

## 1. FUNCIONES DEL SISTEMA DIMETRA

En este punto se describen las funciones del sistema, las cuales han sido divididas para un mejor entendimiento en los siguientes apartados:

- Servicios Básicos de Trunking de Área Extendida
- Tele-Servicios TETRA
- Servicios Suplementarios tipo Radiomóvil
- Servicios de Datos
- Interconexión telefónica
- Servicios Suplementarios tipo telefónico
- Servicios de seguridad
- Modo directo
- Prestaciones en equipos terminales
- Funciones Dimetra Avanzadas

### 1.1 Servicios Básicos de Trunking de Area Extendida.

El sistema Dimetra es un sistema de radio trunking y como tal permite una alta utilización de los recursos de canales radio. Esto significa que un sistema trunking puede dar servicio a más radios que un sistema convencional con el mismo número de canales, lo cual se consigue mediante la asignación dinámica de los canales de tráfico a través del canal de control digital y porque todos los canales de tráfico disponibles son compartidos entre todos los usuarios.

La utilización de un canal de control permite no sólo la asignación de canales sino el establecimiento de mecanismos más sofisticados de gestión como el establecimiento de prioridades entre los usuarios, etc. lo cual no es posible en sistemas convencionales.

Además, el sistema Dimetra es un sistema TDMA (Time Division Multiple Access) lo cual permite una operación trunking más avanzada y eficiente. La operación como canal de control no está únicamente reservada a una frecuencia sino que cualquier canal de tráfico puede asumir este modo operativo si así se requiriese, lo cual permite una más eficiente utilización de los recursos de canales tanto de tráfico como de control.

#### 1.1.1 Organización de Grupos

Los usuarios radio se organizarán típicamente en grupos de operación, según los requerimientos operativos del cliente, por ejemplo un grupo de mantenimiento, otro de instalaciones, otro de vigilancia, etc. Cuando un usuario establece una llamada, el resto de usuarios en ese grupo pueden escuchar la llamada pero no así ningún otro usuario fuera del grupo, salvo que esté programado para ello.

Esta organización en grupos permite un uso eficiente de los recursos y los usuarios sólo se deben preocupar en hablar y escuchar a otros usuarios en su propio grupo, mientras que un usuario en un sistema convencional debe escuchar todas las comunicaciones y decidir en cual de ellas debe intervenir.

#### 1.1.2 Registro y Roaming

Todos los usuarios y su situación son registrados por el sistema. El registro incluye tanto el grupo que tiene seleccionado el usuario como su identidad individual, que es única para cada usuario en el sistema.

Todos los usuarios del sistema se registran en su grupo preseleccionado o como terminal individual (ID), cuando tiene lugar alguna de las siguientes acciones:

- Encendido de equipo: el usuario es validado antes de serle autorizado el acceso a la red.
- Cambio de Grupo: cuando un usuario cambia de grupo de operación se informa al sistema.
- Cambio de Emplazamiento: cuando una radio pasa de un emplazamiento a otro, automáticamente informa al sistema.
- Apagado del equipo: El sistema no asignará más llamadas al equipo que ha sido apagado.

#### 1.1.3 Llamada Trunking

Las ventajas de los sistemas trunking telefónicos también son aplicables a los sistemas radio. Cuando un usuario radio inicia una llamada, la radio indica al

sistema mediante el canal de control la demanda de un canal de tráfico, conforme se ilustra en la figura adjunta.

El sistema valida la solicitud de llamada, temporalmente asigna un canal de tráfico e indica la concesión de canal a todos los miembros del grupo. Los miembros del grupo B responden por el canal de tráfico temporalmente asignado.

Cuando la llamada termina, todos los miembros del grupo B retornan al canal de control dejando el canal de tráfico disponible para otros usuarios.

## 1.2 Tele-Servicios TETRA

El sistema soporta los siguientes teleservicios básicos:

- Llamada de Grupo
- Llamada Multigrupo o de difusión (Broadcast)
- Llamada Privada

Las llamadas de voz pueden ser semi-dúplex o full-dúplex. Las llamadas de grupo, emergencia, individuales y multigrupo son siempre semi-dúplex, mientras que las llamadas telefónicas son full-dúplex.

Las Consolas tienen básicamente las mismas facilidades de llamada que las radios, además de la capacidad de realizar múltiples llamadas de grupo o individuales junto con otras facilidades, tales como Consola Prioritaria que permite que el despachador interrumpir la comunicación desde una radio.

### 1.2.1 Llamada de Grupo

Este tipo de llamada es la habitual en el sistema. Cada usuario radio al pulsar PTT se comunica con su grupo de conversación, del mismo modo que en un sistema convencional el usuario sólo debe pulsar para hablar. Un usuario puede pertenecer a más de un grupo. Un grupo consiste en uno o más usuarios que puede incluir una consola de control.

La llamada de grupo es un servicio semi-dúplex donde sólo uno de los usuarios puede transmitir en un momento dado.

Los diversos grupos de conversación se programan en el conmutador de canales de la radio del mismo modo que los canales en un sistema convencional, así si el usuario desea cambiar de grupo de conversación sólo tiene que girar el conmutador.

### 1.2.2 Llamada Individual semidúplex

La llamada individual, permite realizar una llamada selectiva entre dos usuarios. El usuario debe pasar su radio al modo de llamada individual, seleccionar la radio a llamar en una lista o por teclado, y pulsar PTT para iniciar la llamada. El usuario llamante podrá realizar la llamada individual mientras el usuario llamado no esté ocupado. La unidad llamante recibirá una señal de reconocimiento si la llamada individual se efectúa correctamente. Si el usuario llamado dispone de terminal con pantalla, en la misma mostrará el identificador del usuario llamante (ID).

La llamada finalizará cuando uno de los usuarios salga del modo de llamada individual o bien automáticamente tras un temporizador.

En el sistema Dimetra a las llamadas individuales se les da el nombre de llamadas privadas.

En el sistema Dimetra el gestor de red podrá habilitar o deshabilitar este servicio para cada terminal de la red, así como ajustar los parámetros importantes de este tipo de llamada.

La llamada individual puede ser de:

- MS a MS
- MS a Consola
- Consola a MS

La Consola puede interrumpir al MS en conversación.

El MS puede almacenar el ID del MS/Consola llamante para realizar una rellamada en caso de no responder a una llamada individual entrante.

La llamada individual soporta la selección y reselección de célula definidas en el estándar TETRA.

Es posible especificar para cada usuario qué emplazamientos pueden ser usados para llamadas individuales.

### 1.2.3 Llamada Multigrupo - "Broadcast"

La llamada multigrupo se utiliza para hacer una llamada simultánea a varios grupos de conversación. Las llamadas multigrupo son llamadas en una única dirección, es decir, desde el que inicia la llamada a todos los grupos y sus miembros.

Esta llamada opera de modo que los usuarios inmersos en una llamada en curso no son interrumpidos.

### 1.3 Servicios Suplementarios tipo Radiomóvil

#### 1.3.1 Llamada de Emergencia

La llamada de emergencia tiene el nivel de prioridad más alto en el sistema.

Cuando un usuario hace una llamada de emergencia, sube el nivel de prioridad de su grupo al máximo nivel.

El proceso de llamada de emergencia se inicia pulsando, durante un tiempo dado, el botón de emergencia, lo que produce la transmisión de una alarma de emergencia en el canal de control, por lo que no es necesario que en el momento de pulsar el botón de emergencia haya canales de tráfico libres. La alarma de emergencia se presenta al operador de manera sonora y visual, indicando además la identidad de la radio que ha transmitido la alarma. La transmisión de la alarma de emergencia se mantiene durante un tiempo (normalmente 30 segundos) con el fin de asegurar la disponibilidad de canal para la llamada. La consola puede cancelar el tiempo de espera.

El modo de emergencia, de un terminal que haya entrado en este modo, se desactiva presionando, durante un tiempo dado, el botón de emergencia, pero la llamada en curso continúa hasta que la Consola la anula.

Para iniciar la comunicación de voz es necesario pulsar el botón PTT. El sistema Dimetra se puede configurar de dos maneras distintas si todos los canales de tráfico están ocupados en el momento de asignar canal de tráfico para la llamada de emergencia:

- Interrupción de llamada en curso: El sistema identifica al usuario con menor prioridad en el emplazamiento, le indica que debe abandonar el canal y asigna este canal de tráfico a la llamada de emergencia. Esto se hace de forma transparente y en un tiempo inferior a tres segundos.
- Primero en espera: La llamada de emergencia pasa a ser la primera en la cola de espera y el primer canal de tráfico que quede disponible será asignado a la llamada en emergencia.

El sistema Dimetra soporta las siguientes variantes:

- MS a Grupo/Consola
- Consola a Grupo

Una consola no tiene modo de emergencia ni envía una alarma de emergencia, pero puede iniciar una llamada de emergencia a un grupo, en este caso, un canal de tráfico de TETRA se dedicará a ese grupo hasta que el controlador de Consola desactive la llamada de emergencia.

Un MS en modo de no emergencia que reciba una llamada de emergencia de grupo no entrará en modo de emergencia.-

#### 1.3.2 Entrada Tardía

El sistema Dimetra proporciona este servicio para todas las llamadas de grupo y de emergencia. La señalización correspondiente a una llamada se envía periódicamente, durante la duración de la llamada, a través del canal de control. Esta señalización redirigirá a cualquier radio al canal de tráfico correspondiente en cualquier momento después de que ya se haya iniciado la llamada.

Esto permitirá a los usuarios unirse a una llamada en cualquier momento de la misma, aunque no estuvieran disponibles en el momento del establecimiento de la llamada (fuera de cobertura, apagado, etc.).

La señalización de entrada tardía se envía únicamente en aquellos emplazamientos donde están registrados los miembros del grupo, con el objeto de minimizar la señalización en el aire.

#### 1.3.3 Identificación del Terminal Llamante

Siempre que una radio transmite, envía su identificador al sistema y al resto de equipos que participan en la conversación. Esto permite al receptor de la llamada identificar el origen de la llamada mediante la presentación en su

pantalla del numero de identificador ID o el texto del alias correspondiente. Además, la presentación visual de los identificadores de unidades permite al operador observar los identificadores enviados a través del canal de control. Los identificadores de unidades pueden estar constituidos por nombres de flotas para facilitar la identificación por el operador. Se pueden mostrar estos identificadores en la consola o en el sistema de gestión.

#### 1.3.4 Prioridades de Llamada

Algunos usuarios o grupos de usuarios pueden precisar de llamadas o mensajes más urgentes que otros usuarios. El sistema proporciona un proceso de prioridades que asegura que las llamadas y mensajes urgentes son tratados de forma eficiente. El sistema tiene 10 niveles de prioridad.

Cuando el sistema está ocupado las llamadas son almacenadas en una cola de espera según la prioridad asociada a la llamada, en lugar de seguir una filosofía FIFO (primero en entrar, primero en salir). En el momento en que los canales de tráfico estén disponibles el sistema procesará las llamadas de acuerdo con su situación en la cola de espera.

##### · Prioridad para el usuario reciente

Esta es una propiedad específica del sistema que asegura de una forma natural la continuidad en las llamadas en curso. Cuando dos usuarios tienen el mismo nivel de prioridad, aquel que utilizó el sistema más recientemente será servido antes.

##### · Prioridad de emergencia

El nivel más alto de prioridad en el sistema es la llamada de emergencia. Las llamadas de emergencia pueden tener además un grado mayor de prioridad que garantiza el acceso directo al sistema aunque esto suponga el cortar comunicaciones en curso que tienen menor prioridad.

##### · Prioridad de consola

En caso de que sea necesario, el sistema permitirá a un operador de consola interrumpir una llamada en curso.

#### 1.3.5 Escucha de Ambiente

Un operador de consola puede activar la escucha de ambiente de un usuario móvil. La radio escuchada no presenta indicación externa al ser activada. Esta prestación permite al operador de despacho escuchar discretamente al usuario de la radio y su entorno, especialmente útil durante situaciones de emergencia o secuestros.

Si la radio escuchada es apagada, el terminal deberá seguir transmitiendo sin dar ninguna señal de que está en funcionamiento; lo mismo ocurre cuando se vuelva a encender. Además el MS debe ser capaz de operar como un MS normal durante la escucha ambiente (recibir y hacer llamadas). La deshabilitación de la escucha ambiente sólo puede realizarla el puesto de operador Elite.

#### 1.3.6 Desvío de llamada si no responde (CFNRy)

Las llamadas telefónicas e individuales son automáticamente desviadas a otro usuario o extensión si el usuario llamado no responde a la llamada.

Este desvío de llamada puede ser inicializado desde un terminal de radio y/o desde una consola.

#### 1.3.7 Desvío de llamada si no localizable (CFNRC)

Las llamadas telefónicas e individuales son automáticamente desviadas a otro usuario o extensión si el usuario llamado no está localizable. Esta situación se da cuando la radio está apagada, ocupada o fuera de cobertura.

Este desvío de llamada puede ser inicializado desde un terminal de radio y/o desde una consola.

#### 1.3.8 Servicios de Datos.

El sistema soporta una gran variedad de servicios de transmisión de datos como a continuación se describe.

##### 1.3.8.1 Llamada de Estado

El sistema permite la utilización de mensajes de estado. El usuario envía al operador un código numérico y el operador verá en su pantalla el identificador del terminal, identificador de grupo, el momento de envío (horas y minutos), el código numérico del estado y una pequeña frase de descripción asociada al código recibido. La transmisión de los mensajes de estado se realiza en canal de control.

Cada terminal puede tener un conjunto programado de mensajes. Cada conjunto contiene hasta 16 códigos diferentes y el sistema soporta hasta 50 conjuntos diferentes de mensajes de estado.

#### 1.3.8.2 Servicio de Transporte de Datos Cortos (SDTS)

El Servicio de Transporte de Datos Cortos (SDTS) proporciona un servicio portador que permite a las aplicaciones el transporte de datos mediante el Servicio de datos cortos (SDS) de TETRA.

Los datos se transportan entre dos extremos, donde cada uno incluye una combinación de dirección de usuario (ISSI) y una aplicación software. Se pueden usar múltiples identificaciones de puntos extremos para permitir la operación simultánea de varias aplicaciones de usuario final.

La conexión entre la infraestructura del sistema de radio y la red de datos del usuario se establece a través de un router (SDR) mediante TCP/IP.

La infraestructura de radio mantiene automáticamente un registro del emplazamiento donde está afiliada la radio que asegura que los mensajes se envían al usuario correcto.

El Servicio de Transporte de Datos Cortos (SDTS) proporciona un modo eficiente de transporte de datos específicos de usuario por el canal de control de una longitud máxima de 140 caracteres. Este servicio es muy adecuado para comunicaciones no vocales como, mensajes de estado, mensajes de texto, acceso a bases de datos, localización automática de vehículos, telemetría, etc.

#### 1.3.8.3 Servicio de Mensajes de Texto (Consola a equipo móvil)

La aplicación de mensajes de texto permitirá al operador de consola enviar hasta 128 caracteres de texto libre a cualquier terminal equipado para SDS, y recibir la confirmación de que el mensaje ha sido recibido, así como una segunda confirmación cuando el usuario lee el mensaje.

Si el terminal móvil no está disponible, el sistema guardará el mensaje durante un tiempo predeterminado y lo enviará al terminal en cuanto entre en funcionamiento en el sistema. Cada equipo terminal tendrá una capacidad determinada de almacenamiento de mensajes de texto, hasta que estos sean leídos por el usuario.

La aplicación de mensajes de texto también proporciona un API Windows para la adaptación de aplicaciones de terceros. Un ejemplo puede ser un sistema de contestador automático que envíe mensajes de texto predefinidos a una radio según los seleccione el usuario que llama mediante señalización DTMF, simulando de esta forma un sistema de radiomensajes predefinidos.

#### 1.3.8.4 Interfaz de Equipos Periféricos (PEI) para SDST

El Servicio de Transporte de Datos Cortos (SDTS) proporciona un servicio portador que permite a aplicaciones el transporte de datos mediante el Servicio de datos cortos (SDS) de TETRA.

La aplicación puede estar incorporada en la unidad de radio o estar disponible para una aplicación externa a través de la Interfaz de Equipos Periféricos (PEI). Esta interfaz, definida en el estándar TETRA, emplea comandos Hayes AT desde el equipo externo para controlar el equipo terminal TETRA.

La elección del PEI de DIMETRA es una conexión RS232 serie usando un "expansor" específico para TETRA.

#### 1.3.8.5 Voz y datos cortos simultáneos

El estándar TETRA permite el transporte de mensajes de datos cortos durante las comunicaciones de voz, lo que puede ser usado para presentar información adicional durante la llamada.

#### 1.3.8.6 Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes

La transmisión de datos por conmutación de paquetes consiste en trocear el mensaje a transmitir en paquetes secuenciales, incluyendo en cada paquete la dirección de destino y su ubicación dentro del mensaje completo. Los paquetes pueden seguir diferentes caminos y llegar en diferentes instantes de tiempo, incluso en distinto orden al punto de destino. En destino, los paquetes son almacenados temporalmente y agrupados en el orden adecuado, de tal manera que se reconstruye el mensaje original.

El Gateway de datos por paquetes (PDG) ofrece una pasarela hacia sistemas externos, empleando TCP/IP sobre Ethernet estándar 10 Mbps como interfaz física, de este modo se proporciona conectividad IP con unidades móviles o portátiles.

Los equipos móviles y equipos terminales de datos (DTE) tienen asignada una dirección IP, compatible con las redes IP existentes de los usuarios.

Para facilitar el desarrollo y prueba de aplicaciones de datos existe un simulador de red de datos móviles.

#### 1.3.8.7 Datos por paquetes Multi-slot

El sistema soporta Canales de Datos por Paquetes (PDCH) en slots individuales únicos y en slots individuales múltiples. Cada slot (ranura o intervalo de la trama TETRA) PDCH trabaja a 7,2 kbit/s en el interfaz aire, que proporciona aproximadamente 3 kbit/s al usuario tras eliminar la llamada de control de TETRA y los mecanismos de reducción de error. La capacidad de datos en cada slot PDCH puede ser compartido entre todos los abonados que realicen a la vez el acceso para obtener la máxima velocidad de datos posible.

Mediante la asignación de slots múltiples a una llamada específica se podrá operar a un máximo de 28,8 kbit/s en el interfaz aire dando al usuario una velocidad de 12 kbit/s después de la protección de errores.

#### 1.3.9 Interconexión Telefónica.

##### 1.3.9.1 General

La interconexión telefónica permite a un usuario hacer llamadas dúplex desde su radio hacia la RTC, RDSI o PABX, al igual que desde la RTC, RDSI o PABX se pueden realizar llamadas telefónicas hacia la radio de un usuario.

El sistema Dimetra proporciona una amplia serie de interfaces tanto analógicos como digitales para soportar este tipo de llamadas.

Además de los servicios de llamada básicos, el terminal móvil radio es capaz de activar los siguientes servicios suplementarios:

- Desviar siempre las llamadas procedentes de abonado telefónico de red fija, hacia otro número.
- Marcación directa para llamada básica RDSI y para llamada básica E&M.
- Algoritmo de Servicio Compartido.

##### 1.3.9.2 Llamada de usuario radio a Red Telefónica

Una radio Dimetra podrá efectuar este tipo de llamada si su configuración y su definición de privilegios en el sistema así lo autorizan. Además cualquier radio puede transmitir señalización DTMF si el sistema telefónico así lo requiere.

La llamada se inicia mediante la marcación del número de teléfono o su selección en el listín, en el terminal radio antes de estar en el aire (antes de pulsar PTT), a continuación se pulsa PTT y se desencadena el proceso de llamada, el número de teléfono marcado es localizado y el usuario móvil estará informado del proceso mediante tonos audibles. Cuando el abonado fijo descuelga el teléfono, se conecta finalmente el audio y comienza la conversación (full-dúplex). La llamada finaliza cuando el abonado fijo cuelga el teléfono o el MS desconecta, siendo informadas ambas partes de que la llamada ha finalizado. Tanto el SwMI como el MS pueden desconectar la llamada si expira el tiempo autorizado para este tipo de llamadas.

Una vez asignado el canal de tráfico al terminal móvil radio, para efectuar una llamada de interconexión telefónica, permanecerá en dicho canal hasta que finalice la llamada, incluso si ninguna de las partes está hablando, es decir no se realiza trunking durante la llamada de interconexión telefónica.

Si no hay canales disponibles para establecer la llamada en la célula donde se encuentra el MS llamante, el SwMI pone en cola a la llamada hasta que hayan canales disponibles. Durante este tiempo, el usuario puede cancelar la petición de llamada.

Tras finalizar la llamada el MS vuelve directamente a la red en TMO.

##### 1.3.9.3 Llamada de Red Telefónica a usuario radio

Cualquier línea telefónica podrá acceder a los usuarios radio si el sistema Dimetra se configura para permitir este tipo de conversaciones.

La llamada puede ser realizada por el abonado fijo básicamente de dos formas:

1. Marcación en dos pasos: Donde el abonado telefónico marca el número del Gateway de Interconexión Telefónica del Sistema Dimetra, desde donde recibirá nuevo tono de invitación a la marcación para que el abonado telefónico marque el número de identidad del abonado Tetra (móvil individual).

2. Marcación en un solo paso: Donde la red Dimetra y la red Telefónica están integradas de tal forma que cualquier usuario móvil accesible tiene un único

número telefónico asignado. El abonado terrestre contacta directamente con el Gateway cuando llama a la estación móvil y marca el número telefónico directo asociado a ese móvil.

El usuario móvil es alertado de la recepción de una llamada mediante tonos audibles, descolgando en ese momento y produciéndose la interconexión de audio full-dúplex.

Cuando el MS responde a la llamada, el SwMI asigna un canal de tráfico permanente hasta que finalice la llamada, incluso si ninguna de las partes está hablando, es decir no se realiza trunking durante la llamada de interconexión telefónica.

Si no hay canales disponibles para la llamada en la célula donde se encuentra el MS llamado, el SwMI pone en cola a la llamada hasta que hayan canales disponibles. Durante este tiempo, el usuario de la red telefónica puede cancelar la petición de llamada.

La llamada finaliza cuando el abonado fijo cuelga el teléfono o el MS desconecta, siendo informadas ambas partes de que la llamada ha finalizado.

Tanto el SwMI como el MS pueden desconectar la llamada si expira el tiempo autorizado para este tipo de llamadas.

Tras finalizar la llamada el MS vuelve a la red en TMO.

#### 1.3.9.4 Roaming

Cuando un usuario móvil está desplazándose por la red estará haciendo roaming de célula en célula. El sistema Dimetra mantiene una base de datos de movilidad con la información de roaming de todos los usuarios.

Si una estación móvil está en proceso de realización o recepción de una llamada, cuando está saliendo del área de cobertura de su actual célula, la atención a la llamada será interrumpida. Si la llamada hubiese sido ya establecida, la conexión será interrumpida en la antigua célula, la estación móvil se registra en la nueva célula y la llamada puede ser restablecida mediante una petición automática desde la estación móvil. Un cambio de célula significará por tanto una pequeña interrupción de la comunicación, perceptible únicamente por un pequeño chasquido a lo sumo.

#### 1.3.9.5 Interconexión telefónica a través de Centracom

Este interfaz proporciona la posibilidad de que una Consola de Despacho realice llamadas vía un CEB conectado a un sistema telefónico, típicamente una PABX local. Cuando la llamada se establece, puede ser conectada a un grupo TETRA usando la Consola.

#### 1.3.10 Servicios Suplementarios de tipo telefónico

##### 1.3.10.1 Marcación directa

Esta facilidad permite al abonado telefónico de la red fija marcar directamente en el Gateway de Interconexión Telefónica el número del usuario móvil al que llama, sin necesidad de establecer el procedimiento en dos pasos visto anteriormente.

Este servicio de marcación directa soporta hasta 4.000 números de usuarios móviles. Los dígitos que identifican al terminal móvil (DDI) en el número que se marca desde el terminal telefónico fijo pueden variar desde 2 hasta 7.

##### 1.3.10.2 Desvío Incondicional de Llamadas

Cuando un usuario móvil activa este servicio, cualquier llamada entrante que proceda de red telefónica será redirigida hacia el número indicado desde el terminal móvil durante la activación de esta función.

Esta característica será establecida o no, para cada una de las estaciones móviles, por el Gestor de Red.

##### 1.3.10.3 Algoritmo de Servicio Compartido

Esta función gestiona las interacciones entre las llamadas de grupo normal y privadas y la llamada de interconexión telefónica. El Gestor de Red programa y controla el número y duración de las llamadas de interconexión según la hora del día. El número máximo de llamadas de interconexión simultáneas permitidas y la duración máxima de las mismas pueden ser ajustadas por períodos de una hora a lo largo del día. Ambos parámetros pueden ser establecidos para cada uno de los emplazamientos de cobertura individualmente.

#### 1.3.11 Servicios de seguridad

##### 1.3.11.1 Encriptado en el aire estándar ETSI

El mecanismo de encriptado de la interfaz aire es requerido por muchas organizaciones de seguridad pública porque es relativamente barato el proporcionar con él comunicaciones seguras, ya que los algoritmos son almacenados en los terminales radio sin necesidad de hardware adicional.

El mecanismo de encriptado de la interfaz aire hace uso de una clave de cifrado estática (SCK), que se ha de programar en las estaciones base. Todo el sistema hace uso de la misma clave estática SCK.

#### 1.3.11.2 Encriptado en el aire estándar ETSI con clave dinámica

La encriptación en el aire estándar TETRA de ETSI se realiza según el algoritmo TEA2. Toda la señalización y el tráfico cursados en la interfaz aire están encriptados, incluyendo la identificación de los usuarios.

#### 1.3.12 Modo Directo

##### 1.3.12.1 General

La Operación en Modo Directo (DMO) del sistema permite a los usuarios la comunicación directa entre ellos, tanto dentro como fuera del área de cobertura del sistema trunking.

El Modo Directo no forma parte de la operación trunking y por tanto, cuando se está operando en este modo el terminal está fuera del alcance del sistema trunking. Cuando el usuario selecciona el Modo Directo, el terminal se des-registra del sistema trunking antes de entrar en DMO.

Comparado con la operación en modo trunking, el Modo Directo sólo utiliza una frecuencia y por tanto se trata de una comunicación simplex.

Los servicios DMO disponibles para un terminal Dimetra son:

- Llamadas de grupo
- Servicios intrínsecos: Identificación del llamante y Entrada Tardía

##### 1.3.12.2 Llamadas de Grupo

La llamada de grupo es una comunicación punto-multipunto bidireccional entre el terminal llamante y uno o varios terminales pertenecientes al mismo grupo. La comunicación se establece entre todos aquellos terminales que han seleccionado el mismo grupo y que en efecto se encuentran en la misma portadora de Modo Directo.

El sistema soporta más de un grupo en una misma frecuencia portadora de Modo Directo, aunque sólo un grupo será capaz de comunicarse usando dicha frecuencia en un instante determinado.

##### 1.3.12.3 Gateway modo directo

El Gateway modo directo se emplea como enlace entre un usuario radio operando en modo directo y la red TETRA. Normalmente se usa para proporcionar comunicaciones con un usuario fuera de cobertura del sistema.

Los servicios disponibles son:

- Llamadas de grupo
- Llamadas de Emergencia

Para hacer uso de la operación de gateway, los usuarios deben dirigirse al gateway. Cuando la llamada se establece, el gateway debe forzar a que el usuario que transmite esté dentro del "timing" dictado por el sistema de asignación de canales de tráfico.

La interfaz hombre-máquina del usuario radio indicará si se ha seleccionado un repetidor o un gateway.

Para evitar que en una operación de emergencia el usuario abandone su vehículo olvidando seleccionar el modo de operación gateway, la unidad de control de los equipos móviles de Nokia monitoriza continuamente el canal DMO en busca de señales enviadas por portátiles que operan en DMO que se dirijan de forma apropiada al gateway. Una vez que la señalización correcta y la información de direccionamiento es decodificada, la operación en modo Gateway se proporciona de forma automática e instantánea.

El modo de operación automático en modo Gateway puede deshabilitarse seleccionando sólo la operación en Modo Directo en el frontal de control del equipo. Esta prestación es útil si los usuarios quieren operar en DMO de forma independiente a la red TETRA principal.

##### 1.3.12.4 Repetidor modo directo

El Repetidor en Modo Directo de Operación (DMO) se usa para proporcionar servicio entre usuarios de forma independiente a la red TETRA. Este servicio es

similar al convencional con repetidor en modo TMO, excepto que sólo se usa un único canal de RF. La operación de división de tiempo usa intervalos de tiempo distintos para las transmisiones que los otros equipos móviles. La recepción de la señal se genera antes de la retransmisión según las especificaciones del estándar TETRA.

El repetidor DMO puede también ser usado cuando un Gateway DMO no proporcione suficiente cobertura RF.

La operación como repetidor es una decisión tomada de forma deliberada (la operación normal es en modo Gateway), por lo que no se considera necesario que esta operación entre de forma automática. Para seleccionarla, el vehículo usuario necesitará seleccionar la opción Repetidor usando el botón del control frontal apropiado.

Es esencial que sólo haya un único repetidor activado en una zona de cobertura DMO sirviendo al mismo grupo de usuarios.

#### 1.3.12.5 DMO Dual Watch

Un terminal equipado con Dual Watch opera tanto en Modo Directo (DMO) como en Modo TMO. Cuando DMO está activado, el MS monitoriza, en Modo Trunking (TMO) en la célula donde se encuentra, cualquier actividad originada por el grupo al que pertenece. Si el MS está activo en TMO, estará monitorizando en DMO grupos predeterminados.

El cambio entre TMO y DMO como operación primaria se selecciona manualmente en el MS.

En la pantalla del Ms se indicará con iconos el modo en que se encuentra: DMO, TMO y Dual Watch.

Cuando un usuario cambia de modo, tanto de TMO a DMO como de DMO a TMO (con o sin Dual Watch) debe notificarlo al gestor de despacho. El gestor de despacho puede habilitar/deshabilitar remotamente un MS en DMO vía Dual Watch si la radio está ya en DMO o vía TMO directamente.

#### 1.3.13 Prestaciones en equipos terminales

##### 1.3.13.1 Escáner de grupos

Un usuario móvil puede estar a la escucha de una serie de grupos además del que tenga seleccionado en ese momento. Preferentemente monitorizará su propio grupo cuando esté activo. La función de escáner de grupos es independiente de la red TETRA (la red no "iluminará" automáticamente canales adicionales para soportar el escáner de grupos). La carga excesiva de la red se minimiza iluminando solamente las células que contienen abonados afiliados.

##### 1.3.13.2 Monitorización de grupo prioritario

La monitorización de grupo prioritario se usa con el escáner de grupos y da prioridad de monitorización a uno de los grupos escaneados. La función de escáner de grupos es independiente de la red TETRA (la red no "iluminará" automáticamente canales adicionales para soportar el escáner de grupos). La carga excesiva de la red se minimiza iluminando solamente las células que contienen abonados afiliados.

#### 1.4 Seguridad Criptológica y Accesos

##### 1.4.1 Introducción

Las medidas de seguridad son esenciales en cualquier sistema moderno de telecomunicaciones móviles. Desde sus inicios los sistemas de comunicaciones móviles han sido objeto de ataques externos, entendiendo como tales las escuchas no deseadas e intrusiones por terceros. Durante la última década ETSI ha desarrollado y estandarizado una serie de sistemas digitales para comunicaciones móviles e inalámbricas, en todos estos sistemas se han ido incluyendo todo tipo de prestaciones para garantizar la seguridad. En este sentido DIMETRA representa actualmente la tecnología más avanzada en mecanismos de seguridad.

- TETRA es después de GSM y DECT el tercer sistema consecutivo de telecomunicaciones móviles estandarizado por ETSI y en él se ha aprovechado toda la experiencia acumulada.
- TETRA está dirigido, como mercado fundamental, a usuarios de Seguridad Pública y en su desarrollo se han tenido en cuenta todas las prestaciones definidas por este tipo de usuarios.
- TETRA se ha desarrollado con la colaboración directa de grupos de usuarios de Seguridad Pública.

Dentro de este marco, el resultado ha sido un sistema que proporciona un gran número de medidas de seguridad, escaladas de forma adecuada para permitir diferentes grados de seguridad en función del tipo de usuario y de sus operaciones.

1.4.2 Filosofía de desarrollo de las prestaciones de seguridad en TETRA  
El diseño y la especificación de las prestaciones de seguridad en TETRA se pueden calificar de estructurado y abierto.

Estructurado, para permitir la máxima flexibilidad en la aplicación final de las diferentes prestaciones. Con este objetivo ETSI formó el grupo de seguridad que desarrolló la especificación con los requisitos de seguridad definidos por diferentes grupos representativos de usuarios de Seguridad Pública. El resultado es la ETR 086-3 especificación en la que se definen todas las prestaciones de seguridad que proporciona el sistema TETRA.

Abierto; desde el inicio estaba claro que se debía utilizar un diseño abierto para preservar los beneficios propios de un estándar y para garantizar que la seguridad de TETRA se basara en la robustez de los mecanismos diseñados y no en el hecho, por otra parte fácilmente vulnerable, de que las especificaciones de seguridad sean secretas como ocurre en la mayoría de sistemas propietarios.

1.4.3 Funciones de Seguridad en DIMETRA

Hasta la aparición de TETRA, los sistemas digitales para PMR existentes limitaban sus prestaciones de seguridad a métodos de encriptación extremo a extremo y a ciertas técnicas de afiliación a la red. Como ya se ha mencionado, en todo lo referente a sistemas de seguridad TETRA va mucho más lejos que cualquier otro sistema digital y cubre las siguientes funciones dentro del sistema:

- Mecanismos de Seguridad: son diferentes funciones independientes entre sí que dan solución a problemáticas específicas para la seguridad de la red.
- Mecanismos de Gestión de Seguridad: son las funciones que garantizan la gestión y operación de los mecanismos de seguridad.

1.4.3.1 Mecanismos de Seguridad

1.4.3.1.1 Autenticación

El estándar TETRA soporta la Autenticación Mutua entre una Estación Móvil (MS) y la Infraestructura de Comunicación y Gestión (SwMI). Esto hace posible en un sistema TETRA, controlar el acceso hacia y desde los terminales para validar si los mismos están incluidos en su base de datos. La autenticación mutua puede ser utilizada además para establecer e intercambiar parámetros adicionales de seguridad.

En la operación en modo directo (DMO) no hay disponible un mecanismo de autenticación explícito, en este caso se utilizan las Claves de Cifrado Estático mediante las cuales se establece un modo de autenticación implícito.

Aunque no es en sí mismo un modo de autenticación, si cumple una función similar (seguridad en la autorización para comunicar) la encriptación aire.

En el Sistema DIMETRA está disponible ya la autenticación implícita de los terminales, que son registrados y validados en la base de datos del sistema, sólo si esta validación es correcta los terminales podrán operar en el sistema.

En el 2º Trimestre del año 2000 estará disponible la autenticación explícita tal y como se describe a continuación:

Cada terminal de radio de Nokia se programará con una clave secreta utilizada para autenticación. Esta clave se cargará junto con otros detalles al programar la radio. Una vez cargada, no podrá ser leída. La misma clave será cargada para la autenticación de la base de datos central donde esté incluido el terminal.

El mecanismo de autenticación utilizado por el sistema consiste en el envío de un código aleatorio al terminal; éste calcula una respuesta matemática y se la devuelve al sistema. El sistema la coteja con la calculada por el mismo y si es correcta, permite al terminal operar en el sistema. La autenticación se aplica normalmente al afiliarse inicialmente en el sistema; se puede aplicar con mayor frecuencia, pero al menos que el terminal permanezca afiliado en el sistema más de un tiempo determinado, o demuestre una movilidad inusual (tal como afiliarse muy rápidamente en una célula muy alejada), no será necesario re-autenticar el terminal.

Ya que el proceso funciona con un cálculo basado en una clave secreta, la propia clave nunca se intercambia, y no debe ser cambiada durante toda la vida del terminal. Si la radio es robada y recuperada, se puede programar una nueva clave en el terminal y en el centro de autenticación mediante un simple procedimiento manual de programación. Por tanto, durante la vida del terminal, cualquier acción en la administración de las claves debe ser excepcional y sólo en casos muy concretos. No existe mecanismo de cambio de claves por el aire, ya que no suele ser necesario durante la vida del terminal; y además no debe hacerse si se sospecha que la clave del terminal está comprometida.

#### 1.4.3.1.2 Encriptado de la interfaz aire

El encriptado de la interfaz aire se aplica entre el terminal y la estación base y cubre los diferentes tipos de comunicación, voz, datos y modo directo. Este mecanismo garantiza la seguridad y privacidad de las comunicaciones mediante la utilización de claves estáticas o dinámicas.

El proceso de claves dinámicas utiliza una Clave Cifrada Derivada individual, generada por el mecanismo de autenticación, junto con claves secretas programadas, identidades de grupo y una Clave Cifrada Común, generada y distribuida, utilizada como modificador de claves.

El mecanismo dinámico necesita, si así se requiere, que las claves de grupo se carguen en la programación inicial de los grupos; pero si no se hace así, el proceso de administración de claves puede ser automático. La Clave Cifrada Derivada dinámica y el mecanismo de modificación de la clave de grupo con la Clave Cifrada Común implican que el tiempo de vida de la clave secreta para las claves de grupo debe ser tan largo como la vida del terminal. Por tanto una vez se cargan las claves iniciales en el terminal, no debe ser necesarios ningún tipo de acción ulterior en la administración de las claves.

Se puede utilizar un procedimiento alternativo que carga inicialmente una clave cifrada en la radio y en el sistema. Podría ser menos seguro, ya que utiliza una clave en todo el sistema y durante toda la vida del mismo, pero proporciona un adecuado nivel de protección.

En el año 1999 el sistema DIMETRA OmniLink proporciona claves cifradas estáticas, en el segundo trimestre del año 2000 proporcionará el mecanismo dinámico.

#### 1.4.3.1.3 Encriptado Extremo a Extremo

Este tipo de encriptado requiere que todos los terminales incluidas las consolas, intercambien información entre ellos de forma que dicha información no se pueda escuchar en ningún punto de la transmisión. Esto se consigue encriptando la información en los puntos finales.

El estándar TETRA permite la aplicación de sistemas de encriptado extremo a extremo que decidan utilizar cada grupo de usuarios finales. ETSI no ha entrado todavía en la definición de un estándar de encriptación extremo a extremo ya que el interés de los usuarios en este tipo de solución sería muy limitado. La estandarización de este tipo de encriptado iría en contra de su objetivo final que es garantizar prestaciones muy exclusivas de funcionamiento a grupos reducidos de usuarios.

Nokia tiene muchos años de experiencia aplicando sistemas de encriptado real extremo a extremo en un gran número de usuarios muy experimentados en el campo de la Seguridad Pública.

El sistema DIMETRA dispondrá para sus terminales de un módulo para encriptado extremo a extremo. Este módulo estará disponible en el año 2000 para los terminales móviles y portátiles y en el año 2001 para las consolas. En la actualidad todos los terminales DIMETRA se suministran con el zócalo adecuado para la conexión sin cableado del módulo de encriptado.

Este módulo está basado en el circuito UCM (Universal Crypto Module) que permite la utilización de diferentes algoritmos de encriptado ya existentes como DVI-XL, DVP-XL, DES-OFB. Asimismo para los usuarios que desconfíen de los algoritmos estándar, el UCM soporta la utilización de algoritmos particulares que puedan ser desarrollados por los organismos autorizados. Para la inclusión de un algoritmo propio, en este caso por ejemplo del Ministerio de Interior, será necesario que el organismo adecuado lo defina en coordinación con el Centro de

Diseño de Crypto de Nokia para asegurar que se puede cargar sin ningún problema sobre el UCM.

Además como es evidente este módulo está sujeto a las restricciones/autorizaciones de exportación habituales en este tipo de material. Los algoritmos de encriptado extremo a extremo trabajan con claves y por tanto la adecuada administración de las mismas es fundamental para proteger la confidencialidad de la información, esto se conoce normalmente como "Administración de Claves". Los procedimientos pueden ser manuales y/o automáticos. Debido al carácter de las operaciones en las que se aplica este tipo de encriptado, el método de gestión más extendido es el control manual de las claves.

La alternativa de gestión automática se realiza mediante una herramienta de Administración de Claves (Key Management Facility). Esta alternativa incluye el envío de claves por el aire y se denomina cambio de Claves por el Aire (OTAR). Actualmente Nokia utiliza este mecanismo en otros sistemas de Seguridad Pública, mecanismo que puede ser adaptado y ampliado al sistema DIMETRA en una fase ulterior de este proyecto.

#### 1.4.3.1.4 Activación y Desactivado de terminales

TETRA soporta seis opciones diferentes para la activación o desactivado de terminales. Estos mecanismos son aplicables tanto para voz, como para datos y modo directo. En el sistema DIMETRA de Nokia se gestiona la activación y desactivado de terminales mediante la base de datos de usuarios entre otras se proporcionan las siguientes funciones:

- Bloqueo del terminal: esta función se realiza directamente sobre la base de datos de usuarios y tiene como resultado el rechazo por el sistema de cualquier tipo de comunicación hacia o desde el terminal en cuestión. El terminal bloqueado no podrá efectuar ninguna operación en el sistema, ni afiliarse ni recibir ni hacer ningún tipo de comunicaciones de voz o de datos.
- Comprobación del terminal: esta prestación permite verificar la situación de un terminal forzando a que se afilie en la red siguiendo el procedimiento completo estándar de afiliación.
- Seguimiento del terminal: permite hace un seguimiento activo de un terminal, primero para detectar su presencia en el sistema y después para hacer un seguimiento de su funcionamiento, zona en que se encuentra, los grupos en los que trabaja y el tipo de comunicaciones, etc.

#### 1.4.3.2 Mecanismos de Gestión de Seguridad

##### 1.4.3.2.1 Seguridad en el sistema de Gestión de Red

El administrador global del sistema tiene la capacidad para crear la estructura adecuada de identidades con sus claves correspondientes para controlar de manera total el acceso a los diferentes elementos del sistema. Esta estructura, aunque pueda parecer rígida, es totalmente adaptable a la organización operativa de los usuarios, asignando por ejemplo diferentes gestores para grupos de usuarios, emplazamientos, etc. y permitiendo mantener un control total sobre los elementos fundamentales de la seguridad del sistema.

##### 1.4.3.2.2 Clave de Autenticación

La clave de autenticación se denomina K y el estándar TETRA define tres formas para definir K:

- User Authentication Key (UAK): palabra de 128 bits almacenada en el terminal o en una tarjeta electrónica.
- Mediante un código de autenticación que introduzca el usuario.
- Combinación del UAK y un PIN que introduzca el usuario.

##### 1.4.3.2.3 Claves de Encriptado

Hay varios tipos de claves de encriptado, estas se derivan o se transfieren en el proceso de autenticación. Dentro de estas claves, cuya gestión es fundamentalmente automática, hay algunas con larga duración. Para aumentar la protección en el sistema el estándar TETRA define una serie de mecanismos especiales de protección de las claves de larga duración. Las claves son:

- Derived Cipher Key (DCK): clave derivada durante el proceso de autenticación, esta clave proporciona por tanto una forma implícita de autenticación durante cualquier comunicación y se utiliza por ejemplo para encriptado de las comunicaciones desde el terminal a la infraestructura.

- Common Cipher Key (CCK): clave generada por la infraestructura de Gestión y Conmutación (SwMI) y se distribuye encriptada con la DCK a los terminales. Se utiliza para encriptar la comunicaciones desde la infraestructura a los terminales.

- Group Cipher Key (GCK): clave ligada a un grupo específico de usuarios.

- Static Cipher Key (SCK): claves predeterminadas que se puede utilizar sin autenticación previa. Se denominan estáticas porque no se derivan de un proceso dinámico como es la autenticación. Se pueden distribuir como las GCK y pueden tener aplicaciones muy diversas como por ejemplo en modo directo.

#### 1.4.3.2.4 Transferencia de información de autenticación entre diferentes redes TETRA:

Si una estación móvil TETRA se desplaza hacia otra red TETRA diferente de la suya propia, esta red TETRA "visitada" necesitará obtener información de autenticación de la red propia de la estación móvil visitante para ser capaz de realizar la autenticación mutua y generar y/o distribuir las claves de encriptado. La transferencia de información de autenticación entre redes puede ser realizada de tres formas:

- El método más directo consiste simplemente en transferir la clave de autenticación a la red visitada. Por razones de seguridad este método no siempre es aconsejable.

- Una segunda opción consiste en transferir cierta información que pueda ser utilizada por la red visitada para iniciar un proceso simple de autenticación. Este es básicamente el proceso utilizado por las redes GSM y puede ser implementado de una forma muy segura. No obstante en los sistemas TETRA transferir esta información de una forma regular puede suponer una sobrecarga del sistema.

- La tercera opción consiste en permitir a la red TETRA propia del terminal transferir únicamente una vez por sesión la clave de autenticación para una MS, la cual puede ser utilizada en repetidas autenticaciones por la red visitada sin revelar la clave original de autenticación de dicha MS. Esta última opción combina seguridad y eficiencia.

#### 1.4.4 Seguridad intrínseca de TETRA

Además de todas las funciones explicadas en los apartados anteriores, TETRA proporciona por su propio modo de funcionamiento y su tecnología una seguridad muy elevada. Esta seguridad en las comunicaciones está basada en los siguientes fundamentos:

- TETRA es un sistema digital lo cual aumenta la complejidad de los equipos que permitan escuchas no deseadas.

- TETRA utiliza multiplexación en el tiempo (TDMA) como método de acceso, esto aumenta, en comparación con sistemas FDMA, la complejidad de los equipos que pueden permitir escuchas no deseadas.

- Para aumentar la robustez de la información en la transmisión vía radio frente a las perturbaciones típicas en la transmisión vía radio (fading, multipath, etc.) TETRA utiliza interleaving, que consiste en trocear la información y desordenarla dentro de las tramas de datos, de esta forma se reducen los efectos de una posible permitida de información al mínimo y además se añade una dificultad más para accesos no autorizados al sistema.

- TETRA es un sistema trunking que asigna canales nuevos para cada comunicación. Adicionalmente DIMETRA trabaja como sistema trunking de transmisión, que asigna para cada transmisión un nuevo canal de tráfico lo cual hace muy difícil el seguimiento no autorizado de una conversación. (Al ser un sistema TDMA los canales son slots de tiempo).

- Funcionamiento en Grupo cerrado: cada terminal es programado para trabajar en una serie de grupos de conversación. Fuera de estos grupos, de las llamadas individuales y telefónicas, el terminal no es capaz de participar ni escuchar ningún otro tipo de conversación. Para modificar la programación de una radio es necesario tener el software de programación del equipo, la clave del sistema y un conocimiento exacto de la configuración de los grupos a los que se quisiera tener acceso.

#### 1.4.5 Niveles de seguridad del Sistema

Como hemos explicado en los apartados anteriores TETRA proporciona una serie de servicios de seguridad mucho más avanzados y en una gama mucho más amplia que cualquier otro sistema existente en la actualidad. Estos servicios se pueden clasificar de la siguiente forma:

1. Seguridad intrínseca de la tecnología
2. Afiliación
3. Autenticación
4. Encriptado aire TETRA
5. Encriptado extremo a extremo

Los servicios 1 a 4 pueden garantizar la seguridad total de las comunicaciones evitando las desventajas operativas y de coste que representaría el tener que equipar toda la red con encriptación extremo a extremo. Las ventajas de diseñar una red en la que basada en un sistema de seguridad hasta nivel cuatro (encriptación aire) sin necesidad de recurrir al uso de encriptación extremo a extremo para todos los equipos de la red se resumen en los siguientes puntos fundamentales:

- Coste de los terminales más reducido
- Se eliminan los costes de mantenimiento de los módulos de encriptado.
- Costes de mantenimiento de los terminales más reducidos al no ser necesaria ninguna manipulación para la instalación del módulo de encriptado.
- Mayor facilidad para la gestión de claves.
- Permite la utilización de terminales de todos los diferentes fabricantes TETRA.
- Permite la utilización de terminales más reducidos sin módulos de encriptado.
- Reducción del consumo de los terminales con lo que se aumenta su autonomía o se puede disminuir su peso utilizando baterías más pequeñas.
- Aumento de la seguridad en el manejo de las claves (inyectores de claves, etc.) para encriptado extremo a extremo que estarán a disponibilidad sólo de grupos reducidos.

Entendemos por las razones expuestas que TETRA en general y DIMETRA en particular, aportan al Sistema unos niveles de seguridad adecuados para poder planificar la red con la utilización principalmente de la encriptación aire, manteniendo la encriptación extremo a extremo para los grupos reducidos de usuarios que por su operativa especial necesiten un grado diferente de seguridad.

#### 1.5 Funciones Dimetra Avanzadas.

La siguiente sección cubre las prestaciones que proporciona el sistema Dimetra y que hacen de él, el sistema TETRA más avanzado disponible actualmente en el mercado.

1.5.1 Llamada de Grupo "canal abierto" en Sistemas de Área Extendida PMR  
Este tipo de conversación es muy habitual en sistemas de radio móviles PMR, sin embargo no forma parte del diseño básico de otro tipo de sistemas como por ejemplo los sistemas de telefonía móvil.

Este tipo de llamada es básico porque es preciso que muchos miembros de un grupo puedan interactuar a la vez y de forma rápida. Asimismo los miembros de los grupos de conversación pueden estar en zonas de diferente cobertura y por supuesto deben mantener la conversación cuando pasan de una zona de cobertura a otra.

TETRA proporciona el protocolo adecuado para permitir este tipo de prestación y Dimetra proporciona la capacidad adecuada de conmutación para asegurar la rápida reconfiguración cuando un usuario pasa de una zona de cobertura a otra y de una zona de control a otra.

Está funcionalidad de uno con varios ahorra capacidad de canales pues todos los miembros del grupo trabajan en el mismo canal de tráfico, al contrario que en los sistemas de telefonía o celulares donde este tipo de llamada es conocida como llamada multiconferencia, y en la que cada uno de los miembros del grupo requiere su propio canal de tráfico y la voz codificada digitalmente tendrá que ser decodificada antes de sumarla en la matriz de conmutación y recodificada nuevamente después de la suma.

#### 1.5.2 Establecimiento Rápido de la Llamada

El tiempo de acceso se define como el retardo desde la iniciación de una llamada (PTT), al punto en que se establece realmente la comunicación con otra unidad de radio (supresión del silenciador del receptor). El sistema Dimetra de Nokia tiene un tiempo de acceso inferior a 500 milisegundos.

Cuando una conversación finaliza, las radios vuelven al canal de control y liberan el canal de tráfico para que otros usuarios lo puedan usar.

#### 1.5.3 Sistema Ocupado

Cualquier usuario que solicite el acceso al sistema cuando todos los canales de voz estén en uso, recibe un tono audible de ocupado y quedará en cola de espera hasta que se le asigne un canal por medio de niveles de prioridad preasignados. Cuando un canal queda disponible, el sistema notifica a la primera unidad de radio en cola mediante "rellamada". Esta última consta de una corta serie de pitidos oídos a través del radioteléfono del operador. Esta característica hace innecesario para el operador de radio perder un tiempo valioso en manipular su radioteléfono en un intento de conseguir el acceso al canal.

#### 1.5.4 Asignación Dinámica de Emplazamiento

En el sistema Dimetra los canales de tráfico sólo se asignan en aquellos emplazamientos en los que se necesita. Por ejemplo cuando un usuario hace una llamada de grupo, el sistema asigna un canal de tráfico sólo en los emplazamientos donde hay algún miembro de ese grupo. Los canales de tráfico en otros emplazamientos se mantienen libres para atender otras llamadas.

#### Asignación Dinámica de Emplazamiento

Esta prestación permite al sistema Dimetra tener más capacidad de gestión de tráfico, que un sistema con el mismo número de recursos de comunicaciones pero sin Asignación Dinámica de Emplazamientos.

#### 1.5.5 Conexión Forzada (Busy Override)

Para hacer una llamada de grupo teóricamente habría que esperar a que en todos los emplazamientos donde hay algún usuario, hubiese un canal de tráfico disponible.

Si uno o más de los emplazamientos requeridos están ocupados el sistema no procesará la llamada en condiciones normales. Sin embargo, el usuario que inicia la llamada puede decidir esperar a que todos estén disponibles o seguir adelante con la llamada, en este caso los usuarios que se encontraban en los emplazamientos ocupados se incorporarán a la llamada tan pronto como se libere algún canal de tráfico en ese emplazamiento.

Una excepción al modo de funcionamiento descrito se produce cuando en la llamada están involucrados usuarios críticos o emplazamientos críticos. En este caso la llamada no puede dejar fuera a tales usuarios o emplazamientos y habrá que esperar hasta que se libere algún canal de tráfico en los emplazamientos requeridos.

#### Conexión Forzada

#### 1.5.6 Emplazamientos y Usuarios Críticos

Para asegurar la cobertura en ciertas áreas pre-programadas el sistema se puede configurar para que una llamada no se efectúe hasta que esté disponible un canal de tráfico en los emplazamientos definidos como críticos o donde se encuentran usuarios definidos como críticos, aún después de que el usuario que llama inicie un "busy override".

· Emplazamientos Críticos. El gestor del sistema determina qué emplazamientos tienen que transmitir siempre para cada llamada de grupo (emplazamientos críticos). Cuando una llamada de grupo tiene definida una serie de emplazamientos críticos, el usuario puede comenzar la llamada cuando todos esos emplazamientos tienen un canal disponible. Los emplazamientos no-críticos se activarán sólo si hay un canal de tráfico libre, por tanto todos los miembros del grupo que se encuentrasen en estos emplazamientos, cuando no tienen canales disponibles, no recibirán la llamada hasta que quede disponible un canal.

#### Emplazamiento Crítico

· **Usuarios críticos.** Cuando un usuario inicia una llamada de grupo en la que hay definidos una serie de usuarios críticos, los emplazamientos en los que en ese momento estén registrados esos usuarios se comportarán como emplazamientos críticos. Un grupo puede tener hasta 16 usuarios. críticos.

#### Usuarios Críticos

##### 1.5.7 Selección Automática de Emplazamiento

El emplazamiento en el cual un usuario está registrado transmite información sobre los emplazamientos que le rodean, como la identidad y la frecuencia de la portadora principal (portadora que contiene el canal de control). De esta forma una radio siempre dispone de una lista dinámica de los emplazamientos más cercanos.

##### Selección Automática de Emplazamiento

Cuando el usuario se mueve, la indicación de intensidad de campo recibido que tiene la radio, le indicará cuando tiene que cambiar de emplazamiento. La radio compara la intensidad de la señal recibida del canal de control actual con la recibida desde los emplazamientos adyacentes. La lista de emplazamientos adyacentes se ordena en función de la intensidad de la señal recibida, cuando el equipo detecta que la señal recibida desde otro emplazamiento es significativamente superior, se registrará en este nuevo emplazamiento.

##### 1.5.8 Emplazamiento Preferente. Home Site.

Para asegurar un mejor rendimiento un equipo Dimetra se puede programar para seleccionar emplazamientos con preferencia sobre otros. Esta flexibilidad permite al diseñador del sistema crear una forma de trabajo más eficiente, donde la población de usuarios radio es distribuida entre los emplazamientos y porque asegura de esta manera un más rápido acceso al sistema.

Esta prestación es muy útil para usuarios que suelen trabajar en zonas donde hay solapamiento de coberturas entre dos emplazamientos. En esta situación podría ocurrir que las radios estuvieran registrándose de un emplazamiento a otro con demasiada asiduidad y no sólo sin ningún beneficio para el usuario, sino además haciendo un uso poco optimizado de la red ya que habría usuarios ocupando canales en ambos emplazamientos cuando el servicio podría ser cubierto por uno solo.

##### 1.5.9 Acceso al Emplazamiento

La funcionalidad Dimetra de Acceso al Emplazamiento es similar al servicio de Selección de Área del estándar TETRA. Permite al operador de red definir un número de emplazamientos en los cuales están disponibles tipos de llamada específicos (llamada de grupo, llamada privada o llamada telefónica) y definir también los emplazamientos que se deberán incluir siempre en el establecimiento de las llamadas.