

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 513**

51 Int. Cl.:

G05B 19/042 (2006.01)

G06F 11/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010** **E 10171077 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016** **EP 2418552**

54 Título: **Dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.06.2017

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

FOSSION, MARC y
DURVAUX, MARC

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 615 513 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

Dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia

La invención se refiere a un dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia.

5 Existen numerosos circuitos de control de electrónica de potencia, pero muy pocos que estén adaptados particularmente a un sistema aeroespacial tal como un satélite. En efecto, tales circuitos de control de electrónica de potencia se fabrican en muy pequeñas series, y muy personalizadas o dedicadas a una utilización.

Además, estos circuitos de control deben responder a las exigencias muy altas de fiabilidad en entornos con fuertes limitaciones.

10 Actualmente se conocen dispositivos de control de electrónica de potencia realizados a partir de componentes analógicos discretos o con un nivel de integración débil, tales como amplificadores operacionales, comparadores o básculas lógicas. Tales circuitos deben modificarse profundamente en cada evolución de las necesidades de los clientes, y los componentes periféricos discretos (resistencia y capacidades) deben ajustarse para cada equipo durante su producción.

15 Dada la variedad de componentes necesarios y de los plazos de entrega para los componentes de calidad suficiente para respetar las normas aeroespaciales, existiendo estos dispositivos generando existencias importantes que presentan una débil tasa de rotación.

Además, el coste de la mano de obra asociado es muy elevado y representa una parte importante del producto final.

20 Se conoce igualmente a partir del artículo "The RAD6000MC System-on-Chip Microcontroller for Spacecraft Avionics and Instrument Control" de Richard Berger (AEROSPACE CONFERENCE, 2008 IEEE) un circuito integrado de control de electrónica de potencia apto para embarcarse a bordo de un sistema aeroespacial.

Un objetivo de la invención es proponer un dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia, de concepción de coste reducido, apto para embarcarse a bordo de un sistema aeroespacial.

También, se propone, de acuerdo con un aspecto de la invención, un dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia de acuerdo con la reivindicación 1.

25 Un tal dispositivo, realizado con memoria no volátil o remanente, e integrando entidades lógicas distintas resistentes a las radiaciones, se adapta particularmente bien al ámbito aeroespacial, tal como la aviación, los lanzadores/misiles o lo espacial, incluso la robótica en entornos sometidos a radiaciones. Además, el coste de realización se limita y la adaptabilidad se mejora ampliamente. Además, se puede probar fácilmente la fiabilidad de un tal dispositivo, lo que es necesario para el ámbito espacial y más generalmente para el ámbito aeroespacial. Por otra parte, un tal dispositivo consume una cantidad de energía limitada.

30 Un tal dispositivo se adapta particularmente bien a la gestión de la energía eléctrica y a la mecatrónica, lo que no excluye la utilización para aplicaciones no relacionadas a la gestión de potencia eléctrica como la realización de sensores inteligentes u otras aplicaciones clásicas de microcontroladores.

35 Además, la separación física de estas entidades, permite a cada una de ellas funcionar en modo normal o degradado, incluso en caso de avería de una entidad vecina.

En un modo de realización, dichas entidades físicas de hardware distintas comprenden, además, una unidad analógica de protección en temperatura, tensión eléctrica, y en corriente eléctrica para evitar los desgastes del dispositivo y/o un sistema relacionado, endurecido para resistir los efectos de las radiaciones espaciales.

De esta manera, la aplicación puede resistir a una avería única evitando la propagación de un fallo.

40 En un modo de realización, el dispositivo comprende, además, un conjunto que comprende una memoria compartida y medios de gestión de acceso a dicha memoria compartida, para gestionar las comunicaciones de acuerdo con un mecanismo de tipo buzón, entre una entidad física de hardware del dispositivo con otra entidad física de hardware del dispositivo.

45 Se entiende el término comunicación según un mecanismo de buzón o "mailbox" en lengua anglosajona, un intercambio de informaciones entre entidades físicas de hardware de tal manera que la entidad emisora por escribe los datos de su mensaje en una memoria compartida en el instante en el que su proceso interno lo permite, y la entidad destinataria relee los datos del mensaje en otro instante posterior definido únicamente por su propio proceso interno. De esto resulta una comunicación asincrónica: el emisor no debe esperar que el destinatario esté listo para recibir el mensaje y el destinatario no interrumpe su función por la gestión de otra llegada de mensaje.

50 De esta manera, el riesgo de un problema de funcionamiento se limita ampliamente, por un aumento de la segregación de funcionamiento de las entidades físicas de hardware. En efecto, se evita de esta manera que la

ejecución de una tarea en curso de ejecución en una de las entidades físicas de hardware se retrase por la información que proviene del exterior de la entidad.

5 De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo comprende registros de memoria remanentes, un registro de memoria que comprende un código corrector dedicado para mejorar la resistencia a los efectos de las radiaciones en el espacio.

De esta manera, la configuración del equipo puede realizarse sobre la línea de producción (mediante el grabado de parámetros en la memoria) sin tener que reemplazar los componentes después de medir los rendimientos globales del equipo (los componentes ajustables no son utilizables porque son muy sensibles a las vibraciones).

10 En un modo de realización, dichos medios de gestión de acceso se adaptan para efectuar una gestión de dichas comunicaciones de manera estática y predefinida en dichos registros de memoria remanentes.

Se entiende por gestión estática predefinida el hecho de que el espacio de la memoria reservada para el intercambio de datos, aunque depende de la aplicación, se, para una aplicación dada, predefine en la configuración almacenada en la memoria remanente digital. Esta configuración se utiliza por los medios materiales (hardware) de gestión de acceso asociados a la memoria compartida para autorizar o bloquear el acceso a la memoria.

15 De esta manera, el riesgo de un problema de funcionamiento se limita ampliamente, por un aumento de la segregación de funcionamiento de las entidades físicas de hardware. En efecto, una ejecución errónea en una de las unidades físicas de hardware no puede transmitir información hacia los destinatarios con los que no debería intercambiar nunca información. Los caminos de comunicación posibles y los flujos de información asociados se conocen pues con anterioridad, lo que permite a cada entidad física de hardware funcionar en un contexto
20 enteramente determinista. Así pues, es posible que el diseñador explore todos los casos de funcionamiento y probar la ausencia de error en el proceso de funcionamiento de cada entidad física de hardware.

En un modo de realización, dichas unidades digitales de ajuste rápido, de comunicación de trazado y de depuración, y la unidad analógica de protección, comprenden máquinas en estados terminados.

25 La realización en forma de máquinas en estado terminado permite garantizar que el dispositivo no podrá entrar en un estado imprevisto, y permitir una validación sistemática con una cobertura al 100%.

Por ejemplo, dichas máquinas con estados terminados se realizan por secuenciadores de ejecución de instrucciones lineales.

Un secuenciador que solo ejecuta instrucciones lineales, particularmente carentes de bucles de programación, lo que limita drásticamente el riesgo de errores informáticos en el dispositivo.

30 De acuerdo con un modo de realización, se propone igualmente un sistema aeroespacial que comprende al menos un dispositivo tal como se describió anteriormente, en el que un subconjunto de dichas unidades puede ponerse redundantes.

El sistema aeroespacial puede así quedarse totalmente operativo a pesar de una avería parcial.

35 La invención se comprenderá mejor en el estudio de algunos modos de realización descritos a título de ejemplo sin ser limitantes, e ilustrados por los dibujos anexos en los que las figuras 1 y 2 representan esquemáticamente un dispositivo de circuitos de control de electrónica de acuerdo con dos aspectos de la invención.

En la figura 1 se representa esquemáticamente un dispositivo de circuitos de control de electrónica de acuerdo con un aspecto de la invención, que comprende las entidades físicas de hardware distintas siguientes que se comunican entre ellas:

- 40
- una unidad digital de microcontrolador UNMC para gestionar el funcionamiento del dispositivo resistente a las radiaciones;
 - una unidad digital de ajuste rápido UNRR para controlar procesos prioritarios y tiempo real, resistente a las radiaciones;
 - unidad digital de comunicación UNC con el exterior del dispositivo, resistente a las radiaciones;
- 45
- una unidad digital de trazado y de depuración UNTD para detectar errores en el momento de la concepción del dispositivo; y
 - una memoria remanente digital MRN para memorizar una información representativa de la configuración inicial del dispositivo, resistente a las radiaciones.

50 El modo de realización de la figura 2 comprende, además, una unidad analógica de protección UAP en temperatura, tensión eléctrica, y en corriente eléctrica, para evitar desgastes en el dispositivo y/o en un sistema relacionado,

resistente a las radiaciones.

En la presente descripción, el término rastreo significa un seguimiento de tratamiento en el que el desarrollo de un programa informático se visualiza sobre un soporte, y el término depuración significa una corrección de un error de programación informática, o "bug" en lengua anglosajona, de un programa informático.

- 5 La unidad digital de microcontrolador UNMC se dedica al control del nivel superior de equipos que conciernen la gestión de la alimentación energética, y es esencialmente asincrónica. La unidad digital de microcontrolador UNMC permite particularmente gestionar el funcionamiento de la alimentación energética de un sistema en el que se une el dispositivo. La unidad digital de microcontrolador UNMC se utiliza para ejecutar algoritmos demasiado complejos para la unidad de ajuste rápido UNRR y que no exige la velocidad de tratamiento que ofrece la UNRR. Ofrece también una dimensión de flexibilidad aumentada para enfrentarse a futuras aplicaciones.

Como ejemplos, la unidad digital de microcontrolador UNMC está especialmente adaptada al tratamiento de secuencias de inicio, de cambio de parámetros de reglas de ajuste (seguimiento del punto de potencia máxima de un panel solar), o de la gestión del ciclo de carga/descarga de una batería.

- 15 La unidad digital de microcontrolador UNMC se constituye normalmente de un núcleo de microcontrolador estándar en el que la lógica se ha endurecido para resistir a las radiaciones espaciales, y posee mecanismos de voto interno y de corrección de error.

La unidad digital de ajuste rápido UNRR permite particularmente gestionar procesos prioritarios y extremadamente rápidos. Se trata de una unidad sincrónica.

- 20 La unidad digital de ajuste rápido UNRR comprende una lógica optimizada para el tratamiento digital de la señal en un bucle de ajuste. Se sincroniza sobre las medidas de cantidades analógicas presentes aguas arriba de los convertidores analógicos hacia digital, que sirven de entrada al cálculo del ajuste. Sus salidas sirven para controlar las lógicas de modulación en amplitudes de impulso. Las salidas de estas lógicas se conectan directamente a los circuitos de amplificación que pilotan los elementos de comunicación de potencia.

- 25 La unidad digital de ajuste rápido UNRR se constituye normalmente de registros, y de unidades aritméticas y lógicas optimizadas para el tratamiento digital de la señal en números enteros, el total acompañado por un secuenciador configurable. La definición del algoritmo de ajuste se realiza pues definiendo una secuencia y unos parámetros. Cabe señalar que este enfoque de gestionar un cambio simple pero rápido de la regla de ajuste sobre una condición relacionada a una cantidad analógica medida.

- 30 La unidad digital de comunicación UNC permite particularmente gestionar los intercambios de datos, ya sean sincrónicos o asincrónicos.

La unidad digital de comunicación UNC siendo programable, puede adaptarse a diferentes protocolos de comunicación. Como es igualmente distinta de la unidad digital de microcontrolador UNMC y de la unidad digital de ajuste rápido UNRR, la ejecución de algoritmos de comunicación no puede interferir con las tareas confiadas a las otras unidades.

- 35 En materia de realización, la unidad digital de comunicación UNC comprende una lógica de serialización/deserialización de datos, una lógica de sincronización del reloj de recepción, una lógica de generación del reloj de emisión, y una lógica de cálculo de un código de detención de error de transmisión. Estas funciones lógicas se organizan alrededor de un secuenciador programable, de registros y de una unidad aritmética y lógica elemental.

- 40 La memoria remanente digital MRN permite particularmente, en el momento de la puesta en tensión del chip digital, recuperar los datos de configuración del dispositivo, y distribuirlos en el dispositivo. Las secuencias de instrucciones ejecutadas por la unidad digital de ajuste rápido UNRR, para el formateo o dar formato a los mensajes, y para la gestión de las diferentes unidades del dispositivo se extraen todas de la memoria no volátil digital MRN durante la fase de puesta a cero inicial.

- 45 La memoria remanente digital MRN contiene una tabla de interacciones permitidas y prohibidas entre las diferentes unidades del dispositivo. También, si una de las unidades no se utiliza, la configuración permite desactivar su funcionamiento, lo que conlleva por una parte un consumo de energía reducido, y por otra parte una limitación del riesgo de mal funcionamiento no deseado de esta unidad (reducción del riesgo de error de propagación).

- 50 La memoria remanente digital MRN normalmente se realiza por la memoria borrable y programable eléctricamente con redundancia para permitir la corrección de errores en la memorización. Esta memoria se asocia a una lógica de corrección de errores que se activa en el momento de la lectura de la memoria al inicio del dispositivo.

La unidad analógica de protección UAP se realiza sobre el chip analógico, de esta manera, una pérdida completa de la función de ajuste, situada sobre el chip digital no conlleva propagación de error en las otras unidades del dispositivo. Esta unidad de protección UAP permite particularmente una protección en tensión eléctrica del

dispositivo (para evitar que un exceso de tensión eléctrica pueda enviarse al dispositivo o al sistema unido al dispositivo), una protección en corriente eléctrica (para evitar que un exceso de corriente eléctrica se pueda enviar al dispositivo o al sistema unido al dispositivo), y una protección en temperatura (para evitar dañar otros equipos por saltos de temperatura).

5 Por lo general, el rastreo y la depuración permiten ayudar al diseñador del dispositivo en el momento de los ensayos y ajustes del dispositivo. La puesta en marcha de rastreo y de depuración se basa en las interrupciones y banderas que pueden adjuntarse en el conjunto de instrucciones digitales para que el diseñador pueda leer los valores del estado interno del dispositivo. Un tal enfoque no es posible para aplicaciones aeroespaciales, críticas, o de gran fiabilidad. En efecto, el método de observación influencia evidentemente el sistema que se observa.

10 El rastreo y la depuración puestos en marcha en el dispositivo son totalmente transparentes para la aplicación. Eso significa que, para una arquitectura apropiada del dispositivo, la observación de los valores del estado interno del dispositivo no influencia el comportamiento global del dispositivo. Las viables solo se leen por la unidad de rastreo y de depuración UNTD.

15 A diferencia de la concepción usual conocida de rastreo y de depuración, la presente unidad de rastreo y de depuración UNTD no se limita a efectuar el seguimiento de las variables internas del dispositivo. En efecto, también puede, de forma independiente a la unidad digital de ajuste rápido UNRR, adquirir cantidades analógicas con una base de tiempo propio. Esta funcionalidad, que es similar a la de un osciloscopio oculto en el equipo, permite, en el momento de la puesta a punto, observar el comportamiento del bucle de ajuste en relación con otras cantidades físicas (tensiones, corrientes, temperatura...).

20 El objetivo es poder observar el comportamiento del dispositivo o del sistema al que está ligado, durante las fases de prueba de rendimiento finales. Es necesario, pues, que estas fases de prueba se hagan exactamente en el estado representativo de la utilización final. Por estas razones, la unidad de rastreo y de depuración UNTD se alimenta mediante una alimentación externa (sin utilización de la fuente de alimentación de energía del chip digital en sí para que no pueda decirse que este consumo de corriente eléctrica cambia el comportamiento del dispositivo).

25 Estas funcionalidades permiten las investigaciones en condiciones de acceso difícil (equipo sellado y vacío espacial: entre las pruebas que sufre un equipo espacial, hay obligatoriamente una fase de pruebas que se ejecuta en condiciones que reproducen las condiciones reales de entorno. Esto se hace colocando el equipo en cuestión en una caja donde se recrean las condiciones de vacío espacial).

30 La unidad de rastreo y de depuración UNTD se organiza alrededor de un secuenciador programable asociado a registros y una unidad aritmética y lógica elemental. Se dispone una memoria intermedia que permite almacenar muestras adquiridas a gran velocidad antes de la retransmisión mediante la unidad digital de comunicación UNC. Unos contadores permiten generar una base de tiempo local y sincronizar una captura sobre una ocurrencia de eventos. Unos comparadores permiten activar la captura sobre una condición combinatoria presente en una de sus entradas. En la entrada, tiene un acceso a los convertidores analógico-digital y a los registros de la unidad digital de microcontrolador UNMC y de la unidad digital de ajuste rápido UNRR.

35 De manera ventajosa, el dispositivo comprende, además, un conjunto que comprende una memoria compartida y un módulo de gestión de acceso a dicha memoria compartida, para gestionar las comunicaciones de acuerdo con un mecanismo de tipo buzón entre una entidad física de hardware del dispositivo con otra entidad física de hardware del dispositivo.

40 El módulo de gestión de acceso se adapta para efectuar una gestión estática de dichas comunicaciones.

El acceso en lectura a una instrucción escrita en la memoria compartida se reserva a la entidad a la cual se destina, mientras que el acceso en escritura no tiene límite para el conjunto de las entidades.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de circuitos de control de electrónica de potencia que comprende las entidades físicas de hardware distintas siguientes que se comunican entre sí, que aseguran una mejora de la segregación de funcionamiento de dichas entidades de físicas hardware y un comportamiento determinista:
- 5 - una unidad digital de microcontrolador (UNMC) configurada para gestionar el funcionamiento del dispositivo, y endurecida para resistir los efectos de las radiaciones en el espacio;
 - una unidad digital de ajuste rápido (UNRR) configurada para controlar procesos prioritarios y tiempo real, y endurecida para resistir los efectos de las radiaciones en el espacio;
 - una unidad digital de comunicación (UNC) con el exterior del dispositivo, endurecida para resistir los efectos de las radiaciones en el espacio;
- 10 - una unidad digital de rastreo y de depuración (UNTD) configurada para detectar errores en el momento de la concepción del dispositivo;
 - una memoria remanente digital (MRN) configurada para memorizar una información representativa de la configuración inicial del dispositivo, y endurecida para resistir los efectos de las radiaciones en el espacio;
- 15 - un conjunto que comprende una memoria compartida y medios de gestión de acceso a dicha memoria compartida, configurada para gestionar las comunicaciones de acuerdo con un mecanismo de tipo buzón entre una entidad física de hardware del dispositivo con otra entidad física de hardware del dispositivo; y
 - registros de memoria remanentes, un registro de memoria que comprende un código corrector dedicado configurado para mejorar la resistencia a los efectos de las radiaciones en el espacio;
- 20 dichos medios de gestión de acceso adaptándose para efectuar una gestión de dichas comunicaciones de manera estática y predefinida en dichos registros de memoria remanentes.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, una unidad analógica de protección (UAP), en temperatura, tensión eléctrica, y en corriente eléctrica, configurada para evitar desgastes en el dispositivo y/o en un sistema ligado, y resistencia a las radiaciones.
- 25 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichas unidades digitales de ajuste rápido, de comunicación, de rastreo y de depuración, y la unidad analógica de protección, comprenden máquinas de estados terminados.
4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichas máquinas de estados terminados se realizan por secuenciadores de ejecución de instrucciones lineales.
- 30 5. Sistema aeroespacial, que comprende al menos un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que un subconjunto de dichas unidades se puede poner en redundancia.

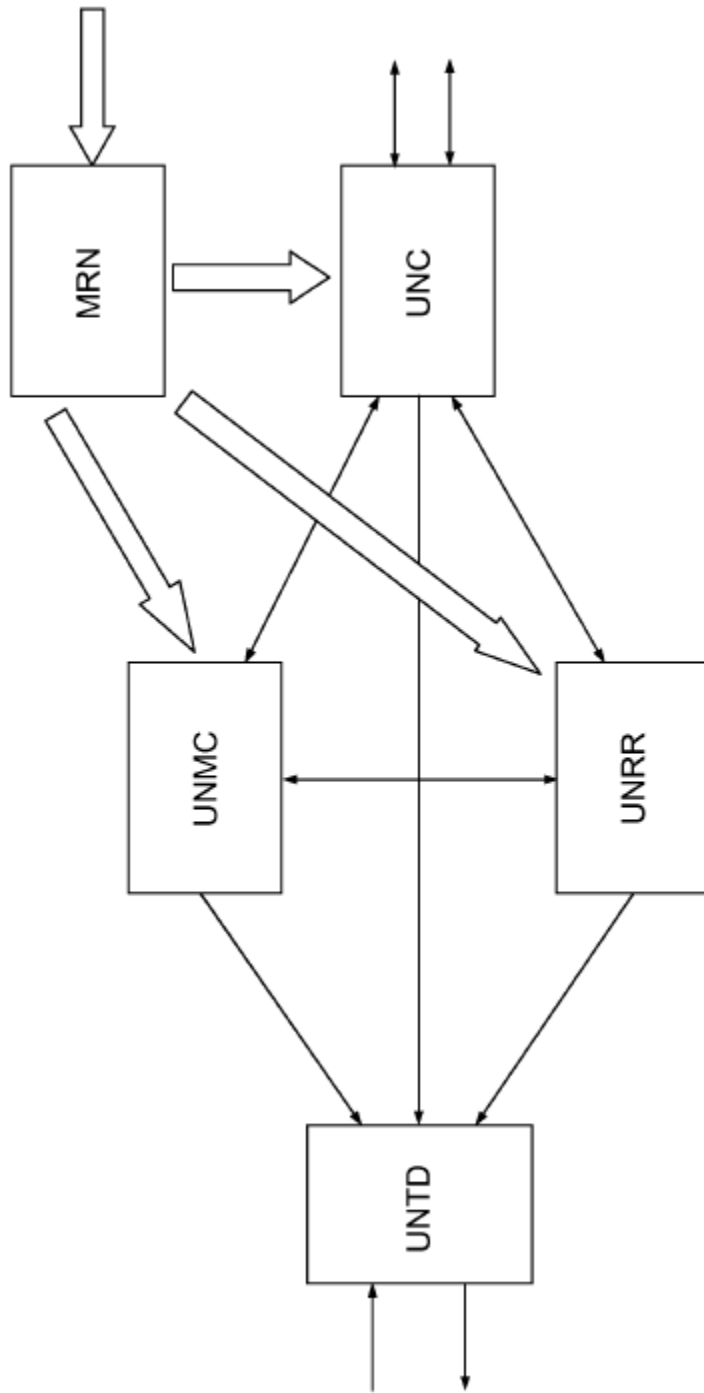


FIG.1

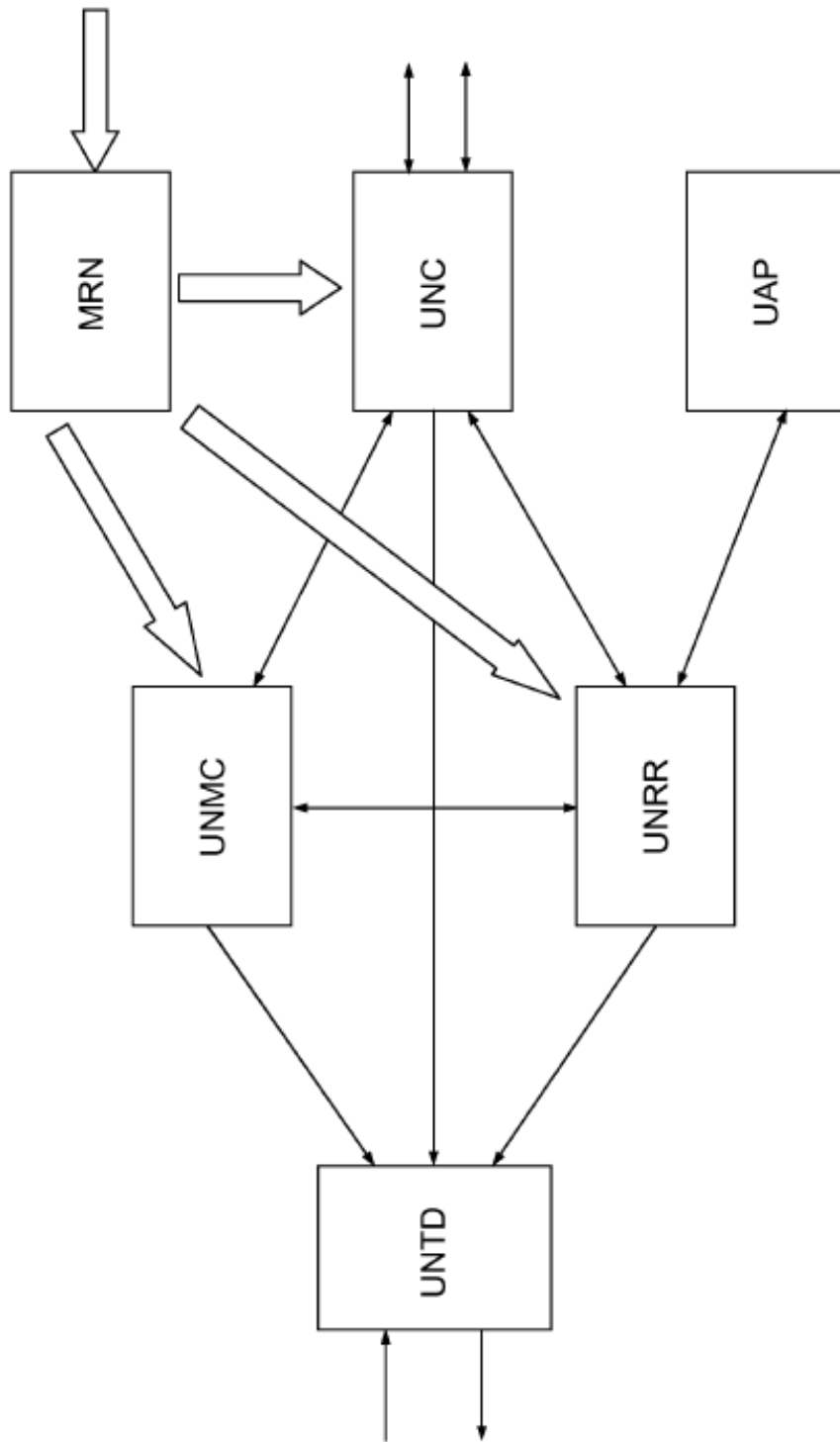


FIG.2