MÉTODO Y SISTEMA PARA SIMULAR UN OBJETIVO

CAMPO DE LA TÉCNICA DESCRITA

La técnica descrita hace referencia a radares en general, y a métodos y sistemas para simular objetivos en particular.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA DESCRITA

Los radares son conocidos en la técnica y se emplean para detectar objetivos y proporcionar información relacionada con su posición. Ahora se hará referencia a la Figura 1, que es una ilustración esquemática de una situación con la referencia general 10 que se conoce en la técnica, de un vehículo 12, tal como una aeronave, que se desplaza a lo largo de una trayectoria 14. La trayectoria 14 puede definirse dentro de un sistema de coordenadas tridimensional (3D) 16. El término «trayectoria» hace referencia en la presente al menos a una ruta de la aeronave 12, las velocidades y aceleraciones de la aeronave 12 a lo largo del tiempo. Un radar 18 ubicado en el suelo (p. ej., el plano XY del sistema de coordenadas 16) detecta la aeronave 12 y proporciona información relacionada con la posición de la aeronave 12. Normalmente, el radar 18 proporciona la información relacionada con la posición de la aeronave 12 en cuanto a un acimut, φ, en relación con una dirección de referencia 20 (p. ej., el norte), una elevación, ϕ, en relación con un plano de referencia (p. ej., el plano XY del sistema de coordenadas 16) y el alcance, R, del radar 18. En la presente, se hace referencia a la proyección del alcance, R, en el plano XY del sistema de coordenadas 16 como R'.

El entrenamiento de un operador del radar o la calibración de un radar requiere simular un objetivo. Las técnicas conocidas en la técnica para simular un objetivo de un radar tal como el radar 18 incluyen desplazar un vehículo simulado (p. ej., un dron, un avión no tripulado, un planeador remontado) en la trayectoria real que se simula. Alternativamente, uno o más transceptores fijos se colocan alrededor del radar en ubicaciones conocidas con respecto al radar. Ese transceptor recibe la señal del radar, retrasa la señal con un retraso correspondiente a la distancia del objetivo simulado con respecto al radar y transmite la señal retrasada.

De acuerdo con otra técnica conocida en la técnica, se conecta un simulador de objetivo de RF en lugar de la antena del radar. Ese simulador de objetivo de RF recibe del transmisor del radar la señal transmitida del radar, así como la dirección del haz del radar. El simulador de objetivo de RF genera una señal de RF que simula una señal de retorno desde un objetivo en una dirección y a una distancia simuladas. El receptor del radar recibe esta señal de RF simulada y muestra una representación del objetivo en la pantalla del radar. Una técnica adicional conocida en la técnica para entrenar un operador del radar es generar una simulación informática de objetivos en una pantalla.

La patente estadounidense 7,852,260 a nombre de Sarafian titulada «Methods and Systems for Generating Virtual Radar Targets» se dirige a un sistema y método que emplea reflexiones de un radomo que recubre la antena del radar. El sistema al que se dirige Sarafian incluye un transceptor, ubicado dentro del radomo, que recibe reflejos del radomo. El transceptor retransmite una señal hacia el radomo, con un retraso correspondiente a la distancia simulada. La señal retransmitida se refleja desde el radomo hacia la antena del radar.

La publicación de solicitud de patente estadounidense 2015/0369905 a nombre de Shipley se dirige a un dispositivo de simulación de objetivos que incluye un conjunto de antenas verticales posicionado en un radar o cerca de este. El dispositivo de simulación transmite señales, en respuesta a señales recibidas del radar, que simulan una señal de reflexión de uno o más objetivos de acimuts, elevaciones y distancias particulares. Se puede hacer rotar el dispositivo de simulación alrededor del radar para simular el acimut de un objetivo. El dispositivo de simulación controla la transmisión desde el conjunto de antenas verticales para simular la elevación del objetivo, en función de la señal recibida del radar. El dispositivo de simulación controla el retraso de la señal transmitida para simular la distancia del objetivo.

COMPENDIO DE LA TÉCNICA DESCRITA EN LA PRESENTE

Un objeto de la técnica descrita es proporcionar un método y sistema novedosos para simular una trayectoria de un objetivo de un radar. De acuerdo con la técnica descrita, se proporciona, por lo tanto, un método para simular una trayectoria de un objetivo de un radar. El método incluye procedimientos para determinar una trayectoria simulada del objetivo simulado y determinar una trayectoria del vehículo de simulación para un vehículo de simulación. La trayectoria del vehículo de simulación se define de acuerdo con un perfil de simulación. El perfil de simulación incluye al menos un perfil de simulación espacial y un perfil de retraso de la señal. El perfil de simulación espacial incluye un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación. El método incluye además procedimientos para maniobrar el vehículo de simulación de acuerdo con el perfil de simulación espacial, recibir una señal del radar en el vehículo de simulación y retransmitir una señal hacia el radar al menos de acuerdo con el perfil de retraso de la señal.

De acuerdo con otro aspecto de la técnica descrita, se proporciona, por lo tanto, un sistema para simular una trayectoria de un objetivo simulado por un radar. El sistema incluye un vehículo de simulación que incluye un transductor receptor, un receptor, un detector de posición, un transmisor, un transductor transmisor y un procesador. El procesador incluye al menos un retraso de la señal y está acoplado al receptor y al transmisor. El receptor está acoplado además al transductor receptor y el transmisor está acoplado además al transductor transmisor. El transductor receptor recibe señales del radar y transforma la señal recibida en una señal eléctrica recibida. El receptor recibe la señal eléctrica recibida y al menos muestrea la señal eléctrica recibida para producir una señal recibida muestreada. El detector de posición determina la posición actual del vehículo de simulación. El transmisor convierte una señal de retransmisión en una señal analógica. El transductor transmisor transforma la señal analógica en una señal transmitida. El procesador recibe la señal recibida muestreada y produce la señal de retransmisión con un retraso definido por un perfil de retraso de la señal. El procesador determina además las características de movimiento del vehículo de simulación de acuerdo con un perfil de simulación espacial y la posición actual del vehículo de simulación. El perfil de simulación espacial define la trayectoria del vehículo de simulación. El perfil de simulación espacial incluye un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La técnica descrita se entenderá y apreciará más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada junto con las figuras en las que:

la Figura 1 es una ilustración esquemática de una situación conocida en la técnica de un vehículo, tal como una aeronave, que se desplaza a lo largo de una trayectoria;

las figuras 2A-2D son ilustraciones esquemáticas de una trayectoria del vehículo de simulación, de acuerdo con una modalidad de la técnica descrita;

las Figuras 3A-3D son ilustraciones esquemáticas de un ejemplo de perfil de simulación del acimut, un ejemplo de perfil de simulación de la elevación, un ejemplo de perfil de retraso de la señal y un ejemplo de perfil de características de la señal, todo de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita;

la Figura 4 es una ilustración esquemática de un sistema para simular una trayectoria del objetivo del radar, que se construye y funciona de acuerdo con una modalidad adicional de la técnica descrita; y

la Figura 5 es una ilustración esquemática de un método para simular una trayectoria del objetivo del radar, que funciona de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES

La técnica descrita supera las desventajas de la técnica anterior al proporcionar un sistema y un método para simular una trayectoria de un objetivo simulado para el entrenamiento del operador del radar, la calibración y/o evaluación del radar. De acuerdo con la técnica descrita, un vehículo de simulación (p. ej., un vehículo no tripulado tal como un dron controlado a distancia) realiza maniobras de acuerdo con una trayectoria del vehículo de simulación, que simula una trayectoria real de un objetivo. La trayectoria del vehículo de simulación se define de acuerdo con un perfil de simulación. El perfil de simulación incluye al menos un perfil de simulación espacial, un perfil de retraso de la señal y puede incluir además un perfil de características de la señal (p. ej., amplitud de la señal, efecto Doppler y similares). El perfil de simulación espacial define la trayectoria del vehículo de simulación en el espacio. El perfil de trayectoria espacial incluye, por ejemplo, al menos uno de un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación. El perfil de simulación del acimut define una trayectoria acimutal para el vehículo de simulación. El perfil de simulación de la elevación define una trayectoria de elevación para el vehículo de simulación. El perfil de simulación espacial puede incluir alternativamente una lista de coordenadas y elevaciones en un sistema de coordenadas de referencia. El perfil de retraso de la señal define los retrasos empleados antes de retransmitir una señal del radar recibida, simulando así la distancia del objetivo. El perfil de características de la señal define las características de señal de la señal retransmitida. Se observa que el término «distancia» y el término «alcance» se emplean en la presente de manera intercambiable.

De acuerdo con la técnica descrita, el vehículo de simulación maniobra dentro de la «zona ciega del radar». La expresión «zona ciega del radar» hace referencia a un espacio alrededor del radar donde el radar no detecta objetivos. Por ejemplo, la zona ciega del radar hace referencia a la distancia con respecto al radar definida de acuerdo con el período de tiempo durante el cual el radar transmite una señal y no recibe señales, multiplicado por la velocidad de propagación de la señal en el medio (p. ej., aire, espacio libre, agua). Este período de tiempo, durante el cual el radar transmite una señal y no recibe señales, multiplicado por la velocidad de propagación de la señal en el medio, define una esfera alrededor del radar en la que el radar no detecta objetos. Esta esfera es

la zona ciega del radar. En la presente, también se hace referencia a la zona ciega del radar como el «alcance mínimo de detección del radar». Se observa que el vehículo de simulación puede funcionar fuera de la zona ciega del radar. Sin embargo, esto puede producir una representación del vehículo de simulación que aparece en el radar. Esa representación normalmente debe tenerse en cuenta al entrenar, calibrar y/o evaluar el radar (p. ej., ignorarse o emplearse como un objetivo adicional).

A los efectos de las explicaciones presentadas en la presente, el vehículo de simulación se ejemplifica como un dron y la trayectoria del vehículo de simulación se define al menos de acuerdo con un perfil de simulación espacial y un retraso de la señal. Sin embargo, se observa que el objetivo simulado puede ser cualquier vehículo terrestre, aéreo o marítimo (p. ej., un automóvil, un avión, un barco y similares) y el vehículo de simulación puede ser un vehículo no tripulado correspondiente (p. ej., un dron controlado a distancia, un automóvil controlado a distancia, un barco controlado a distancia y similares). Además, el perfil de simulación espacial incluye al menos uno de un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación. La trayectoria del vehículo de simulación puede incluir cualquier combinación de al menos una de una trayectoria de simulación del acimut, una trayectoria de simulación de la elevación y características de retraso de la señal. Por ejemplo, al simular una embarcación, solo se requiere una trayectoria de simulación del acimut y retrasos de la simulación para definir una trayectoria del vehículo de simulación (es decir, se considera que el perfil de elevación incluye solamente un valor constante). Para simular un vehículo que se desplaza en línea recta hacia el radar y en sentido contrario, solamente se requieren retrasos de la simulación (es decir, se considera que los perfiles de acimut y elevación incluyen solamente valores constantes individuales respectivos). Además, el término «radar» que se emplea en la presente hace referencia a un sistema que determina el alcance y la dirección de un objeto de acuerdo con el tiempo de vuelo de una señal de retorno, donde la señal es, por ejemplo, señales de radiofrecuencia (RF), señales sonoras (p. ej., de ultrasonido o sonar) o señales de luz.

Ahora se hará referencia a las Figuras 2A-2D, que son ilustraciones esquemáticas de una trayectoria del vehículo de simulación, con la referencia general 100, de acuerdo con una modalidad de la técnica descrita. La trayectoria del vehículo de simulación en las Figuras 2A-2D simula una trayectoria real 118 (es decir, la trayectoria simulada) para entrenar a un operador de un radar 101 o para calibrar y evaluar el radar 101. El radar 101 se ubica en

el suelo 114. El dron 102 vuela a una distancia de maniobra con respecto al radar 101, que es menor que el alcance de detección mínimo 106 del radar 101 (es decir, el dron 102 no es detectado por el radar 101) de acuerdo con una trayectoria del vehículo de simulación. Las Figuras 2A y 2B muestran una trayectoria de simulación del acimut y las Figuras 2C y 2D muestran una trayectoria de simulación de la elevación. Para simular un objetivo a una distancia simulada R, el dron 102 recibe una señal transmitida por el radar 101 y retransmite la señal recibida con un retraso respectivo (es decir, de acuerdo con el perfil de retraso de la señal) y opcionalmente con la amplitud respectiva correspondiente a un alcance simulado y el efecto Doppler correspondiente a los cambios en el alcance simulado (es decir, ambos de acuerdo con un perfil de características de la señal), simulando así la distancia real, y su cambio, del dron 102 con respecto al radar 101. La retransmisión de la señal recibida con la amplitud respectiva simula la atenuación que experimenta la señal del radar a medida que esta se propaga a través del medio hacia el objetivo simulado y de regreso al radar 101 a la distancia simulada. En la presente, también se hace referencia a la retransmisión de la señal recibida con las respectivas características de la señal cmo «caracterización de la señal». De acuerdo con la trayectoria del vehículo de simulación, el dron 102 realiza una maniobra desde el punto 110_1 hasta el punto 110_2. El radar 101 recibe señales que simulan un objetivo que realiza una maniobra desde el punto 112_1 hasta el punto 112_2, correspondientes a los puntos 110_1 y 110_2 respectivamente.

Con respecto a las Figuras 2A y 2B, un dron 102 realiza una maniobra de acuerdo con una trayectoria de simulación del acimut 104 alrededor del radar 101. Tal como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la trayectoria del vehículo de simulación, el dron 102 puede realizar una maniobra desde un punto 110_1 hasta un punto 110_2. En el punto 110_1, el dron 102 se encuentra en un ángulo de acimut φ_1 (es decir, con respecto a una dirección de referencia 113) indicado por el arco doble. En el punto 110_2, el dron 102 se encuentra en un ángulo de acimut φ_2. Cuando el dron 102 realiza una maniobra desde el punto 110_1 hasta el punto 110_2, el dron 102 cambia su ángulo de acimut por $\Delta\varphi$. La distancia real entre el punto 110_1 y el punto110_2 es d. Dado que el dron 102 también emplea el retraso de la señal y la caracterización de la señal para simular la distancia y las características del objetivo, el radar 101 recibe señales que simulan una maniobra del objetivo desde el punto 112_1 hasta el punto 112_2, correspondientes a los puntos 110_1 y 110_2

respectivamente. La distancia entre el punto 112_1 y el punto 112_2 es D.

Con respecto a la Figura 2C y 2D, el dron 102 realiza una maniobra de acuerdo con una trayectoria de simulación de la elevación 116. En el punto 110_1, el dron 102 se encuentra en un ángulo de elevación de ϕ_1. En el punto 110_2, el dron 102 se encuentra en un ángulo de elevación de ϕ_2. Cuando el dron 102 realiza una maniobra desde el punto 110_1 hasta el punto 110_2, el dron 102 cambia su ángulo de elevación por $\Delta\phi$. En el punto 110_1, la elevación real, h, del dron 102, corresponde a un ángulo de elevación de ϕ_1 a la distancia r'. Dado que el dron 102 también emplea el retraso de la señal y la caracterización de la señal para simular la distancia y las características del objetivo, el radar 101 recibe señales que simulan un objetivo en el punto 112_1 y la elevación H. En el punto 110_2, la elevación real h+Δh del dron 102 corresponde a un ángulo de elevación de ϕ_2 (indicado por el arco doble) a la distancia r'. Dado que el dron 102 también emplea el retraso de la señal y la caracterización de la señal para simular la distancia, el radar 101 recibe señales que simulan un objetivo en los puntos 112_2 y la elevación H+ΔH. En otras palabras, el cambio Δh en la elevación del dron 102 corresponde a un cambio ΔH en la elevación del objetivo simulado para un retraso específico de la señal.

Una trayectoria del vehículo de simulación de acuerdo con la técnica descrita simula una trayectoria de un objetivo. La trayectoria simulada del objetivo puede definirse en cuanto al acimut del objetivo con respecto a una dirección de referencia, la distancia del objetivo con respecto al radar y la elevación del objetivo por encima de un plano de referencia. Como ejemplo adicional, la trayectoria simulada puede definirse mediante un conjunto de coordenadas en un sistema de coordenadas de referencia. De acuerdo con incluso otro ejemplo, la trayectoria simulada puede definirse como un conjunto de aceleraciones y direcciones con respecto a una posición inicial en un sistema de coordenadas de referencia. El sistema de coordenadas de referencia puede ser un sistema de coordenadas global (p. ej., WSG 84, ETRS89) o un sistema de coordenadas local, por ejemplo, un sistema de coordenadas definido por la ubicación del radar y una dirección de referencia (p. ej., la ubicación del radar se define como la ubicación [0;0;0] y la dirección de referencia define uno de los ejes del sistema de coordenadas).

Tal como se mencionó anteriormente, la trayectoria del vehículo de simulación se define de acuerdo con un perfil de simulación. El perfil de simulación incluye al menos un perfil de simulación espacial y un perfil de simulación del retraso. El perfil de simulación puede

incluir además un perfil de características de la señal (p. ej., amplitud de la señal, perfil de efecto Doppler). El perfil de simulación espacial puede definir una lista de coordenadas y elevaciones o una lista de cambios de ubicación y elevación en el sistema de coordenadas de referencia. Tal como se mencionó anteriormente, el perfil de simulación espacial puede incluir alternativamente al menos uno de un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación. El perfil de simulación del acimut define una trayectoria acimutal para el vehículo de simulación. El perfil de simulación de la elevación define una trayectoria de elevación para el vehículo de simulación. El perfil de retraso de la señal define el período de tiempo durante el cual el transceptor del vehículo de simulación debe retrasar la retransmisión de señales y la señal. El perfil de características de la señal define las características de señal de la señal retransmitida. El vehículo de simulación realiza una maniobra de acuerdo con los perfiles de simulación del acimut y la elevación y retrasa la retransmisión de la señal recibida de acuerdo con el perfil de retraso de la señal, por lo que la maniobra se realiza de acuerdo con la trayectoria del vehículo de simulación y se simula la trayectoria del objetivo.

Para determinar el perfil de simulación, se determina la distancia de maniobra del vehículo de simulación (p. ej., un dron) con respecto al radar. Por ejemplo, se puede determinar que la distancia de maniobra del vehículo de simulación se encuentra a una distancia con respecto al radar, menor que el alcance de detección mínimo del radar. Volviendo a las Figuras 2B y 2D, la distancia de maniobra se indica como r'. Ahora se hará referencia a las Figuras 3A-3C, que son ilustraciones esquemáticas de un ejemplo de perfil de simulación del acimut con la referencia general 150, un ejemplo de perfil de simulación de la elevación con la referencia general 152, un ejemplo de perfil de retraso de la señal 154 y un ejemplo de perfil de características de la señal con la referencia general 155, todos de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. Con respecto a la Figura 3A, el perfil de simulación del acimut 150 define la trayectoria del acimut de simulación (es decir, los acimuts del vehículo de simulación a lo largo del tiempo). Los acimuts definidos por el perfil de simulación del acimut 150 corresponden a los acimuts de la trayectoria simulada. Por lo tanto, estos acimuts también definen los acimuts del vehículo de simulación, cuando se realiza la maniobra de acuerdo con el perfil de simulación. De acuerdo con otro ejemplo, el perfil de simulación del acimut puede definir las ubicaciones del vehículo de simulación en un sistema de coordenadas de referencia, a lo largo del tiempo. Estas

ubicaciones se determinan, por ejemplo, de acuerdo con la ubicación del radar en el sistema de coordenadas de referencia, los acimuts (es decir, con respecto a una dirección de referencia) y la distancia de maniobra del vehículo de simulación con respecto al radar. Se observa que la derivada del perfil de simulación del acimut define la velocidad de rotación del vehículo de simulación alrededor del radar (p. ej., con respecto a la Figura 2A, la velocidad de rotación del vehículo de simulación 102 alrededor del radar 101 en la trayectoria de simulación del acimut 104).

Con respecto a la Figura 3B, el perfil de simulación de la elevación 152 define la trayectoria de elevación de la simulación (es decir, las elevaciones del vehículo de simulación a lo largo del tiempo). Para determinar el perfil de simulación de la elevación, se determinan los ángulos de elevación de la trayectoria simulada de acuerdo con las elevaciones y distancias de la trayectoria simulada (p. ej., al emplear identidades trigonométricas conocidas). A partir de estos ángulos de elevación y la distancia de maniobra, se determinan las elevaciones del vehículo de simulación, cuando se realiza una maniobra de acuerdo con el perfil de simulación.

Con respecto a la Figura 3C, el perfil de retraso de la señal 154 define los períodos de tiempo durante los cuales el dron debería retrasar la señal del radar recibida antes de la retransmisión, a lo largo del tiempo. Las distancias del objetivo simulado se determinan de acuerdo con la diferencia entre la distancia real del vehículo de simulación y la distancia simulada con respecto al radar. La distancia real del vehículo de simulación se determina de acuerdo con la distancia de maniobra y las elevaciones reales. La diferencia entre la distancia real del vehículo de simulación y la distancia simulada con respecto al radar, y la velocidad de propagación de la señal en el medio, define los períodos de tiempo durante los cuales el dron debería retrasar la señal del radar recibida antes de la retransmisión. El perfil de retraso de la señal 154 se determina de acuerdo con estos retrasos.

Con respecto a la Figura 3D, el perfil de características de la señal 155 se ejemplifica con un perfil de amplitud 156 (representado con una línea continua) y un perfil de efecto Doppler 158 (representado con una línea con barras y doble punto), que define las amplitudes con las que el dron retransmite la señal del radar recibida a lo largo del tiempo. Las amplitudes de la señal retransmitida simulan la atenuación que experimenta la señal en el medio cuando se propaga hacia el objetivo simulado y de regreso al radar. La amplitud de la señal retransmitida también puede simular pérdidas debido a

imperfecciones del transmisor, la pérdida de ruta en espacio libre (FSPL) o la dispersión de ondas. La amplitud de la señal retransmitida puede simular además los efectos que características específicas del objetivo, tales como la sección transversal del radar, pueden tener sobre la amplitud de la señal recibida por el radar. El perfil de efecto Doppler 158 define el efecto Doppler en la frecuencia de la señal retransmitida, provocada por el cambio en la distancia simulada con respecto al radar. En general, el efecto Doppler está relacionado con la tasa de cambio (es decir, la derivada) del alcance del objetivo simulado con respecto al radar. Sin embargo, dado que el retraso de la señal es proporcional a esta distancia simulada, el efecto Doppler está relacionado asimismo con la tasa de cambio del retraso de la señal.

Ahora se hará referencia a la Figura 4, que es una ilustración esquemática de un sistema, con la referencia general 200, para simular una trayectoria del objetivo del radar, que se construye y funciona de acuerdo con una modalidad adicional de la técnica descrita. El sistema 200 está ubicado en un vehículo de simulación 201 tal como un dron 201. El sistema 200 incluye un transductor receptor 202, un transductor transmisor 204, un receptor 206, un transmisor 208, un procesador 210, una memoria 212, un detector de posición 214 y un controlador de maniobras del vehículo 216. El procesador 210 incluye un retraso de la señal 217 y un caracterizador de la señal 218. El receptor 206 incluye opcionalmente un atenuador 205. El procesador 210 está acoplado al receptor 206, al transmisor 208, a la memoria 212, al detector de posición 214 y al controlador de maniobras del vehículo 216. El receptor 206 está acoplado además al transductor receptor 202. El transmisor 208 está acoplado además al transductor transmisor 204.

El transductor receptor 202 puede ser un transductor de RF (es decir, una antena), un transductor óptico (p. ej., un fotodiodo, un resistor dependiente de la luz - LDR y similares) o un transductor sónico (p. ej., un transductor piezoeléctrico, un transductor capacitivo, transductores magnetorrestrictivos y similares), correspondiente al tipo de señal empleada por el radar. De manera similar, el transductor transmisor 204 puede ser un transductor de RF, un transductor óptico o un transductor sónico, correspondiente al tipo de señal empleada por el radar. El procesador 210 puede ser un procesador de uso general, un procesador de señales digitales o un procesador de uso específico implementado con matrices de puertas programables en campo (FPGA, por sus siglas en inglés) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC, por sus siglas en inglés) o con componentes

discretos. El detector de posición 214 es, por ejemplo, un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) que determina la ubicación del sistema 200 en un sistema de coordenadas de referencia (p. ej., WSG 84, ETRS89 o un sistema de coordenadas definido por la ubicación del radar y una dirección de referencia). El detector de posición puede incluir, de manera alternativa o adicional, una unidad de medición inercial (IMU, por sus siglas en inglés) que mida las aceleraciones lineales y angulares del vehículo de simulación 201, proporcionando así información relacionada con la ubicación y orientación del vehículo de simulación 201 con respecto a una ubicación y orientación de referencia. El detector de posición 214 también puede ser un receptor que reciba información relacionada con la posición (es decir, ubicación y orientación) del vehículo de simulación 201 con respecto a una estación remota y proporciona esta información al procesador 210 (p. ej., de acuerdo con un protocolo de transmisión de datos de navegación estándar tal como NMEA 0183 o UBX). La memoria 212 almacena al menos el perfil de simulación del acimut, el perfil de simulación de la elevación y el perfil de características de la señal correspondiente a la trayectoria simulada.

El transductor receptor 202 recibe una señal del radar y transforma esta señal recibida en una señal eléctrica recibida. El transductor receptor 202 proporciona la señal eléctrica recibida al receptor 206. El receptor 206 muestrea al menos la señal recibida eléctrica para producir una señal recibida muestreada. El receptor 206 puede filtrar además la conversión eléctrica descendente y demodular la señal eléctrica recibida. El receptor 206 proporciona la señal recibida muestreada al procesador 210. Cuando el radar emplea señales de RF (es decir, un radar de RF) o señales sónicas (es decir, un radar sónico), el receptor 206 incluye el atenuador 205, que atenúa las señales recibidas del transductor receptor 202. Cuando el vehículo de simulación 201 funciona a distancias con respecto al radar menores que el alcance de detección mínimo del radar, el sistema 200 puede recibir los lóbulos laterales producidos por el radar, así como el lóbulo principal. El atenuador 205 atenúa las señales recibidas al recibir el transductor 202 de forma tal que el receptor 206 muestree solamente las señales eléctricas recibidas correspondientes al lóbulo principal del radar (es decir, de lo contrario, podría ser difícil determinar el momento de llegada de una señal recibida del lóbulo principal del radar y, por lo tanto, es difícil determinar cuándo retransmitir la señal del radar).

El procesador 210 produce una señal de retransmisión de acuerdo con el perfil de retraso

de la señal y opcionalmente de acuerdo con el perfil de características de la señal. La señal de retransmisión presenta, por ejemplo, la amplitud definida por el perfil de características de la señal (es decir, cuando el perfil de características de la señal incluye un perfil de amplitud). El procesador 210 proporciona la señal de retransmisión al transmisor 208 con un retraso correspondiente al retraso definido por el perfil de retraso de la señal, con respecto al momento de llegada de la señal. El transmisor 208 convierte la señal de retransmisión en una señal analógica y opcionalmente amplifica y filtra la señal analógica y proporciona la señal analógica al transductor transmisor 208. El transductor transmisor transforma la señal analógica en una señal transmitida, donde la señal transmitida es el tipo de señal empleado por el radar (p. ej., una señal de RF, una señal de luz o una señal sónica).

Además, el procesador 210 emplea el perfil de simulación espacial para determinar las características de movimiento del vehículo de simulación 201. Las características de movimiento incluyen al menos la dirección de movimiento y aceleración para simular el vehículo 201. Con ese fin, el procesador 210 recibe la posición actual del vehículo de simulación 201 del detector de posición 214 y determina las características de movimiento requeridas para simular el vehículo 201 para cumplir con el perfil de simulación espacial. El procesador 210 proporciona las características de movimiento requeridas al controlador de maniobras del vehículo 216. El controlador de maniobras del vehículo 216 determina los comandos de control de movimiento requeridos para el sistema de maniobras del vehículo. Por ejemplo, cuando el vehículo de simulación 201 es un cuadrirrotor, el controlador de maniobras del vehículo 216 determina las velocidades de rotación requeridas o cada rotor requerido para lograr las características de movimiento requeridas. Como ejemplo adicional, cuando el vehículo de simulación es un automóvil de control a distancia, el controlador de maniobras del vehículo 216 determina el ángulo de dirección requerido y la velocidad de revoluciones del motor para lograr las características de movimiento requeridas.

Ahora se hará referencia a la Figura 5, que es una ilustración esquemática de un método para simular una trayectoria del objetivo del radar, que funciona de acuerdo con otra modalidad de la técnica descrita. En el procedimiento 250, se determina la ubicación del radar en un sistema de coordenadas de referencia. El sistema de coordenadas de referencia es, por ejemplo, WSG 84, ETRS89 o un sistema de coordenadas definido por la

ubicación del radar y una dirección de referencia.

En el procedimiento 252, se determina una trayectoria simulada de un objetivo. Esta trayectoria del objetivo simulada es la trayectoria que ha de simular el vehículo de simulación. La trayectoria simulada puede definirse en cuanto al acimut del objetivo con respecto a una dirección de referencia, la distancia del objetivo con respecto al radar y la elevación del objetivo por encima de un plano de referencia. Como ejemplo adicional, la trayectoria simulada puede definirse mediante un conjunto de coordenadas en el sistema de coordenadas de referencia. De acuerdo con incluso otro ejemplo, la trayectoria simulada puede definirse como un conjunto de aceleraciones y direcciones con respecto a una posición inicial en el sistema de coordenadas de referencia.

En el procedimiento 254, se determina una trayectoria del vehículo de simulación para un vehículo de simulación. La trayectoria del vehículo de simulación se define de acuerdo con un perfil de simulación. El perfil de simulación incluye un perfil de simulación espacial y un perfil de retraso de la señal. El perfil de simulación puede incluir además un perfil de características de la señal (p. ej., un perfil de amplitud). El perfil de simulación espacial puede definir una lista de coordenadas y elevaciones o una lista de cambios de ubicación y elevación en el sistema de coordenadas de referencia. Tal como se mencionó anteriormente, el perfil de simulación espacial puede incluir alternativamente al menos uno de un perfil de simulación del acimut y un perfil de simulación de la elevación. El perfil de simulación del acimut define una trayectoria acimutal para el vehículo de simulación. El perfil de simulación de la elevación define una trayectoria de elevación para el vehículo de simulación. El perfil de retraso de la señal define el período de tiempo durante el cual el transceptor del vehículo de simulación debe retrasar la retransmisión de señales y la señal. El perfil de características de la señal define las características de señal de la señal retransmitida. Después del procedimiento 252, el método pasa a los procedimientos 254 y 256.

En el procedimiento 256, el vehículo de simulación se maniobra de acuerdo con el perfil de simulación espacial. Maniobrar el vehículo de simulación de acuerdo con el perfil de simulación espacial incluye determinar las características de movimiento del vehículo de simulación y determinar los comandos de control de movimiento para el vehículo de simulación. Con respecto a la Figura 4, el procesador 210 determina las características de movimiento del vehículo de simulación de acuerdo con el perfil de simulación espacial. El

procesador 210 proporciona estas características de movimiento al controlador de maniobras del vehículo que determina los comandos de control de movimiento para el sistema de maniobras del vehículo.

En el procedimiento 258, el vehículo de simulación recibe una señal del radar. Con respecto a la Figura 4, el transductor receptor 202 recibe una señal del radar, transforma lo recibido en una señal eléctrica recibida y proporciona la señal eléctrica recibida al receptor 206. El receptor 206 muestrea al menos la señal eléctrica recibida y proporciona la señal eléctrica recibida al procesador 210.

En el procedimiento 260, una señal se retransmite hacia el radar al menos de acuerdo con el perfil de retraso de la señal y opcionalmente de acuerdo con el perfil de características de la señal. Por consiguiente, el vehículo de simulación retrasa la transmisión de la señal retransmitida de acuerdo con el perfil de retraso de la señal. Tal como se describió anteriormente, el perfil de simulación puede incluir además un perfil de características de la señal (p. ej., amplitudes). El vehículo de simulación puede caracterizar de manera adicional la señal retransmitida de acuerdo con el perfil de características de la señal. Con respecto a la Figura 4, el procesador 210 produce una señal de retransmisión de acuerdo con el perfil de características de la señal y proporciona la señal de retransmisión al transmisor 208 con un retraso correspondiente al retraso definido por el perfil de retraso de la señal, en relación con el momento de llegada de la señal. El transmisor 208 convierte la señal de retransmisión en una señal analógica y proporciona la señal analógica al transductor transmisor 208 que transforma la señal analógica en el tipo de señal empleado por el radar.

Los expertos en la técnica apreciarán que la técnica descrita no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente en la presente. Por el contrario, el alcance de la técnica descrita es definido solamente por las reivindicaciones que siguen.