministran mediante los usuarios o el sistema pueden también proporcionar enlaces de hipertexto a otros acontecimientos almacenados mediante el sistema. Las gráficas 1204 y 1206 incluyen la

20 información detallada con respecto al acontecimiento seleccionado por el usuario tal como una comparación visual del flujo de agua actual y previsto (rutinario) en un medidor relevante. Además, la interfaz de usuario 1201 utiliza los datos de GIS que se asocian con el acontecimiento seleccionado para

25 mostrar la localización del acontecimiento en el mapa 1207. En

una modalidad, el acontecimiento se asocia con un medidor específico, y la localización del medidor se produce en el mapa 1207. Se puede también permitir que el mapa de acontecimiento 1207 exhiba un área de la red que se afecta mediante el
5 acontecimiento detectado, o un área calculada dentro de la cual es estadísticamente probable que se encuentre la localización exacta del acontecimiento.

La base de datos 208 o incluso el motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207 de la figura 2 puede contener
10 una aplicación interactiva de software que asocia los datos de medidor, alarmas, reportes, análisis estadístico y un mapa de la red de agua con una interfaz de usuario para permitir que un usuario del sistema discierna fácilmente la localización del fuga de agua o de otro acontecimiento. Una interfaz de usuario se
15 puede incluir en la base de datos 208, y presentarse a cualquier número de interfaces que se representan mediante el elemento 209. En otra modalidad, el motor de decisión y clasificación de acontecimiento 207 es operativo para enviar la información directamente a los elementos 210, 211, 212, 213, 214.

20 La figura 13 ilustra una captura de pantalla de UI que se genera mediante la interfaz de seguimiento de acontecimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención. La pantalla en la figura 13 exhibe los acontecimientos detectados y su información asociada con un usuario. El usuario puede, por
25 ejemplo, ser un trabajador en una red de abastecimiento de agua

que se encarga del monitoreo de la red de agua bajo análisis. La figura 13 abarca la UI 1301 que incluye el panel de lista de acontecimientos 1302, las gráficas 1303 y 1304, el mapa 1305, y la información de acontecimiento 1306.

5 En una modalidad, la UI 1301 es una página Web visible para un usuario sobre una red o Internet. Además, el panel de lista de acontecimientos 1302 proporciona al usuario un listado de acontecimientos previamente detectados, fechas, horas, localizaciones del medidor, y estado de los acontecimientos.

10 Además de la modalidad, el panel de lista de acontecimientos 1302 además permite que la persona que observa la UI 1301 seleccione un acontecimiento en el panel de lista de acontecimientos 1302. La información detallada que se asocia al acontecimiento seleccionado se reproduce como información de

15 acontecimiento 1306, las gráficas 1303 y 1304, y el mapa 1305. La interfaz de usuario 1301 utiliza los datos de GIS que se asocian con el acontecimiento seleccionado para mostrar la localización o la localización aproximada del acontecimiento en el mapa 1305. En una modalidad, el mapa 1305 es operativo para

20 exhibir la localización de los múltiples medidores que registran un acontecimiento.

 La figura 14 ilustra una captura de pantalla de otra UI que se genera mediante la interfaz de seguimiento de acontecimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención. La

25 pantalla en la figura 14 exhibe los datos que se asocian con un

acontecimiento detectado o con un medidor seleccionado o con la región de la red. El usuario puede, por ejemplo, ser un trabajador en una red de abastecimiento de agua que se encarga del monitoreo de la red de agua bajo análisis, y más específicamente la figura 14 representa un módulo gráfico que representa los datos que se recolectaron mediante el sistema, y que permite que el usuario además explore, modifique, y cambie las gráficas que se proporcionan mediante el sistema para cada acontecimiento, o explore independiente los datos a través de varias visualizaciones y que use algunas de las capacidades de procesamiento previo del sistema. La figura 14 incluye la UI 1401, el panel de control de lista y gráfica de medidores 1402, la gráfica 1403, y el estado de actualización 1404. En una modalidad, la UI 1401 es una página Web visible para un usuario sobre una red o Internet. El usuario de la UI 1401 puede seleccionar uno o más medidores y una variedad de tipos de gráficas del panel de control de lista y gráfica de medidores 1402. Los datos que se asocian con los medidores seleccionados se pueden producir en la gráfica 1403. Los datos que se producen en la gráfica 1403 pueden ser cualquier información que se obtenga mediante el sistema. El estado de actualización 1402 informa al usuario la fecha y hora anteriores en las que el sistema monitoreó la red de agua para detectar las anomalías.

La figura 15 ilustra una captura de pantalla de la UI que se genera mediante la interfaz de reporte de acuerdo con una

modalidad de la presente invención. La pantalla en la figura 15 exhibe una descripción agregada de los acontecimientos detectados y de su información asociada con un usuario. El usuario puede, por ejemplo, ser un trabajador en una red de abastecimiento de agua que se encarga del monitoreo de la red de agua bajo análisis. La figura 15 incluye la UI 1501, el panel de selección de descripción 1502, los paneles de conteo de acontecimiento 1503 y 1504, el mapa 1505, y las gráficas 1506.

En una modalidad, la UI 1501 es una página Web visible para un usuario sobre una red o Internet. Además, el panel de descripción 1502 proporciona al usuario las opciones para exhibir un conjunto de acontecimientos durante un periodo de tiempo seleccionado. El usuario puede elegir la exhibición de los acontecimientos con base en los valores de medidor, acontecimientos, fechas, y estado de los acontecimientos. La información detallada que se asocia con la selección del usuario en el panel de selección de descripción 1502 se reproduce como paneles de conteo de acontecimiento 1503 y 1504, el mapa 1505, y las gráficas 1506. El panel de selección de descripción 1502 permite que el usuario clasifique y filtre los acontecimientos mediante sus varios campos y características, por ejemplo, para observar solamente los acontecimientos recientes y sin resolver, los acontecimientos que se clasifican por el tipo, y para actualizar los estados del acontecimiento y otras características del flujo de trabajo. Esto es de acuerdo con los estándares industriales de

software, que se conocen bien por el experto.

Los paneles de conteo de acontecimiento 1504 y 1505 exhiben el número de acontecimientos, tipos de acontecimiento, y localizaciones de acuerdo con un periodo de tiempo. En una

5 modalidad, los paneles de conteo de acontecimiento 1504 y 1505 exhiben los acontecimientos que corresponden a diferentes periodos de tiempo, que permiten que un usuario compare y distinga el comportamiento de la red en un cierto periodo de tiempo. El mapa 1505 exhibe la localización y la otra información

10 de los acontecimientos que ocurren o que han ocurrido previamente en un área. En una modalidad, el mapa representa los acontecimientos y destaca las áreas con múltiples acontecimientos: las localizaciones con pocos acontecimientos se pueden tener un color verde, mientras que las localizaciones con

15 muchos acontecimientos pueden tener un color rojo. Las gráficas 1506 operan para exhibir la evolución del número y tipos de acontecimientos durante un periodo de tiempo. En una modalidad, las gráficas 1506 representan los tipos y los números de acontecimientos que ocurren durante dos meses consecutivos,

20 por ejemplo, para permitir que el usuario compare y analice las tendencias recientes. Un experto en la técnica apreciará que cualquier información recolectada mediante el sistema se puede reproducir en la gráfica 1506 para mejorar la ayuda para un usuario que se encarga del monitoreo de la red de distribución de

25 agua.

Las figuras 1 a 15 son ilustraciones conceptuales que permiten una explicación de la presente invención. Se debe entender que varios aspectos de las modalidades de la presente invención se podrían implementar en hardware, firmware, software, o combinaciones de los mismos. En tales modalidades, 5 varios componentes y/o etapas se implementarían en hardware, firmware, y/o software para realizar las funciones de la presente invención. Es decir, la misma pieza de hardware, firmware, o módulo de software podría realizar uno o más de los bloques 10 ilustrados (por ejemplo, los componentes o las etapas).

También se debe entender que la invención se aplica no sólo a las redes de abastecimiento de agua, sino a cualquier tipo de sistema de distribución. Otros tipos de sistemas de distribución pueden ser: aceite, aguas residuales o aguas negras, 15 gas, electricidad, telefonía, u otros sistemas de distribución de energía que implican los recursos fluidos o que fluyen desde de un área a los consumidores. De hecho, la invención se puede aplicar a cualquier sistema de distribución o serie que tiene medidores o sensores en las localizaciones arbitrarias en los 20 parámetros de medición de distribución de la red tal como flujo, presión, calidad o el flujo de datos en sí.

En las implementaciones de software, el software de computadora (por ejemplo, los programas u otras instrucciones) y/o los datos se almacenan en un medio legible mediante máquina 25 como parte de un producto de programa de computadora, y se

cargan en el sistema de computadora o en otro dispositivo o máquina a través de una unidad de almacenamiento desprendible, disco duro, o interfaz de comunicaciones. Los programas de computadora (también se llaman lógica de control de computadora o código de programa legible por computadora) se almacenan en una memoria principal y/o secundaria, y se ejecutan mediante uno o más procesadores (controladores, o similares) para hacer que uno o más procesadores realicen las funciones de la invención según lo que se describió en la presente. En este documento, los términos “medio legible mediante máquina”, “medio de programa de computadora” y “medio usable en computadora” se utilizan para referirse generalmente a medios tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés); memoria de sólo lectura (ROM, por sus siglas en inglés); unidad de almacenamiento desprendible (por ejemplo, un disco magnético u óptico, dispositivo de memoria Flash, o similares); un disco duro; o similares.

Notablemente, las figuras y los ejemplos anteriores no pretenden limitar el alcance de la presente invención a una sola modalidad, puesto que otras modalidades son posibles mediante el intercambio de alguno o todos los elementos que se describieron o ilustraron. Por otra parte, donde ciertos elementos de la presente invención se pueden implementar parcial o completamente al usar los componentes conocidos, solamente se describen esas porciones de tales componentes sabidos que son

necesarias para la comprensión de la presente invención, y las descripciones detalladas de otras porciones de tales componentes conocidos se omiten para no hacer confusa a la invención. En la presente especificación, una modalidad que muestra un
5 componente singular no se debe limitar necesariamente a otras modalidades que incluyen una pluralidad del mismo componente, y viceversa, a menos que se indique explícitamente lo contrario en la presente. Además, la presente invención comprende los equivalentes conocidos presentes y futuros para los componentes
10 conocidos referidos en la presente mediante ilustración.

La descripción anterior de las modalidades específicas revela muy detalladamente la naturaleza general de la invención, en la forma en la cual otras descripciones no pueden hacerlo, mediante la aplicación del conocimiento dentro de la habilidad de
15 la técnica relevante (que incluye el contenido de los documentos que se citan e incorporan mediante referencia en la presente), para modificar y/o adaptar fácilmente varias aplicaciones tales modalidades específicas, sin la experimentación indebida, sin apartarse del concepto general de la presente invención. Tales
20 adaptaciones y modificaciones, por lo tanto, se piensan para estar dentro del significado y gama de los equivalentes de las modalidades descritas, con base en la enseñanza y pautas que se presentan en la presente.

Aunque varias modalidades de la presente invención se han
25 descrito anteriormente, se debe entender que se han presentado

a modo de ejemplo, y no de limitación. Sería evidente para un experto en la técnica relevante que varios cambios en forma y detalle se podrían realizar en la presente sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por lo tanto, la presente
5 invención no se debe limitar mediante ninguna de las modalidades ejemplares descritas anteriormente, pero se debe definir solamente de acuerdo con las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método computarizado para monitorear una red de abastecimiento de agua, la red de abastecimiento de agua comprende por lo menos una red de tuberías para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan dentro de la red de abastecimiento de agua, el método comprende:

recibir los datos de medidor, los datos de medidor representan una pluralidad de parámetros que se miden mediante los medidores, los parámetros incluyen por lo menos el flujo o presión del agua a través de las tuberías;

recibir los datos secundarios de uno o más fuentes externas a los medidores, los datos secundarios representan una o más condiciones que afectan al flujo o consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua;

analizar los datos de medidor al predecir estadísticamente los datos de medidor para un primer medidor con base en los segundos datos de medidor de la red de abastecimiento de agua y los datos secundarios, en donde los segundos datos de medidor comprenden los datos de medidor distintos de los primeros datos de medidor recibidos, y al comparar los primeros datos de medidor recibidos con los datos de medidor previstos para que el primer medidor identifique uno o más acontecimientos de la red de abastecimiento de agua que comprenden por lo menos uno o más acontecimientos de fuga al detectar una anomalía si los

primeros datos de medidor recibidos se desvían de los datos de medidor previstos para el primer medidor mediante una desviación estadística; y

reportar uno o más acontecimientos de red de agua a un usuario a través de una interfaz de usuario.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende almacenar los acontecimientos de la red de agua en una base de datos.

3. El método de la reivindicación 1, en donde la recepción de datos de medidor comprende la recepción de los datos de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés).

4. El método de la reivindicación 1, que comprende clasificar la anomalía como un acontecimiento de fuga.

5. El método de la reivindicación 1, en donde la detección de la anomalía comprende la determinación de si una duración de la anomalía excede un umbral predefinido.

6. El método de la reivindicación 1, en donde la detección de la anomalía determina si una frecuencia de la anomalía dentro de un periodo de tiempo predefinido excede un umbral predefinido.

7. El método de la reivindicación 1, en donde predecir estadísticamente los datos de medidor para el primer medidor con base en los segundos datos de medidor de la red de abastecimiento de agua, comprende la selección de uno o más

segundos medidores como uno o más medidores correspondientes y correlacionar los datos de medidor que se reciben desde el primer medidor con los datos de medidor que se recibieron desde uno o más medidores correspondientes.

5 8. El método de la reivindicación 7, en donde la selección de uno o más segundos medidores como uno o más medidores correspondientes, comprende: correlacionar los datos históricos de medidor para uno o más segundos medidores con los datos históricos de medidor para el primer medidor; y seleccionar uno o
10 más segundos medidores para los cuales una existe una correlación con el primer medidor.

 9. El método de la reivindicación 7, en donde la selección de uno o más segundos medidores como uno o más medidores correspondientes, comprende la identificación de uno o más
15 segundos medidores dentro de la red de abastecimiento de agua que se colocan dentro de la red de abastecimiento de agua como sin afectar debido a las anomalías que afectan al primer medidor.

 10. El método de la reivindicación 1, en donde predecir estadísticamente los datos de medidor para el primer medidor con
20 base en los segundos datos de medidor de la red de abastecimiento de agua, comprende correlacionar los datos de medidor que se reciben del primer medidor con por lo menos los datos históricos de medidor almacenados para el primer medidor.

 11. El método de la reivindicación 1, en donde predecir
25 estadísticamente los datos de medidor para el primer medidor

comprende el cálculo de una distribución estadística de los valores probables para el primer medidor.

12. El método de la reivindicación 2, en donde la recepción de los datos de medidor comprende la recepción durante un periodo de tiempo de los datos de la calidad de agua que representan la turbiedad, cloro y pH del agua que se proporciona sobre la red, y en donde la identificación de uno o más acontecimientos de la red comprende la detección de un cambio en los datos de la calidad de agua durante un periodo de tiempo superior a un umbral.

13. El método de la reivindicación 1, en donde la recepción de datos secundarios comprende la recepción de por lo menos de uno de:

los datos climáticos que representan las condiciones climáticas en la región de la red de abastecimiento de agua;

los datos de calendario que representan uno o más factores que afectan el consumo de agua en una fecha determinada;

los datos de reparación que representan una o más reparaciones que se realizan en la red de abastecimiento de agua; y

los datos estructurales que representan una estructura de la red de abastecimiento de agua.

14. El método de la reivindicación 20, en donde uno o más acontecimientos informativos comprenden por lo menos uno de: un aumento inesperado en el patrón de consumo, un cambio en el

patrón de consumo, un hurto de agua, un traspaso del límite zonal, una avería del medidor de la compañía de abastecimiento, y un funcionamiento incorrecto del dispositivo de la red.

15 15. El método de la reivindicación 1, que comprende procesar los datos de medidor antes de analizarlos, que incluyen la filtración de interferencia de los datos de medidor.

10 16. Un sistema computarizado para monitorear una red de abastecimiento de agua, la red de abastecimiento de agua comprende una red de tuberías para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan dentro de la red de abastecimiento de agua, el sistema comprende:

15 una base de datos de información de la red para almacenar los datos de medidor que representan una pluralidad de parámetros que se miden mediante los medidores, los parámetros incluyen por lo menos el flujo o la presión de agua a través de las tuberías, y los datos secundarios de una o más fuentes externas para los medidores, los datos secundarios que representan una o más condiciones que afectan el flujo o consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua;

20 un motor de análisis que se configura para analizar los datos de medidor al predecir estadísticamente los datos de medidor para un primer medidor con base en los segundos datos de medidor de la red de abastecimiento de agua y los datos secundarios, en donde los segundos datos de medidor

25

comprenden los datos de medidor distintos de los primeros datos de medidor recibidos, y para comparar los primeros datos de medidor recibidos con los datos de medidor previstos para que el primer medidor identifique las anomalías;

5 un motor de clasificación de acontecimiento que se configura para identificar los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua con base en las anomalías, los acontecimientos de la red de agua comprenden los acontecimientos de fuga; y

10 una base de datos de acontecimiento para almacenar los datos de acontecimiento de la red de abastecimiento de agua que representan uno o más acontecimientos de la red de agua que se identifican mediante el motor de clasificación de acontecimiento.

15 17. El sistema de la reivindicación 16, en donde el motor de análisis comprende una pluralidad de módulos de pronosticador para generar una distribución estadística de los valores probables de los datos de medidor para un medidor dado y una pluralidad de módulos de detector de anomalía para comparar los datos de medidor para el medidor dado con la
20 distribución de valores probables para detectar las anomalías en los datos de medidor.

25 18. El sistema de la reivindicación 16, que comprende una pluralidad de módulos de interfaz para recuperar los datos de acontecimiento de la red de abastecimiento de agua de la base de datos de acontecimiento y reportarlos a los usuarios.

19. Un método computarizado para manejar una red de abastecimiento de agua, la red de abastecimiento de agua comprende una red de tuberías para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan dentro de la red de abastecimiento de agua, el método comprende:

enviar los datos de medidor a un motor de análisis, los datos de medidor representan una pluralidad de parámetros que se miden mediante los medidores, los parámetros incluyen por lo menos el flujo de agua a través de las tuberías;

recibir los datos de motor de análisis que representan los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua, los acontecimientos de la red de agua comprenden los acontecimientos de fuga, los datos de acontecimiento de la red de abastecimiento de agua que se identifican como un resultado del análisis de los datos de medidor al predecir estadísticamente los datos de medidor para un primer medidor con base en los segundos datos de medidor de la red de abastecimiento de agua y los datos secundarios, los datos secundarios representan una o más condiciones que afectan al consumo o flujo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua, en donde los segundos datos de medidor comprenden los datos de distintos de los primeros datos de medidor recibidos, y comparar los primeros de medidor datos recibidos con los datos de medidor previstos para que el primer medidor identifique las

anomalías; y

exhibir los acontecimientos de la red de abastecimiento de agua a un usuario en un dispositivo de exhibición computarizado.

20. El método de la reivindicación 1, en donde los
5 acontecimientos de la red de agua, que adicionalmente comprende la identificación de uno o más acontecimientos informativos con respecto a la cantidad o calidad del agua que fluye a través de las tuberías y con respecto a la operación de la red de abastecimiento de agua.

RESUMEN

Se describe un método computarizado para monitorear una red de abastecimiento de agua, la red de abastecimiento de agua comprende una red de tuberías para proporcionar el agua a los consumidores y una pluralidad de medidores que se colocan dentro de las tuberías a través de la red de distribución de agua. El método incluye recibir los datos de medidor que representan los parámetros que se miden mediante los medidores, tal como el flujo, presión, nivel de cloro, pH y turbiedad del agua que se distribuirá a través de las tuberías. El método también incluye recibir los datos secundarios de fuentes externas a los medidores y que representan las condiciones que afectan el consumo de agua en una región que se atiende mediante la red de abastecimiento de agua, tal como el clima y días feriados. Los datos de medidor y los datos secundarios se analizan al utilizar las técnicas estadísticas para identificar los acontecimientos de la red de agua, que incluyen los acontecimientos de fuga y otros acontecimientos con respecto a la cantidad y calidad del agua que fluye a través de las tuberías y con respecto a la operación de la red de agua. Los acontecimientos se reportan a los usuarios a través de una interfaz de usuario.

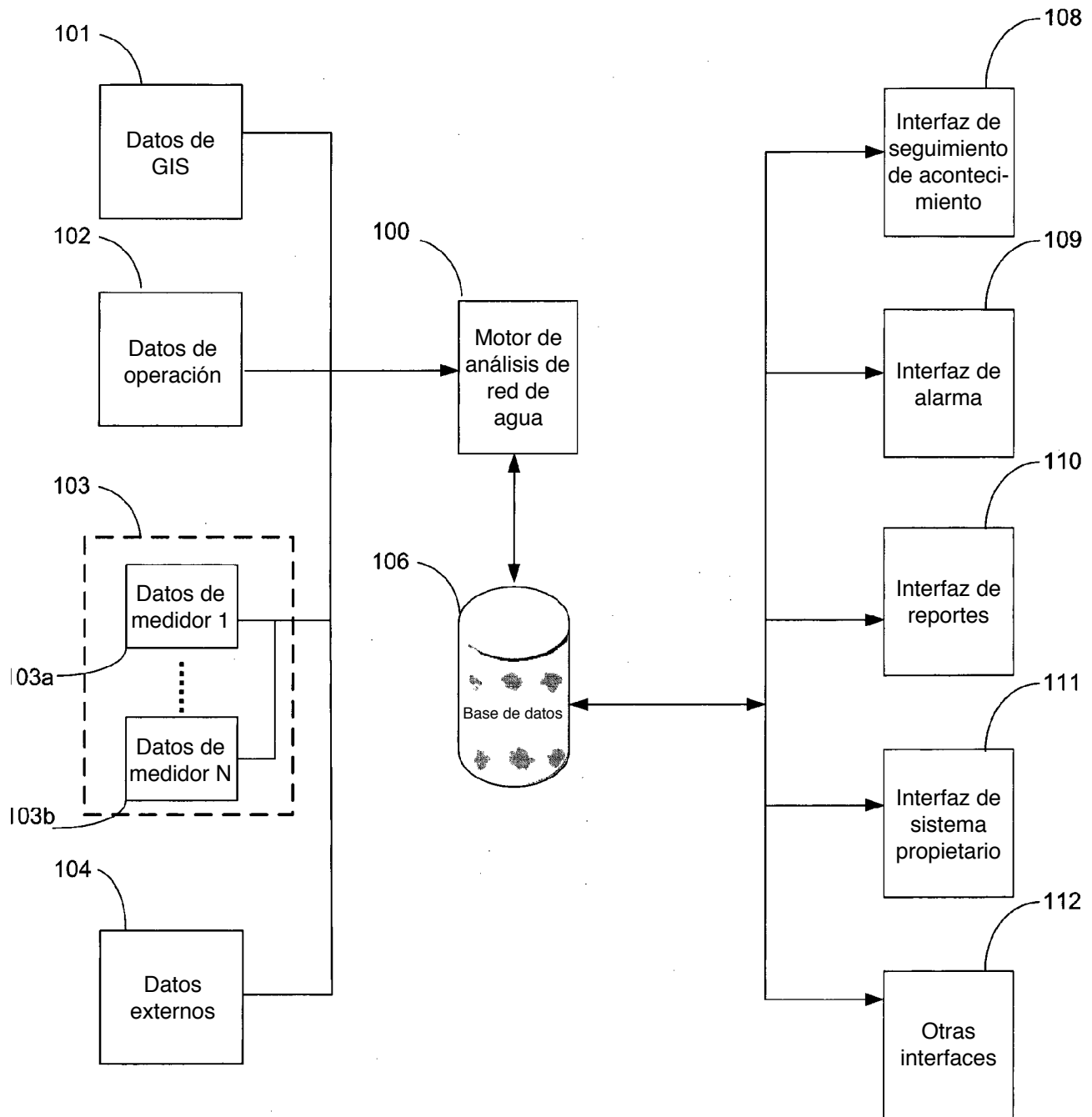


Fig. 1

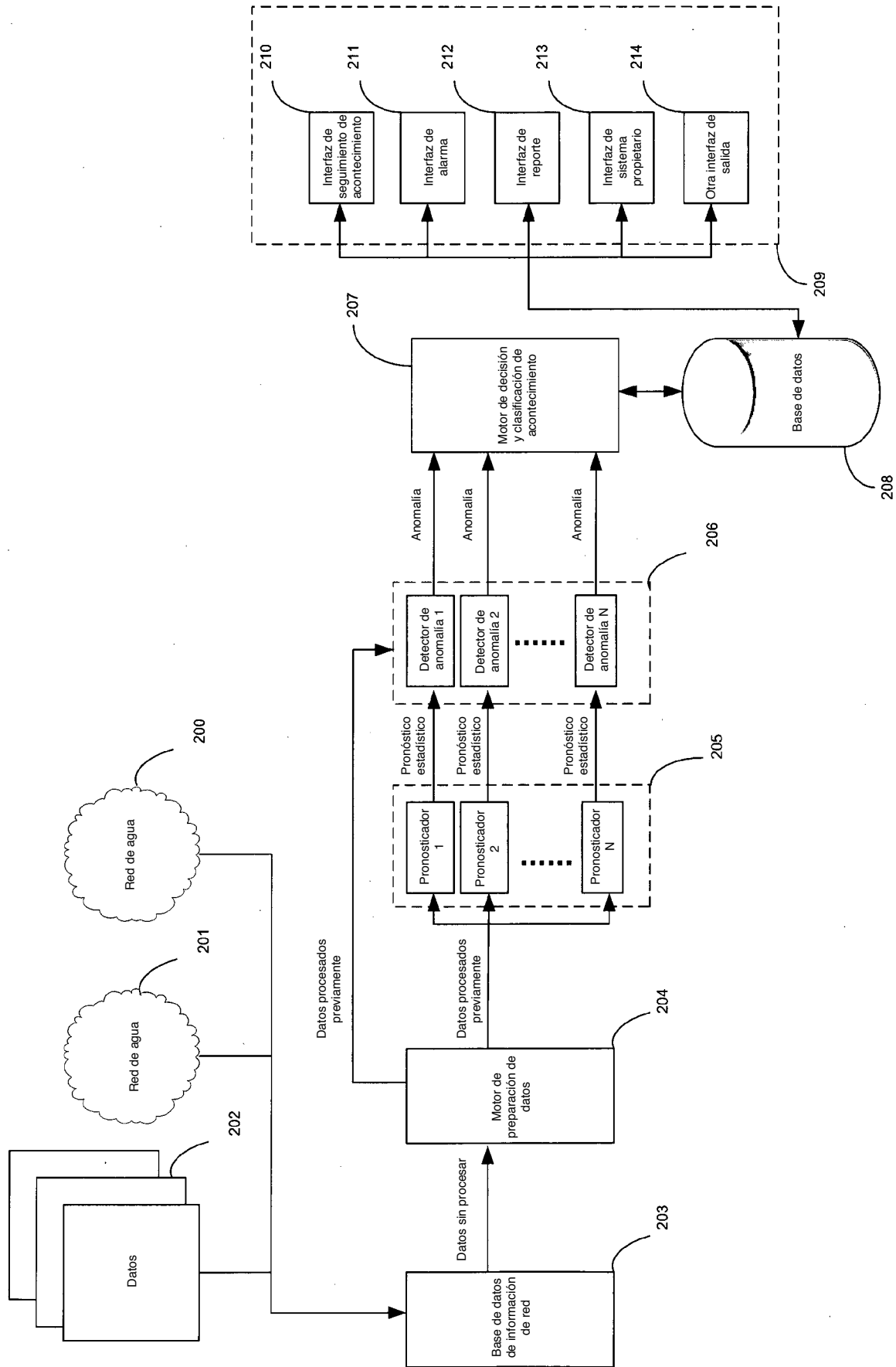
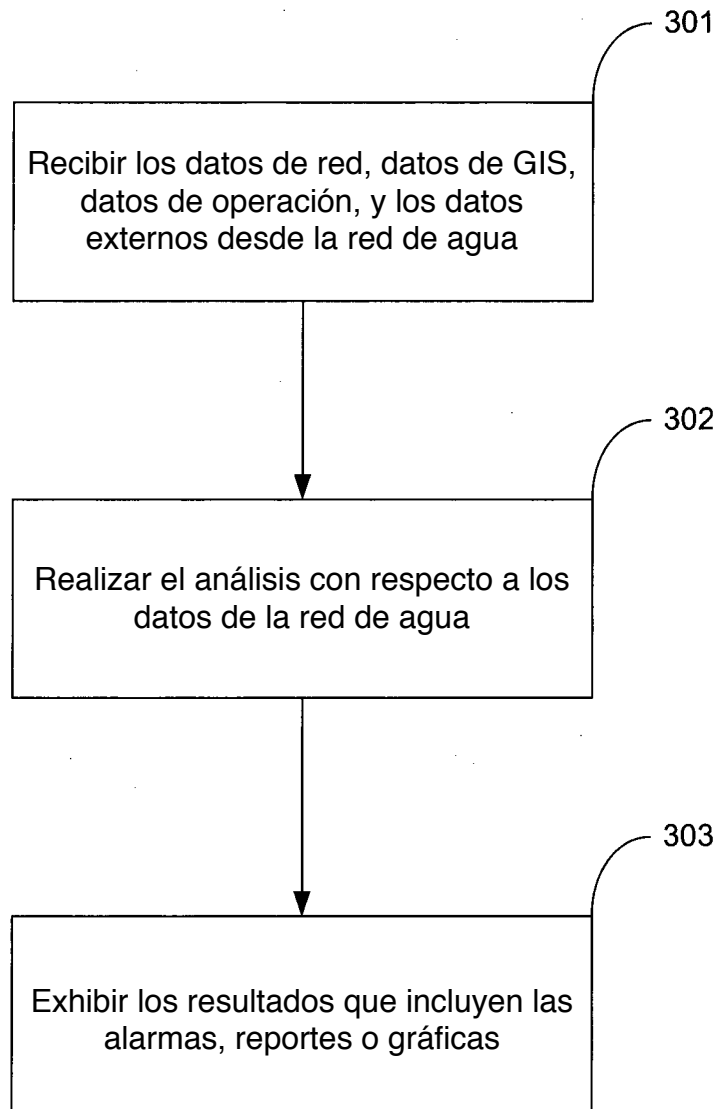


Fig. 2

**Fig. 3**

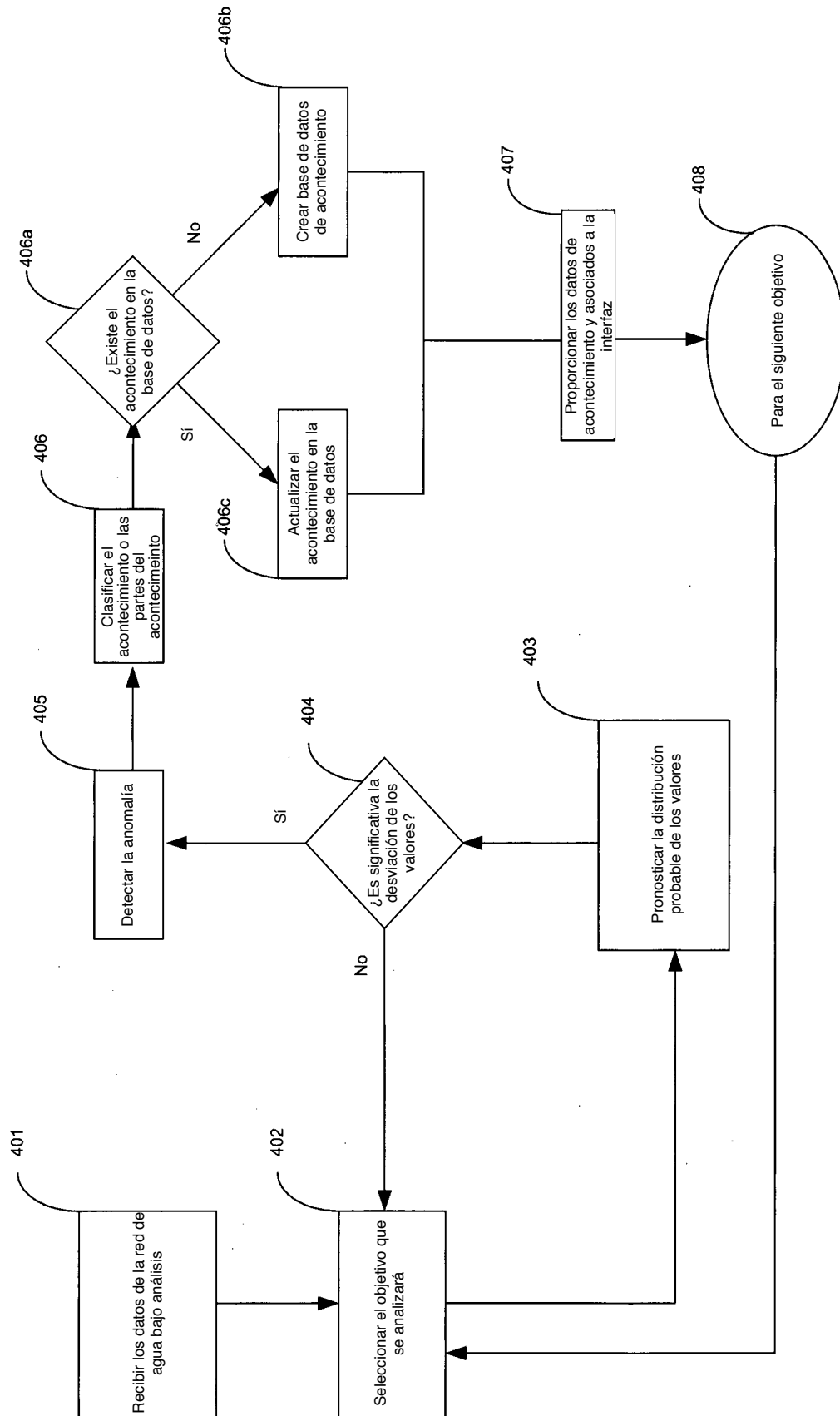
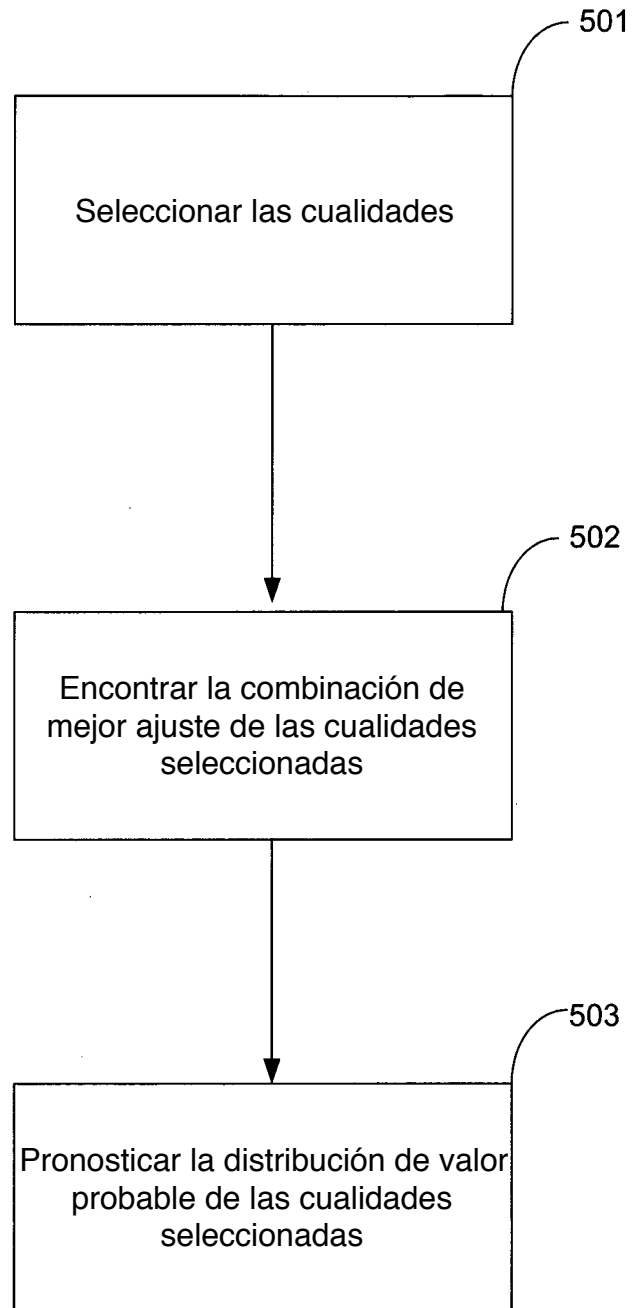
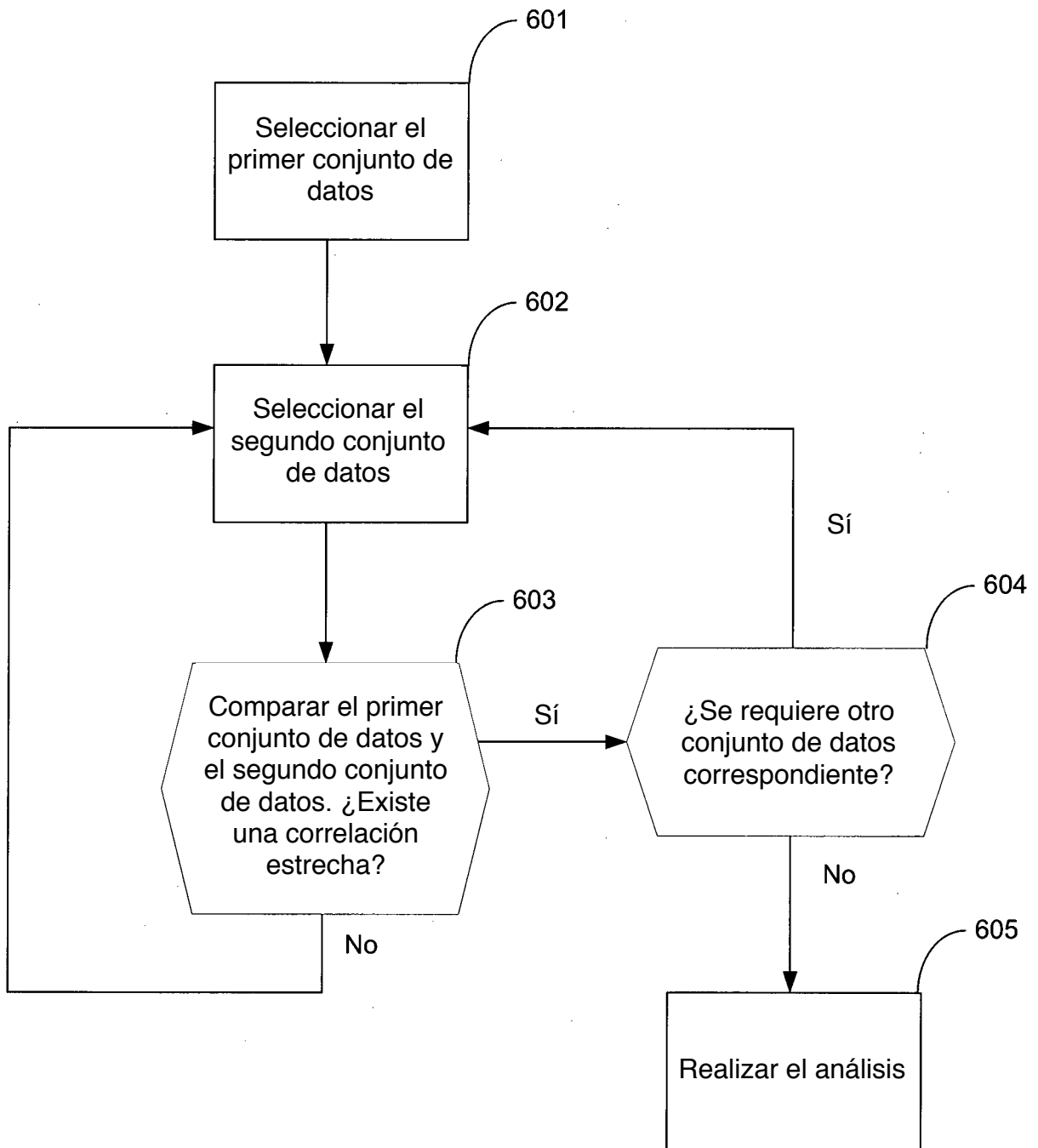


Fig. 4

**Fig. 5**

**Fig. 6**

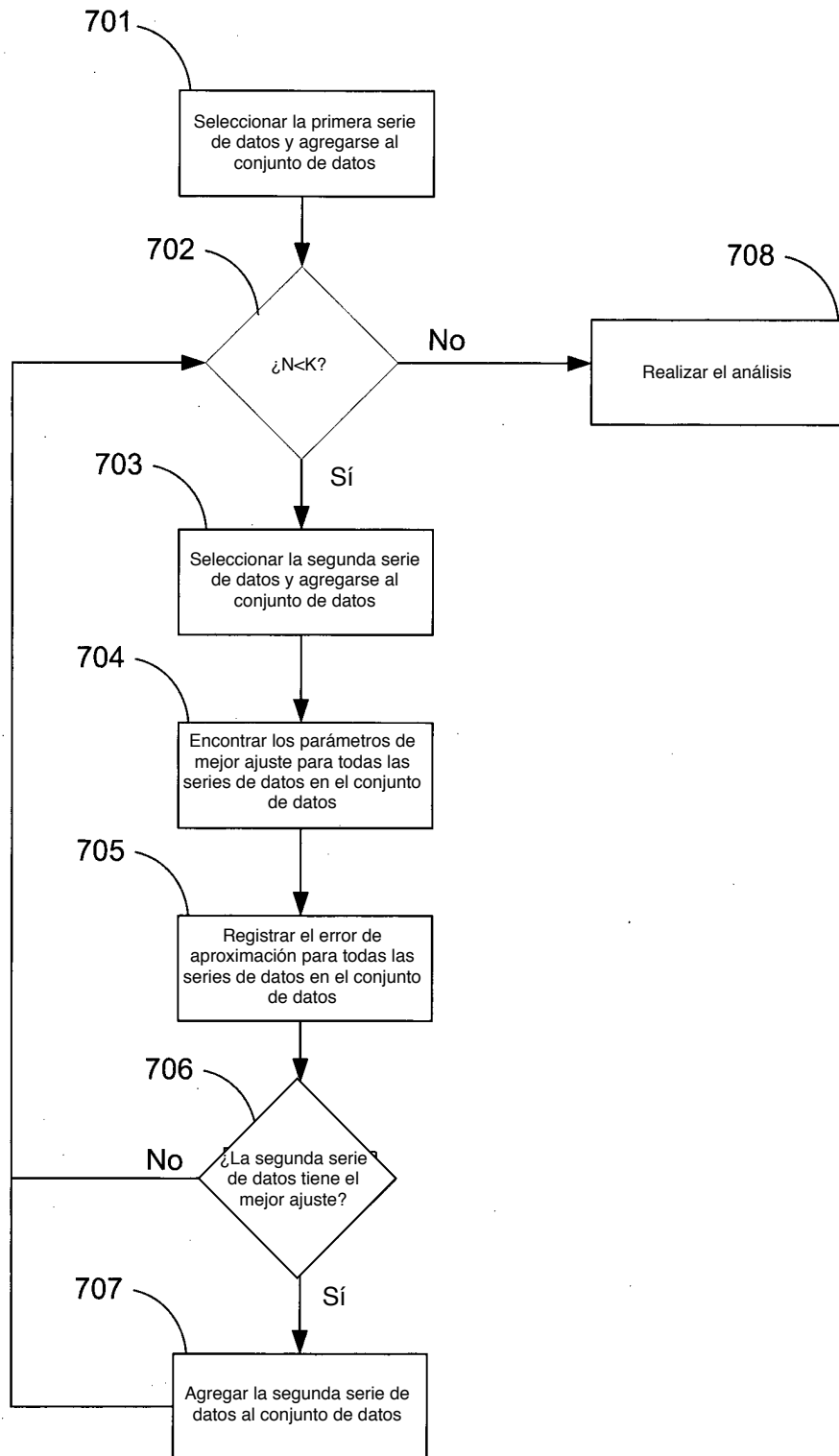


Fig. 7

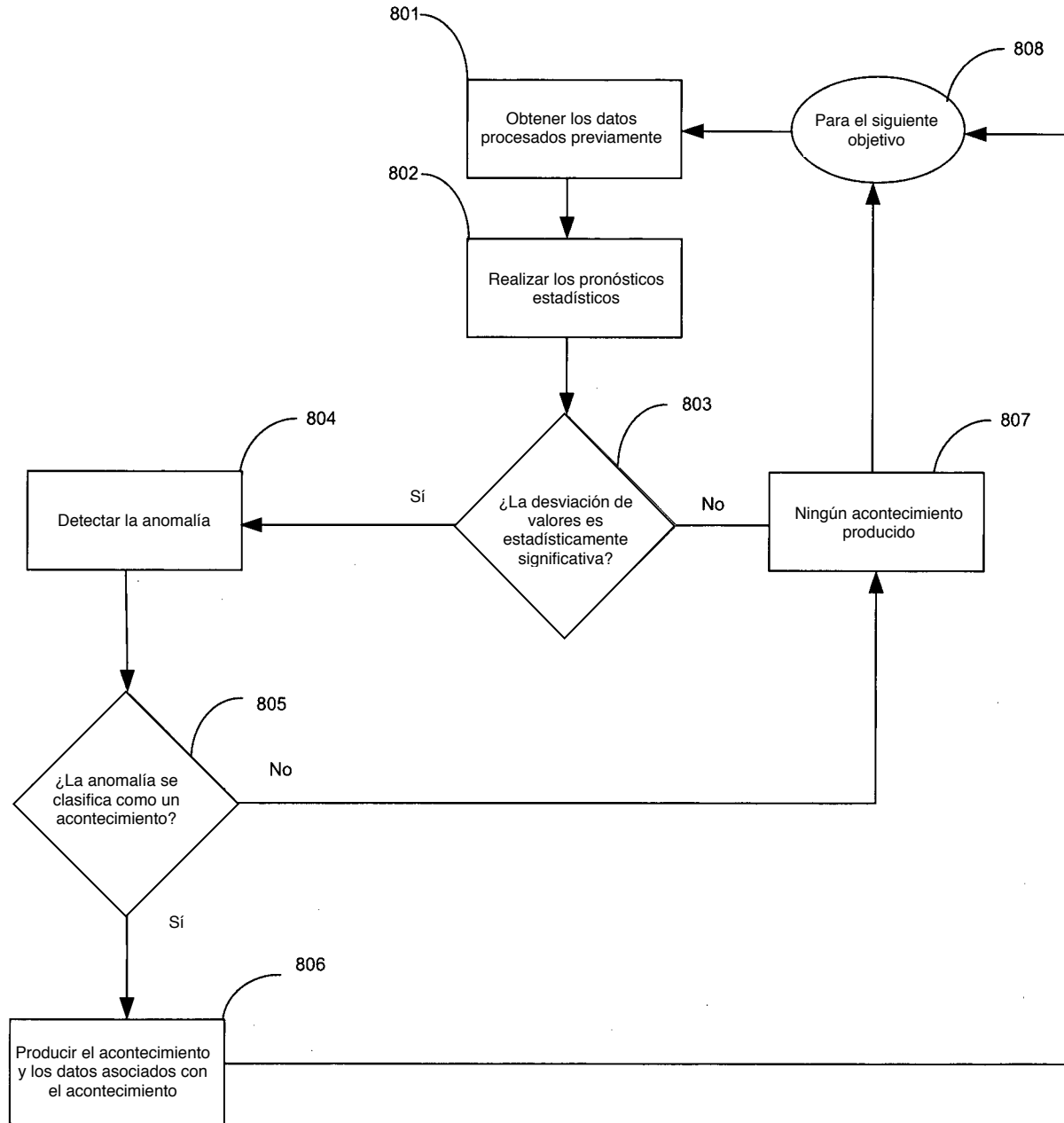


Fig. 8

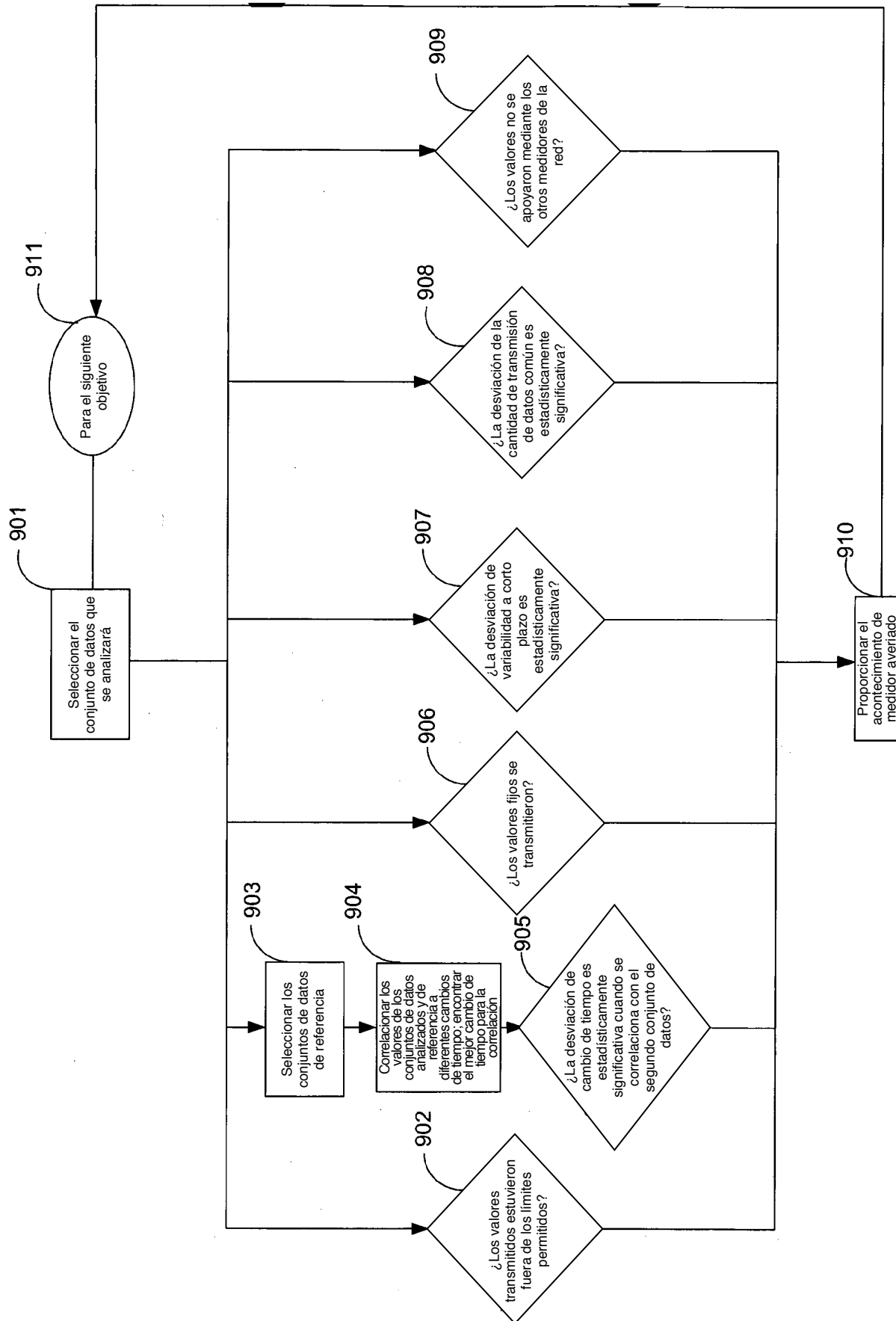


Fig. 9

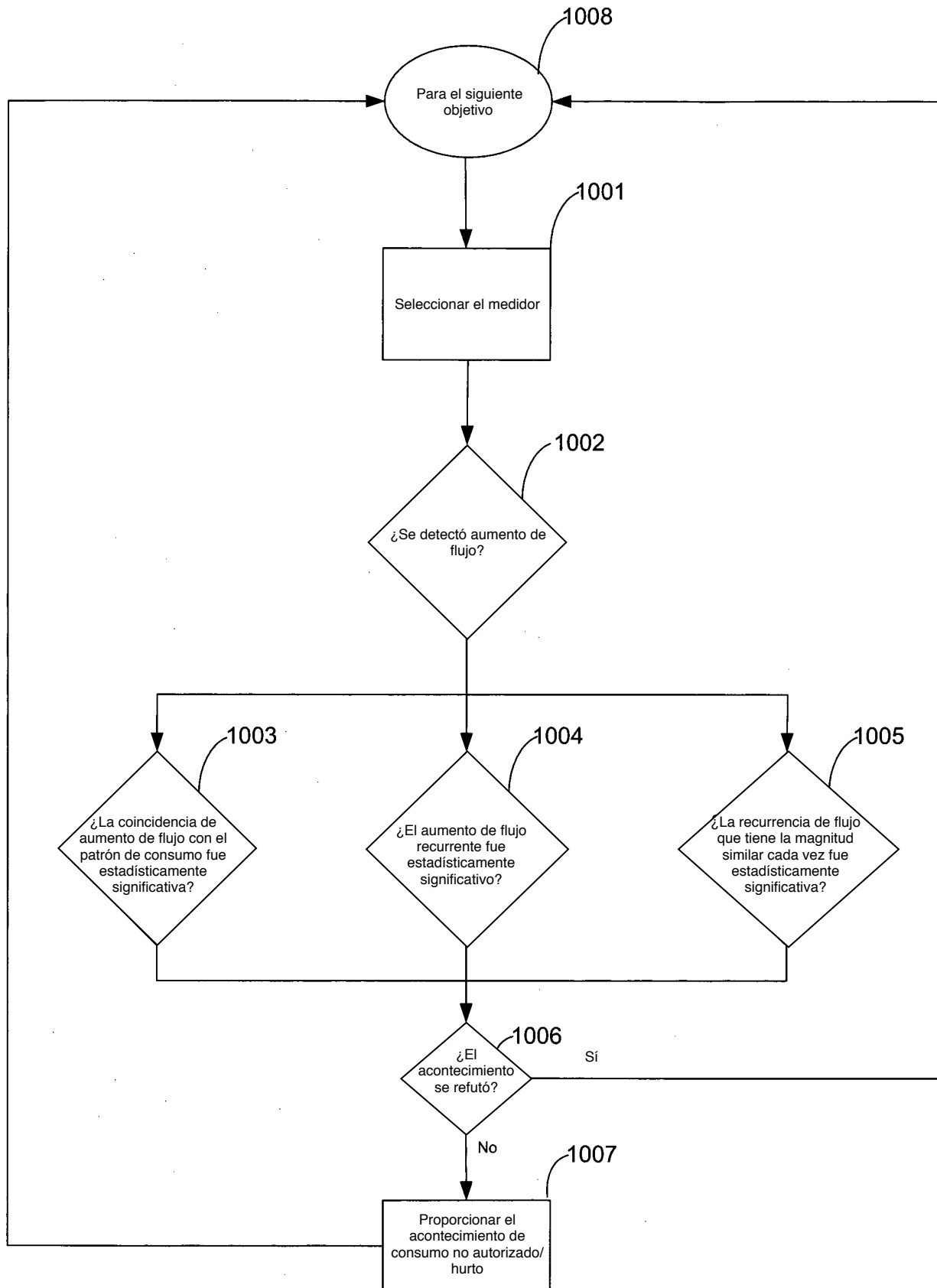


Fig. 10

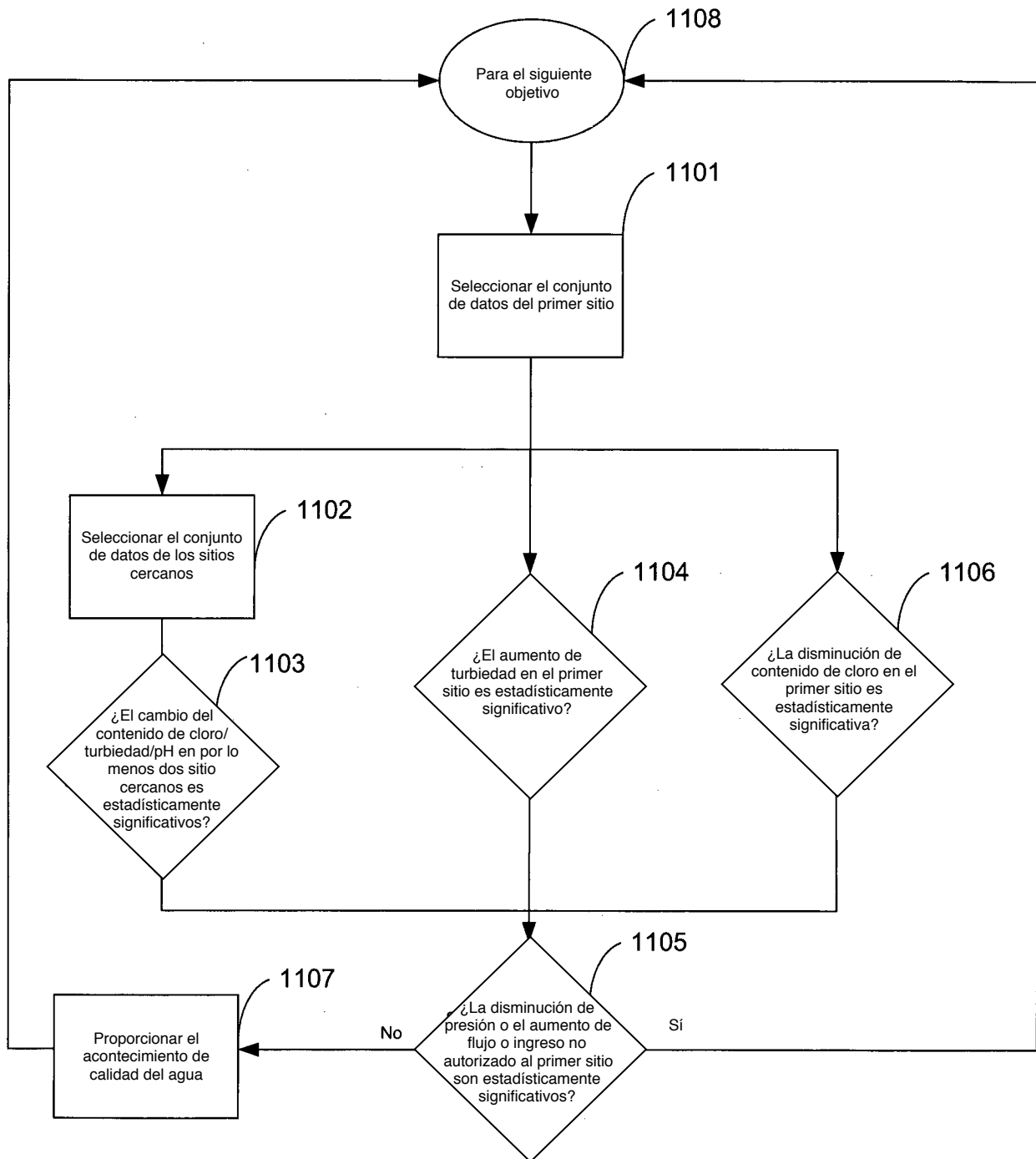


Fig. 11

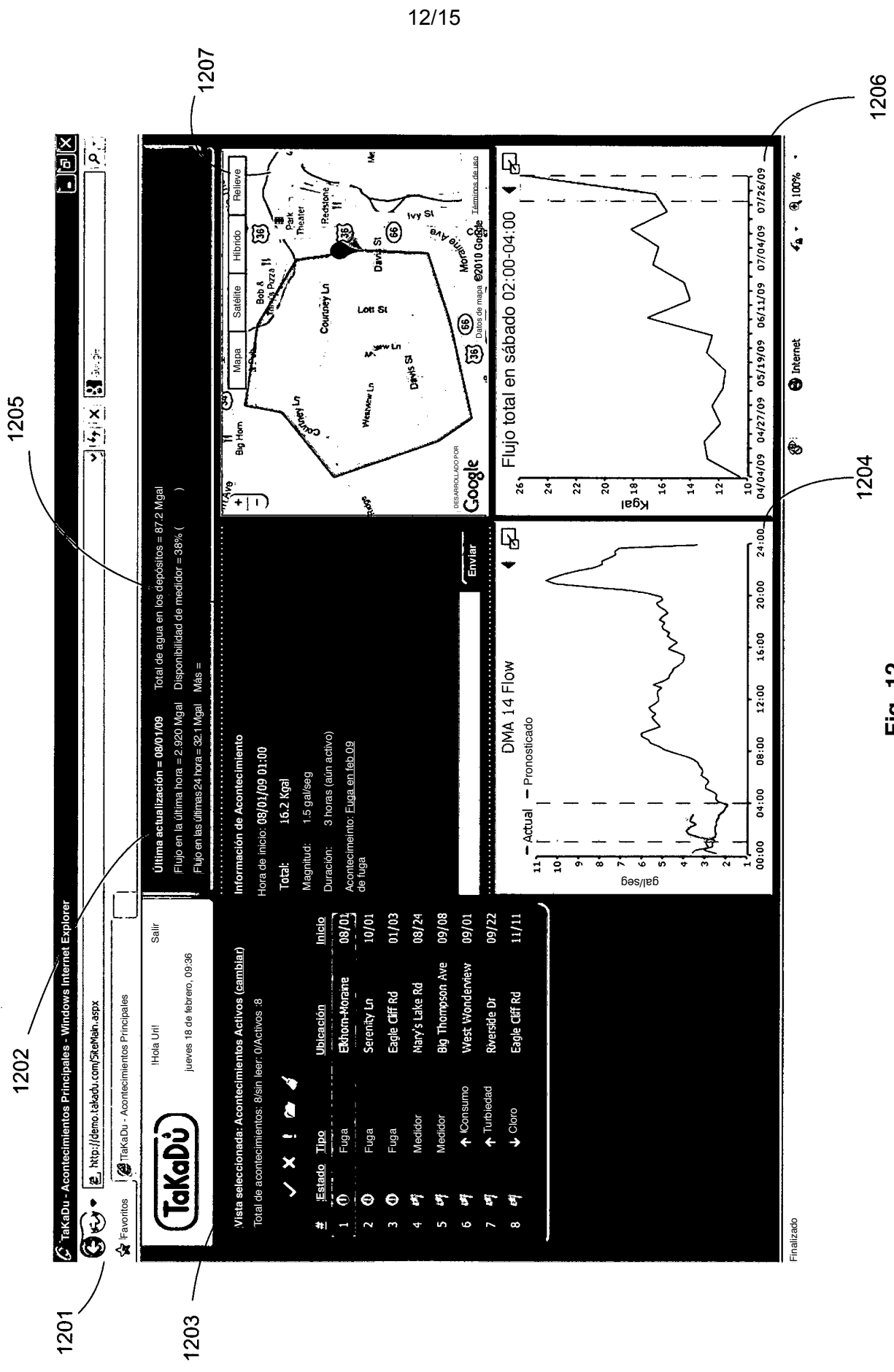


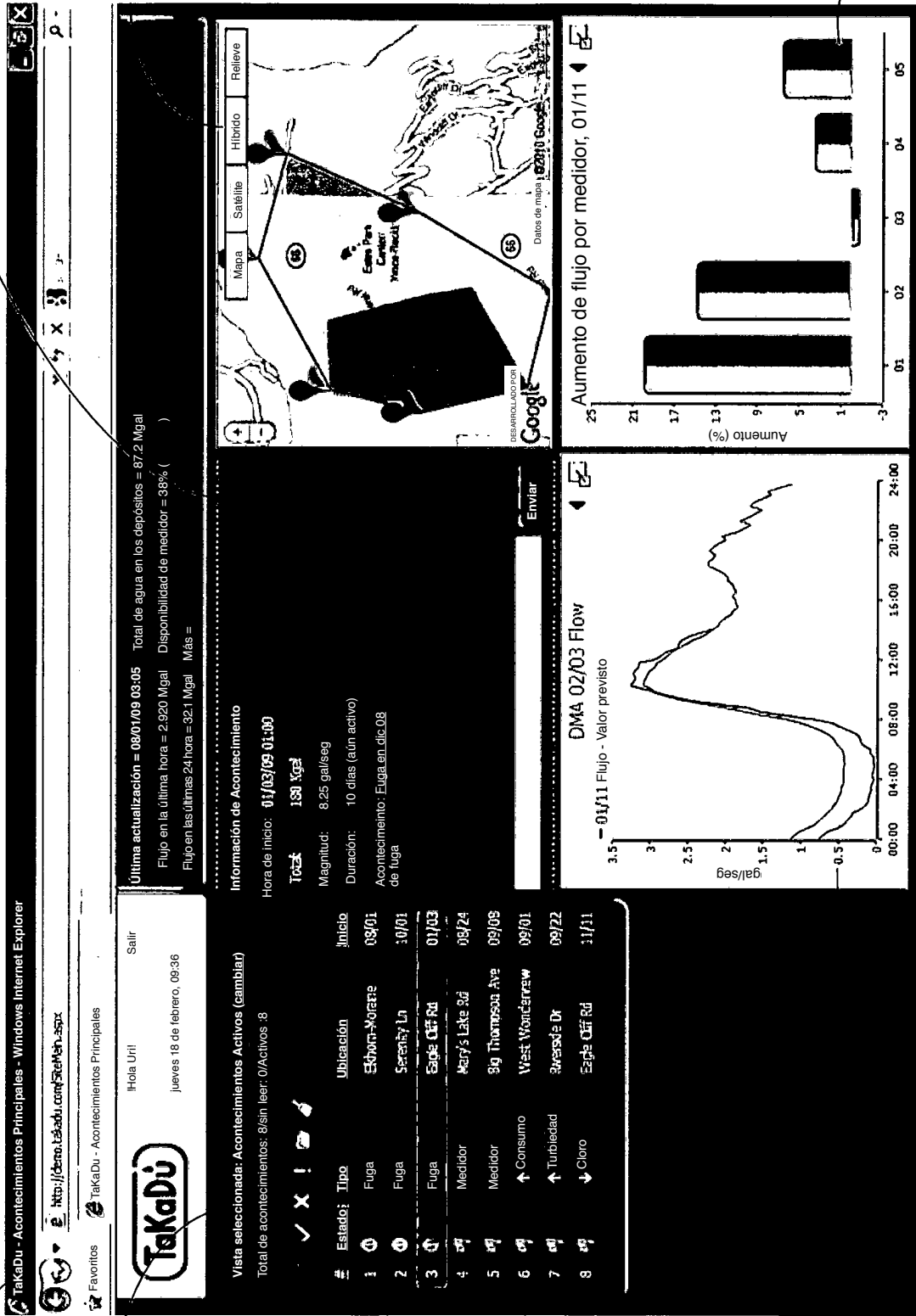
Fig. 12

1306

1301

1302

1305

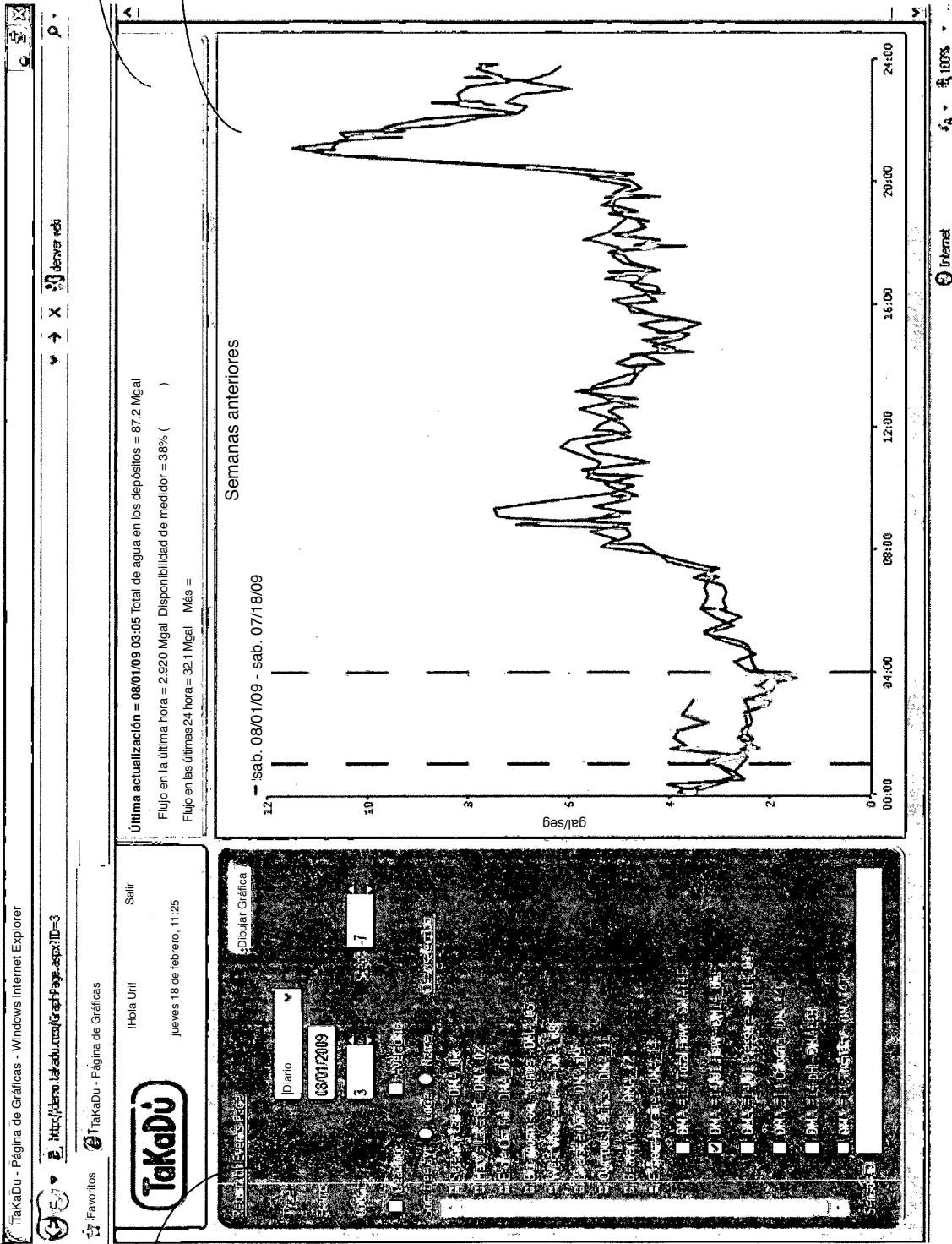


1304

1303

Fig. 13

1401



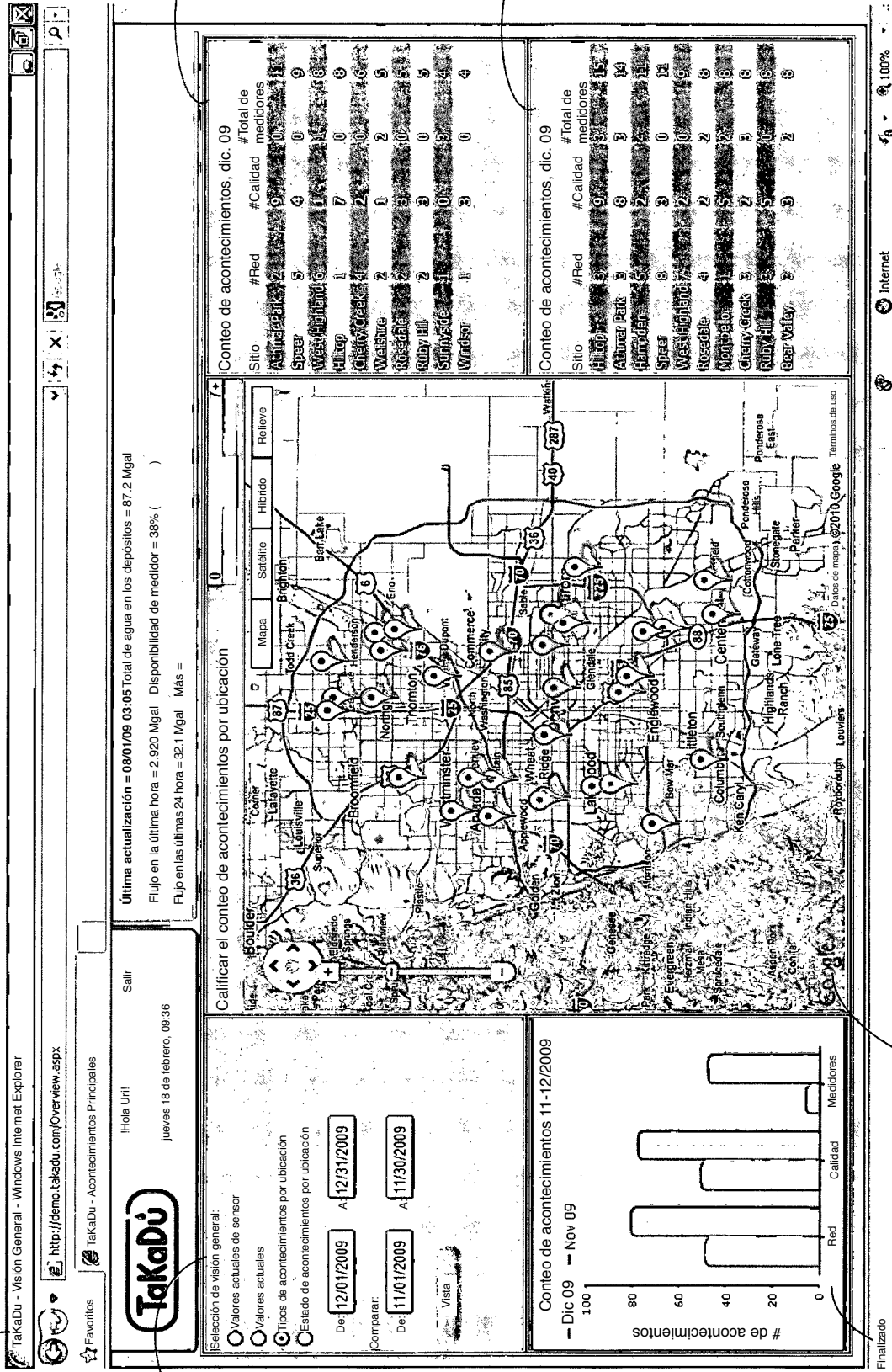
1404

1402

1403

Fig. 14

1501



1502

1504

1503

1505

Fig. 15

1506

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter I of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Rule 44bis)

Applicant's or agent's file reference 154-001WO	FOR FURTHER ACTION	See item 4 below
International application No. PCT/IB2011/000448	International filing date (<i>day/month/year</i>) 03 March 2011 (03.03.2011)	Priority date (<i>day/month/year</i>) 04 March 2010 (04.03.2010)
International Patent Classification (8th edition unless older edition indicated) See relevant information in Form PCT/ISA/237		
Applicant TAKADU LTD.		

1.	This international preliminary report on patentability (Chapter I) is issued by the International Bureau on behalf of the International Searching Authority under Rule 44 bis.1(a).																								
2.	This REPORT consists of a total of 7 sheets, including this cover sheet.																								
In the attached sheets, any reference to the written opinion of the International Searching Authority should be read as a reference to the international preliminary report on patentability (Chapter I) instead.																									
3.	This report contains indications relating to the following items: <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">☒</td> <td style="width: 25%;">Box No. I</td> <td style="width: 70%;">Basis of the report</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. II</td> <td>Priority</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. III</td> <td>Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. IV</td> <td>Lack of unity of invention</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☒</td> <td>Box No. V</td> <td>Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. VI</td> <td>Certain documents cited</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. VII</td> <td>Certain defects in the international application</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">☐</td> <td>Box No. VIII</td> <td>Certain observations on the international application</td> </tr> </table>	☒	Box No. I	Basis of the report	☐	Box No. II	Priority	☐	Box No. III	Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability	☐	Box No. IV	Lack of unity of invention	☒	Box No. V	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement	☐	Box No. VI	Certain documents cited	☐	Box No. VII	Certain defects in the international application	☐	Box No. VIII	Certain observations on the international application
☒	Box No. I	Basis of the report																							
☐	Box No. II	Priority																							
☐	Box No. III	Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability																							
☐	Box No. IV	Lack of unity of invention																							
☒	Box No. V	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement																							
☐	Box No. VI	Certain documents cited																							
☐	Box No. VII	Certain defects in the international application																							
☐	Box No. VIII	Certain observations on the international application																							
4.	The International Bureau will communicate this report to designated Offices in accordance with Rules 44bis.3(c) and 93bis.1 but not, except where the applicant makes an express request under Article 23(2), before the expiration of 30 months from the priority date (Rule 44bis .2).																								

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. +41 22 338 82 70	Date of issuance of this report 04 September 2012 (04.09.2012) Authorized officer Cécile Chatel e-mail: ro.ib@wipo.int
--	--

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To: SETH H. OSTROW
OSTROW KAUFMAN LLP
555 FIFTH AVENUE
NEW YORK, NY 10017

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year)

04 AUG 2011

Applicant's or agent's file reference
154-001WO

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/IB 11/00448

International filing date (day/month/year)

03 March 2011 (03.03.2011)

Priority date (day/month/year)

04 March 2010 (04.03.2010)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC(8) - G01L 7/00 (2011.01)

USPC - 702/50; 137/2

Applicant TAKADU LTD.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1 bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion

22 July 2011 (22.07.2011)

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/IB 11/00448

Box No. I Basis of this opinion

1. With regard to the language, this opinion has been established on the basis of:
 - ☒ the international application in the language in which it was filed.
 - ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43 bis.1(a))
3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:
 - a. (means)
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - b. (time)
 - ☐ in the international application as filed
 - ☐ together with the international application in electronic form
 - ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/IB 11/00448

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-20	YES
	Claims	None	NO
Inventive step (IS)	Claims	None	YES
	Claims	1-20	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-20	YES
	Claims	None	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-20 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over US 2007/0219728 A1 to Papageorgiou et al. (hereinafter Papageorgiou) in view of US 2007/0203860 A1 to Golden et al. (hereinafter Golden).

Regarding claim 1, Papageorgiou teaches a computerized method for monitoring a water utility network (to sensor systems and methods for fluid monitoring. More particularly, the disclosure relates to sensor systems and methods for fluid (e.g., water) quality data gathering including on-line fluid quality monitoring by means of sensors with wired or wireless connections to a communications network, para [0003]), the water utility network comprising at least a network of pipes for delivering water to consumers (water distribution, currently commonly manifest themselves as contiguous systems of pipes and/or systems of reservoirs, channels, pipes and treatment plants, para [0033]) and a plurality of meters positioned within the water utility network (a public water authority (including employees thereof) that reads and inspects water meters, or a public health entity, para [0112]), the method comprising: receiving meter data, the meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow or pressure of the water through the pipes (sensors can be selected to include any form of fluid measuring sensors, such as water quality measuring sensing elements including sensing elements for determining water temperature, water pressure, the presence or absence of any number of specific chemicals, chemical profiles and/or classes of chemicals, para [0034]); receiving secondary data from one or more sources external to the meters, the secondary data representing one or more conditions affecting flow or consumption of water in a region serviced by the water utility network (an individual pipe with multiple sensors spaced along it can sequentially recalibrate the next sensor at a rate equal to fluid flow through the pipe, para [0053]); and reporting the one or more water network events to a user via a user interface (process the raw data to monitor, identify and confirm detectable events in the water quality. Alternatively, the sensor units 110 can provide monitoring, identifying, confirming and reporting functions to the smart nodes 332 or centralized data collection points 333. Whether the smart nodes 332 process raw data or rely upon the sensor units 110 for confirmed data, the smart nodes 332 having received data from a variety of sensor units, para [0094]). Papageorgiou does not expressly teach analyzing the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify one or more water utility network events comprising at least one or more leakage events by detecting an anomaly if the received first meter data deviates from the predicted meter data for the first meter by a statistical deviation. However Golden, in an analogous art, teaches analyzing the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify one or more water utility network events comprising at least one or more leakage events by detecting an anomaly if the received first meter data deviates from the predicted meter data for the first meter by a statistical deviation (tool monitors energy usage, and predicts future energy usage and costs based on variables such as weather forecasts, stored energy capacity or other local production capacity... compared to the energy budget and, if a deviation from the budget is likely, an alert is generated. The alert can be provided via email, web page, mobile device, or other means, para [0006]; advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]). It would have been obvious to one skilled in the art to combine the teachings of Papageorgiou with those of Golden in order to more efficiently forecast water usage in the water monitoring system of Papageorgiou (see Golden para [0003], [0005]).

Regarding claim 2, Papageorgiou further teaches storing the water network events in a database (Physical events, such as a breakage of a pipe might be detected through a pattern of sensor units 110 reporting readings that deviate from historic norms, para [0058]; detected through comparison of sensor data with a database of potential chemical profiles, a corresponding alert can be sent to both the end user and the regional water authority, para [0101]).

Regarding claim 3, Papageorgiou further teaches wherein receiving meter data comprises receiving Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) data (Fluid test data can also be provided by a supervisory control and data acquisition (SCADA) system, para [0127]).

Regarding claim 4, Papageorgiou further teaches classifying the anomaly as a leakage event (fluid leakage into the sensor cavity 119', the valves 115A and 115B can be actuated to partially or substantially drain the fluid cavity 119" before selectively exposing a new sensor 111 with the actuator, para [0081]).

—continued in supplemental box—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/IB 11/00448

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Box No. V.2. Citations and explanations.

Regarding claim 5, Papageorgiou further teaches wherein detecting the anomaly comprises determining if a duration of the anomaly exceeds a predefined threshold (alert and alarm thresholds can be chosen and entered into the graphical computer interface (as discussed further below), and alarm and alert events that are generated from data based on those thresholds are stored by the computer system, para [0139]).

Regarding claim 6, Papageorgiou further teaches wherein detecting the anomaly determining if a frequency of the anomaly within a predefined window of time exceeds a predefined threshold (between two successive monitoring locations is less than a pre-specified threshold, but will use a variable approach if the distance is above a pre-specified threshold, para [0176]).

Regarding claim 7, Golden further teaches wherein statistically predicting meter data for the first meter based on second meter data from the water utility network comprises selecting one or more second meters as one or more corresponding meters and correlating meter data received from the first meter with meter data received from the one or more corresponding meters (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]).

Regarding claim 8, Golden further teaches wherein selecting one or more second meters as the one or more corresponding meters comprises: correlating historical meter data for the one or more second meters with historical meter data for the first meter; and selecting the one or more second meters for which a correlation with the first meter exists (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]).

Regarding claim 9, Golden further teaches wherein selecting the one or more second meters as the one or more corresponding meters comprises identifying the one or more second meters within the water utility network which are positioned within the water utility network so as to be unaffected by anomalies affecting the first meter (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]).

Regarding claim 10, Golden further teaches wherein statistically predicting meter data for the first meter based on second meter data from the water utility network comprises correlating meter data received from the first meter with at least stored historical meter data for the first meter (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]).

Regarding claim 11, Golden further teaches wherein statistically predicting meter data for the first meter comprises calculating a statistical distribution of likely values for the first meter (energy "dashboard" that can be used to show a user current status and statistics relating to energy usage based on measurements and projections, para [0058]).

Regarding claim 12, Papageorgiou further teaches wherein receiving meter data comprises receiving over time water quality data representing turbidity, chlorine and pH of the water delivered over the network, and wherein identifying one or more network events comprises detecting a change in the water quality data over time in excess of a threshold (sensing elements for determining water temperature, water pressure, the presence or absence of any number of specific chemicals, chemical profiles and/or classes of chemicals such as for example and without limitation free chlorine (Cl.sup.-), hypochlorous acid (HOCl) and hypochlorite ions (OCl.sup.-), ion concentration, pH, carbon dioxide (CO.sub.2), water hardness (e.g., Ca.sup.2+), carbonate (CO.sub.3.sup.2-), monochloramine (NH.sub.2Cl), dichloramine (NHCl.sub.2), trichloramine (NCl.sub.3), ammonium, nitrite, nitrate, fluoride, and/or chemical profiles, as well as determining water purity, clarity, color and/or virtually any other measurable or detectable parameter of interest with respect to water or any other fluid, para [0034]; detection of a quality in the fluid or by the measured or calculated variable associated with the fluid crossing a threshold, para [0038]).

Regarding claim 13, Golden further teaches wherein receiving secondary data comprises receiving at least one of: weather data representing weather conditions in the region of the water utility network (predicts future energy usage and costs based on variables such as weather forecasts, stored energy capacity or other local production capacity, para [0006]); calendar data representing one or more factors affecting water consumption on a given date (Additionally, historical information regarding electrical consumption can be collected to use as a baseline, para [0032]); repair data representing one or more repairs performed on the water utility network; and structural data representing a structure of the water utility network (perform configuration and monitoring as described in more detail below. The computer may be located at the customer's premises or at another location, para [0022]).

—continued in supplemental box—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/IB 11/00448

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Box No. V.2. Citations and explanations.

Regarding claim 14, Papageorgiou further teaches wherein the one or more informational events comprise at least one of: an unexpected increase in consumption pattern, a change in consumption pattern, a theft of water, a zonal boundary breach, a utility meter fault, and a network device malfunction (provide indications of event conditions on a number of bases, including one or more out-of-range events where measured parameters or profiles within a fluid exceed or deviate from a particular range and/or threshold either preprogrammed or downloaded into the sensor unit, para [0057]).

Regarding claim 15, Papageorgiou further teaches processing the meter data before analyzing it including filtering out noise from the meter data (monitoring and confirming means (the roles being interchangeable) for fluid quality measures that are not effected by the filter, para [0063]).

Regarding claim 16, Papageorgiou teaches a computerized system for monitoring a water utility network (to sensor systems and methods for fluid monitoring. More particularly, the disclosure relates to sensor systems and methods for fluid (e.g., water) quality data gathering including on-line fluid quality monitoring by means of sensors with wired or wireless connections to a communications network, para [0003]), the water utility network comprising a network of pipes for delivering water to consumers (water distribution, currently commonly manifest themselves as contiguous systems of pipes and/or systems of reservoirs, channels, pipes and treatment plants, para [0033]) and a plurality of meters positioned within the water utility network (including employees thereof) that reads and inspects water meters, or a public health entity, para [0112]), the system comprising: the parameters including at least flow or pressure of the water through the pipes, and secondary data from one or more sources external to the meters (sensors can be selected to include any form of fluid measuring sensors, such as water quality measuring sensing elements including sensing elements for determining water temperature, water pressure, the presence or absence of any number of specific chemicals, chemical profiles and/or classes of chemicals, para [0034]), the secondary data representing one or more conditions affecting flow or consumption of water in a region serviced by the water utility network (an individual pipe with multiple sensors spaced along it can sequentially recalibrate the next sensor at a rate equal to fluid flow through the pipe, para [0053]); an event classification engine configured to identify water utility network events based on the anomalies, the water network events comprising leakage events (process the raw data to monitor, identify and confirm detectable events in the water quality. Alternatively, the sensor units 110 can provide monitoring, identifying, confirming and reporting functions to the smart nodes 332 or centralized data collection points 333. Whether the smart nodes 332 process raw data or rely upon the sensor units 110 for confirmed data, the smart nodes 332 having received data from a variety of sensor units, para [0094]). Papageorgiou does not expressly teach a network information database for storing meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, an analysis engine configured to analyze the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies; and an event database for storing water utility network event data representing the one or more water network events identified by the event classification engine. However Golden, in an analogous art, teaches a network information database for storing meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, an analysis engine configured to analyze the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]); and an event database for storing water utility network event data representing the one or more water network events identified by the event classification engine (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]). It would have been obvious to one skilled in the art to combine the teachings of Papageorgiou with those of Golden in order to more efficiently forecast water usage in the water monitoring system of Papageorgiou (see Golden para [0003], [0005]).

Regarding claim 17, Golden further teaches wherein the analysis engine comprises a plurality of predictor modules for generating a statistical distribution of likely values of the meter data for a given meter and a plurality of anomaly detector modules for comparing the meter data for the given meter to the distribution of likely values to detect anomalies in the meter data (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]; can store this information and correlate it with other data such as the historical average temperature for each of those months. This can provide a baseline against which a future month can be gauged based on predicted weather, para [0032]).

Regarding claim 18, Golden further teaches a plurality of interface modules for retrieving water utility network event data from the event database and reporting it to users (advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]).

—continued in supplemental box—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/IB 11/00448

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Box No. V.2. Citations and explanations.

Regarding claim 19, Papageorgiou teaches a computerized method for managing a water utility network, the water utility network (to sensor systems and methods for fluid monitoring. More particularly, the disclosure relates to sensor systems and methods for fluid (e.g., water) quality data gathering including on-line fluid quality monitoring by means of sensors with wired or wireless connections to a communications network, para [0003]) comprising a network of pipes for delivering water to consumers (water distribution, currently commonly manifest themselves as contiguous systems of pipes and/or systems of reservoirs, channels, pipes and treatment plants, para [0033]) and a plurality of meters positioned within the water utility network (including employees thereof) that reads and inspects water meters, or a public health entity, para [0112]), the method comprising: sending meter data to an analysis engine, the meter data representing a plurality of parameters measured by the meters, the parameters including at least flow of the water through the pipes (sensors can be selected to include any form of fluid measuring sensors, such as water quality measuring sensing elements including sensing elements for determining water temperature, water pressure, the presence or absence of any number of specific chemicals, chemical profiles and/or classes of chemicals, para [0034]); and displaying the received water utility network events to a user on a computerized display device (process the raw data to monitor, identify and confirm detectable events in the water quality. Alternatively, the sensor units 110 can provide monitoring, identifying, confirming and reporting functions to the smart nodes 332 or centralized data collection points 333. Whether the smart nodes 332 process raw data or rely upon the sensor units 110 for confirmed data, the smart nodes 332 having received data from a variety of sensor units, para [0094]). Papageorgiou does not expressly teach receiving from the analysis engine data representing water utility network events, the water network events comprising leakage events, the water utility network event data having been identified as a result of analysis of the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption or flow of water in a region serviced by the water utility network, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies. However Goloden, in an analogous art, teaches receiving from the analysis engine data representing water utility network events, the water network events comprising leakage events, the water utility network event data having been identified as a result of analysis of the meter data by statistically predicting meter data for a first meter based on second meter data from the water utility network and secondary data, the secondary data representing one or more conditions affecting consumption or flow of water in a region serviced by the water utility network, wherein the second meter data comprises meter data other than the received first meter data, and comparing the received first meter data with the predicted meter data for the first meter to identify anomalies (tool monitors energy usage, and predicts future energy usage and costs based on variables such as weather forecasts, stored energy capacity or other local production capacity... compared to the energy budget and, if a deviation from the budget is likely, an alert is generated. The alert can be provided via email, web page, mobile device, or other means, para [0006]; advertised or expected averages for each device can be stored in a database in NOC 113 and used for comparison purposes with measurements from the sensors, para [0059]). It would have been obvious to one skilled in the art to combine the teachings of Papageorgiou with those of Golden in order to more efficiently forecast water usage in the water monitoring system of Papageorgiou (see Golden para [0003], [0005]).

Regarding claim 20, Papageorgiou further teaches wherein the water network events further comprise identifying one or more informational events regarding quantity or quality of water flowing through the pipes and operation of the water utility network (to sensor systems and methods for fluid monitoring. More particularly, the disclosure relates to sensor systems and methods for fluid (e.g., water) quality data gathering including on-line fluid quality monitoring by means of sensors with wired or wireless connections to a communications network, para [0003]).

Claims 1-20 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4) because the subject matter can be made or used in industry.