

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 350**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08763345 .9**

96 Fecha de presentación: **16.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2171877**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54 Título: **Método para codificar vectores**

30 Prioridad:  
**21.06.2007 EP 07301141**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.04.2012**

73 Titular/es:  
**KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.  
GROENEWOUDSEWEG 1  
5621 BA EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:  
**TOSATO, Filippo y  
SESIA, Stefania**

74 Agente/Representante:  
**Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 378 350 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método para codificar vectores.

**Campo de la invención.**

5 La presente invención se refiere a un método para codificar vectores para una señal de transmisión de múltiples entradas-múltiples salidas MIMO.

Esta invención es, por ejemplo, relevante para señales MIMO, implementadas por ejemplo en el UMTS (sistema universal de telecomunicaciones móviles).

**Antecedentes de la invención**

10 Un aspecto crítico de los sistemas de comunicación que operan en modo dúplex por división de frecuencia FDD es que los terminales proporcionen al transmisor información de estado de canal CSI fiable, que permita la planificación de usuario en el enlace descendente, la selección de esquemas de codificación y modulación adaptativa así como un preprocesamiento de las señales de datos según las condiciones de canal.

15 Esta información de control es fundamental, por ejemplo en esquemas de transmisión que usan redes de antenas en o cualquiera o ambos extremos de transmisión. De hecho, con el fin de aprovechar las ganancias de MIMO en términos de mayor rendimiento y/o mayor fiabilidad de los datos de transmisión, el transmisor debe poder formar haces que coincidan con el canal de propagación del usuario objetivo y que posiblemente minimicen la interferencia de otros haces no deseados. Esto se logra aplicando técnicas de precodificación en el lado de transmisor, lo que requiere un conocimiento preciso de los coeficientes de propagación de canal desde cada par de elementos de antena de transmisión y recepción.

20 Esta CSI se comunica normalmente al transmisor en un sistema FDD por medio de información de control realimentada periódicamente por los terminales de recepción. La señalización de control contiene generalmente una representación codificada de un vector de mediciones de canal, más un indicador de calidad de canal CQI que indica la relación señal-ruido más interferencia SINR a la que espera operar el receptor.

25 Una manera común de codificar el vector de canal es proporcionando un libro de códigos de vectores, que se conoce tanto para el transmisor como para el terminal, de manera que el terminal realimente un índice correspondiente al vector de libro de códigos que es el más próximo al vector de canal mediante alguna métrica. Esto es básicamente una operación de cuantificación vectorial. Esta notificación de índices de cuantificación se lleva a cabo periódicamente en tiempo y frecuencia, lo que significa que un índice se realimenta en cada bloque de recursos de tiempo-frecuencia dado. Estas notificaciones de realimentación muestran cierto nivel de correlación, que

30 El documento WO 2006/029261 da a conocer una codificación de vectores basada en libros de códigos.

**Sumario de la invención**

35 Un objeto de la invención es reducir la tasa de transmisión de bits de la señalización de control y/o aumentar la precisión de las notificaciones CSI. Para este fin, tiene sentido intentar aprovechar la correlación mencionada anteriormente.

40 Por tanto, se proporciona un método para codificar un vector aleatorio que comprende información de estado de canal para una señal de transmisión MIMO desde un transmisor hasta un receptor, que comprende una etapa de seleccionar un primer vector en un libro de códigos de vectores M dimensionales predefinido, y al menos una etapa de refinamiento en la que se cuantifica un vector de error entre el vector aleatorio y el primer vector por medio de la selección de un vector adicional de un libro de códigos de vectores predefinido adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa, en el que se conocen el libro de códigos de vectores M dimensionales y el libro de códigos de vectores predefinido adicional tanto para el transmisor como para el receptor.

45 Según una realización de la invención, se obtiene un libro de códigos de vectores adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa rotando un libro de códigos de vectores predefinido con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa.

Según otra realización de la invención, los parámetros de rotación están determinados totalmente por los vectores seleccionados en las etapas previas del procedimiento.

Según otra realización de la invención, un indicador del resultado de la cuantificación en cada etapa se señala desde el transmisor hasta el receptor.

50 También se proporciona un codificador para codificar un vector aleatorio que comprende información de estado de canal para una señal de transmisión MIMO desde un transmisor hasta un receptor, que se configura para seleccionar un primer vector en un libro de códigos de vectores M dimensionales predefinido, y para realizar al

5 menos una etapa de refinamiento en la que se cuantifica un vector de error entre el vector aleatorio y el primer vector por medio de la selección de un vector adicional de un libro de códigos de vectores predefinido adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa, en el que se conocen el libro de códigos de vectores M dimensionales y el libro de códigos de vectores predefinido adicional tanto para el transmisor como para el receptor.

La invención puede aplicarse en la codificación de señalización de control en sistemas de comunicación inalámbricos, particularmente, LTE de UMTS u otros sistemas celulares futuros.

10 Por tanto, se proporciona un terminal de comunicación inalámbrica que comprende tal codificador para codificar un vector aleatorio y un transmisor para transmitir dicho vector aleatorio a un receptor, y una estación base que comprende tal codificador para codificar un vector aleatorio y un transmisor para transmitir dicho vector aleatorio a un receptor.

### Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá en más detalle la presente invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

15 - las figuras 1 a 3 representan las etapas del método de refinamiento de la invención donde  $M=3$ .

### Descripción detallada de la invención

En esta invención, se describe un método para codificar un vector aleatorio en múltiples etapas con aumento de la precisión, lo que permite refinar la información transportada por el vector en caso de notificación sucesiva de instancias correlacionadas del vector.

20 En su forma más general, la invención puede describirse tal como sigue: si el vector que va a codificarse tiene la dimensión M, se proporcionan varios libros de códigos de vectores que son buenos para una cuantificación vectorial en espacios vectoriales de dimensiones M, M-1, hasta la dimensión 2, dependiendo el número de libros de códigos del número máximo de las etapas de refinamiento que se consideran para una aplicación dada.

25 La primera etapa del procedimiento de codificación es una operación de cuantificación vectorial ordinaria con el libro de códigos M dimensional. Esto se denomina etapa de refinamiento 0.

30 En la siguiente operación de codificación, puede realizarse en primer lugar un procedimiento de prueba, en el que el vector, que puede haber cambiado desde la etapa previa, se cuantifica de nuevo con el libro de códigos M dimensional. Si la cuantificación da como resultado un índice de vector diferente con respecto a la etapa previa, entonces este nuevo vector se toma como la nueva representación del vector. Sin embargo, si el índice de vector de cuantificación del libro de códigos M es el mismo que en la operación previa, entonces se tiene acceso a una etapa de refinamiento adicional. El error de cuantificación producido por el libro de códigos M se cuantifica por sí mismo usando el libro de códigos M-1. Denominemos esta etapa de refinamiento 1. Esto es posible porque el vector de error de cuantificación se encuentra en el espacio vectorial ortogonal al vector de cuantificación, que tiene dimensionalidad M-1. En una posible implementación del método, puede saltarse el procedimiento de prueba descrito anteriormente y puede forzarse el terminal para que siempre notifique el resultado de la etapa de refinamiento 1 después de la etapa 0 en un patrón regular. En este caso, si no es posible ningún refinamiento debido a que ha cambiado índice de vector del libro de códigos M dimensional, el terminal puede señalar este hecho al transmisor.

40 En la siguiente operación de codificación, puede realizarse de nuevo en primer lugar un procedimiento de prueba, en el que el vector se cuantifica de nuevo con el libro de códigos M y M-1. Si cualquiera de estas operaciones devuelve un índice diferente con respecto a las etapas previas, entonces la nueva representación del vector se proporciona mediante este nuevo índice. Por el contrario, si ambas operaciones devuelven los mismos índices, o si se salta el procedimiento de prueba, el método avanza con una etapa de refinamiento adicional en la que el vector de error asociado con la etapa de refinamiento 1 se cuantifica con el libro de códigos M-2. Ésta es la etapa de refinamiento 2.

45 El procedimiento iterativo puede continuar refinando adicionalmente la representación vectorial si se proporcionan libros de códigos para etapas de refinamiento adicionales. Cuando el procedimiento produce un índice de cuantificación con la menor dimensionalidad de libro de códigos proporcionada, continúa usando el mismo libro de códigos, siempre que los índices de cuantificación de mayores dimensionalidades de libro de códigos no cambien con respecto a la etapa previa.

50 En cada etapa, el libro de códigos predefinido de la dimensionalidad relevante puede rotarse para garantizar que es ortogonal al vector seleccionado en la etapa anterior. Ventajosamente, la rotación puede diseñarse de manera que se determine de forma única a partir de los vectores seleccionados en las etapas anteriores; esto tiene la ventaja de que la rotación usada puede conocerse totalmente tanto para el transmisor como para el receptor sin señalización adicional.

La invención se basa en el uso de diferentes libros de códigos con dimensionalidad reducida en etapas sucesivas del procedimiento de codificación. Cada uno de estos libros de códigos puede optimizarse para cada dimensión y los libros de códigos son independientes entre sí. Además, cuando se reduce la dimensión puede reducirse el tamaño de libro de códigos mientras que se mantiene igual la distorsión promedio.

- 5 La técnica de la invención puede usarse, por ejemplo, para codificar información de estado de canal CSI que va a notificarse desde los terminales a la estación base en un sistema de comunicación. En caso de señalización de la CSI, puede usarse la salida de las operaciones de cuantificación llevadas a cabo en diferentes etapas en eventos de señalización sucesivos en el tiempo, o para bloques de recursos adyacentes sucesivos en frecuencia, o para trayectorias espaciales adyacentes sucesivas del canal. Según la técnica de la invención, cada mensaje de realimentación sucesivo que usa un libro de códigos de cuantificación de dimensionalidad reducida proporciona a la estación base una versión más refinada de la información de estado de canal, en cualquier caso en el que haya una correlación entre una instancia de la CSI y la siguiente.
- 10

- Si el procedimiento de prueba se realiza en cada etapa tal como se describió anteriormente, el número de etapas de refinamiento en la técnica dependerá automáticamente del grado de correlación entre instancias sucesivas del vector que va a codificarse. Alternativamente, el número de etapas de refinamiento puede establecerse según una correlación medida o predicha entre instancias sucesivas del vector que va a codificarse, o puede determinarse.
- 15

- A continuación en el presente documento, se describe una posible implementación de esta invención. Por motivos de simplicidad, se considera un vector a M dimensional de valor real, donde  $M=3$ , y se ilustra la operación de cuantificación llevada a cabo con un libro de códigos tridimensional (etapa de refinamiento 0) y la etapa de refinamiento 1, usando un libro de códigos bidimensional. La métrica de cuantificación en este ejemplo es la distancia de cuerda.
- 20

En la figura 1, se representa la etapa de refinamiento 0. Sólo se traza el vector de libro de códigos con distancia de cuerda mínima desde  $a$ ,  $\hat{a}_1$  junto con el vector de error de cuantificación  $e$ . La representación aproximada de  $a$ , en la etapa de refinamiento 0 se proporciona simplemente por  $\hat{a}_1$ .

- 25 En la etapa de refinamiento 1 representada en la figura 2, el vector de error de cuantificación  $e$  de la etapa 0 se cuantifica por sí mismo usando el libro de códigos bidimensional proporcionado de antemano. La representación cuantificada de  $e$  se proporciona por  $\hat{e}$ , mientras que la representación refinada del vector  $a$  ahora se ha convertido en  $\hat{a}_1 \cos\phi + \hat{e}$ .

- 30 La figura 3 muestra la imagen completa del procedimiento de cuantificación en dos etapas. Puede mostrarse que en condiciones muy suaves en las distancias de cuerda mínimas de los dos libros de códigos la amplitud del vector de error  $\gamma$  después de la etapa de refinamiento 1 siempre es menor que la amplitud del vector de error  $e$  en la etapa 0.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para codificar un vector aleatorio que comprende información de estado de canal para una señal de transmisión MIMO desde un transmisor hasta un receptor, que comprende una etapa de seleccionar un primer vector en un libro de códigos de vectores M dimensionales predefinido, y caracterizado por al menos una etapa de refinamiento en la que se cuantifica un vector de error entre el vector aleatorio y el primer vector por medio de la selección de un vector adicional de un libro de códigos de vectores predefinido adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa, en el que se conocen el libro de códigos de vectores M dimensionales y el libro de códigos de vectores predefinido adicional tanto para el transmisor como para el receptor.
2. Método según la reivindicación 1, en el que se obtiene un libro de códigos de vectores adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa rotando un libro de códigos de vectores predefinido con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa.
3. Método según la reivindicación 2, en el que los parámetros de rotación están determinados totalmente por los vectores seleccionados en las etapas previas del procedimiento.
4. Método según la reivindicación 1, en el que se señala un indicador del resultado de la cuantificación en cada etapa desde el transmisor hasta el receptor.
5. Método según la reivindicación 4, en el que en cada etapa de refinamiento se lleva a cabo en primer lugar una cuantificación usando el libro de códigos de cada una de las etapas previas, y si el resultado de todas las cuantificaciones es el mismo que en la etapa previa se lleva a cabo la etapa de refinamiento y se señala el resultado de la etapa de refinamiento, mientras que si el resultado de al menos una de las cuantificaciones es diferente con respecto a la etapa previa se señala el resultado de la cuantificación usando el libro de códigos de la menor dimensión para el que el resultado es diferente con respecto a la etapa previa.
6. Método según la reivindicación 4, en el que en cada etapa de refinamiento se lleva a cabo en primer lugar una cuantificación usando el libro de códigos de la etapa previa, y si el resultado de las cuantificaciones es el mismo que en la etapa previa se lleva a cabo la etapa de refinamiento y se señala el resultado de la etapa de refinamiento, mientras que si el resultado de la cuantificación es diferente con respecto a la etapa previa se señala un indicador de que el refinamiento no es posible.
7. Método según la reivindicación 4, en el que cada etapa de refinamiento se realiza durante un intervalo de tiempo sucesivo según una secuencia predefinida.
8. Método según la reivindicación 1, en el que el vector aleatorio representa la información de estado de un canal de radio.
9. Método según la reivindicación 8, en el que cada etapa se lleva a cabo para el canal de radio en al menos uno de un aspecto de tiempo, frecuencia o espacial diferente.
10. Codificador para codificar un vector aleatorio que comprende información de estado de canal para una señal de transmisión MIMO desde un transmisor hasta un receptor, que se configura para seleccionar un primer vector en un libro de códigos de vectores M dimensionales predefinido, y caracterizado por estar adaptado además para realizar al menos una etapa de refinamiento en la que se cuantifica un vector de error entre el vector aleatorio y el primer vector por medio de la selección de un vector adicional de un libro de códigos de vectores predefinido adicional con dimensionalidad reducida en uno con relación a la etapa previa, en el que se conocen el libro de códigos de vectores M dimensionales y el libro de códigos de vectores predefinido adicional tanto para el transmisor como para el receptor.
11. Terminal de comunicación inalámbrica que comprende un codificador según la reivindicación 10, para codificar un vector aleatorio y un transmisor para transmitir dicho vector aleatorio a un receptor.
12. Estación base que comprende un codificador según la reivindicación 10, para codificar un vector aleatorio y un transmisor para transmitir dicho vector aleatorio a un receptor.

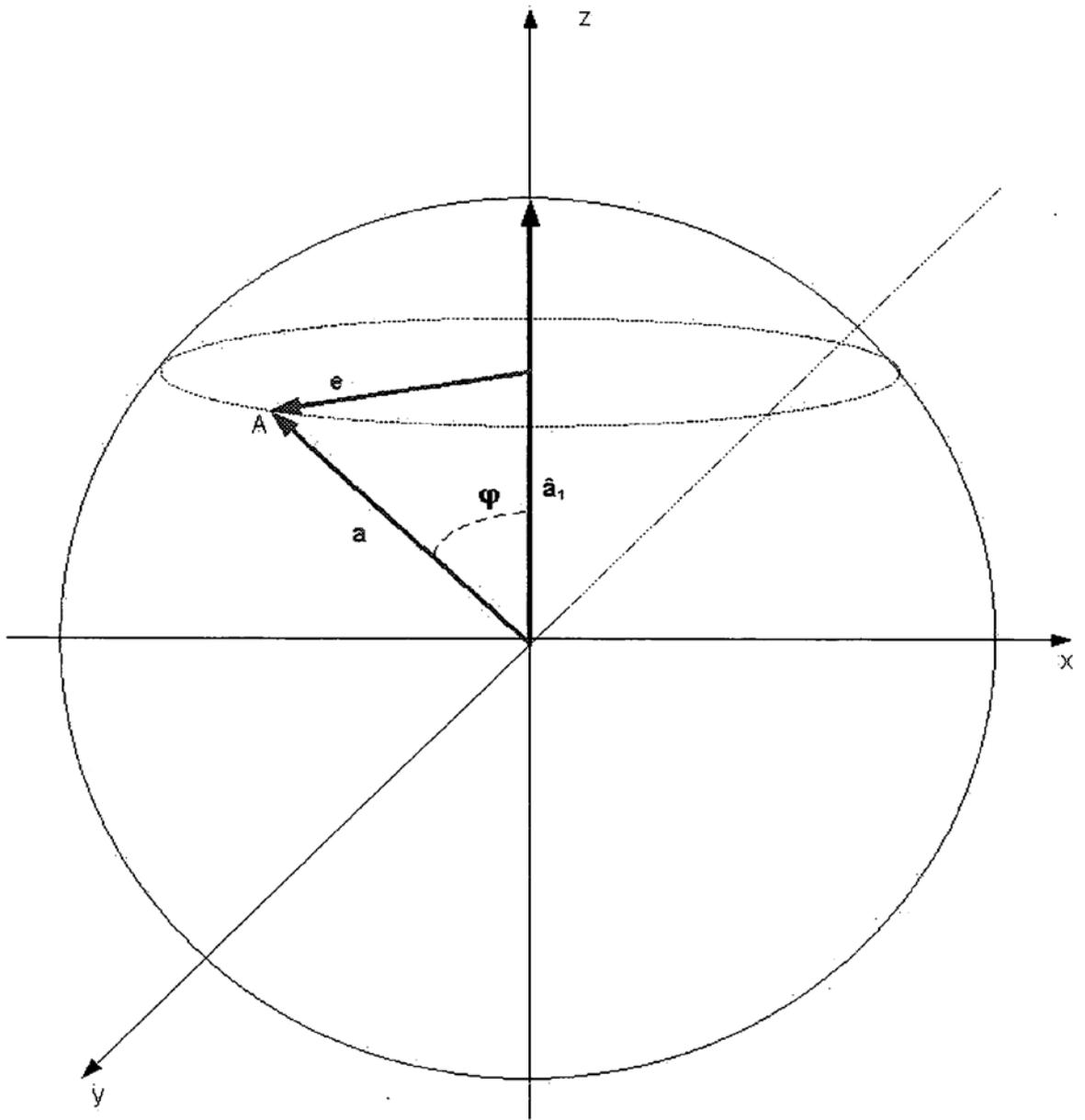


FIG1

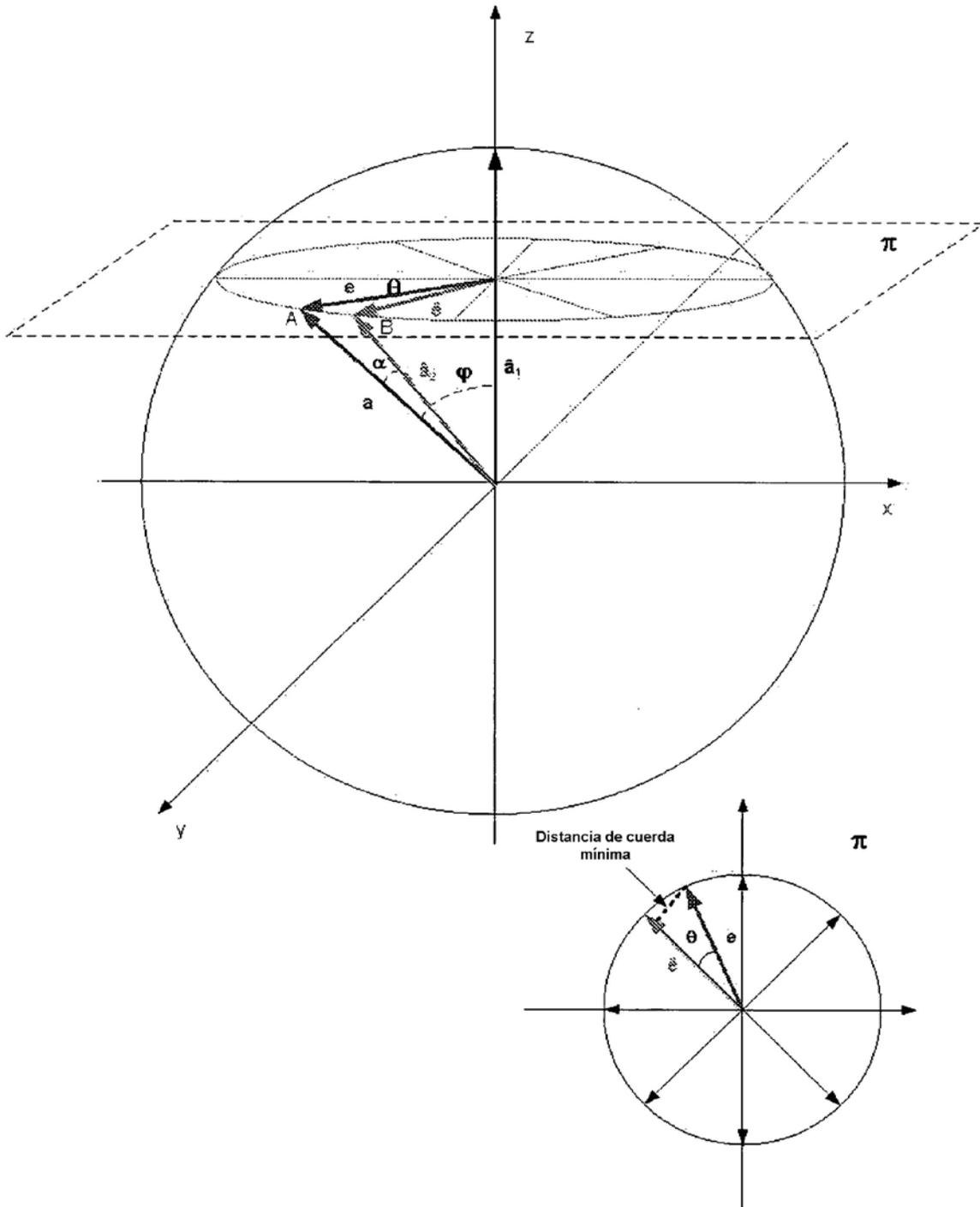


FIG2

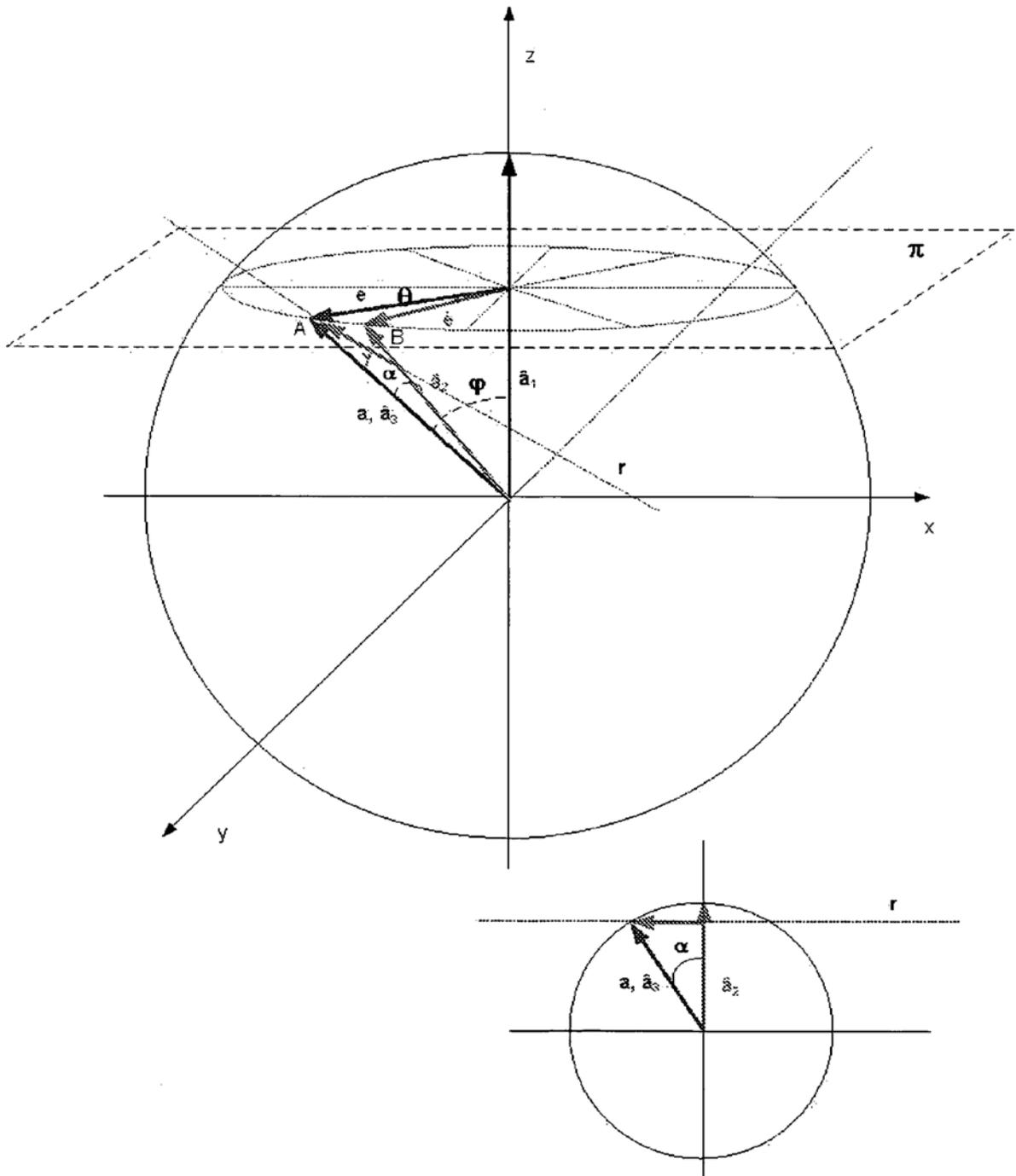


FIG3