

## INFORME 904-2

LOCALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN AUTOMÁTICAS DE VEHÍCULOS  
EN EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE

(Cuestión 51/8)

(1982-1986-1990)

**1. Resumen**

En un sistema de Localización Automática de Vehículos (LAV), la posición de un móvil de la flota queda automáticamente determinada cuando éste se desplaza dentro de una determinada zona geográfica.

Un sistema de LAV comprende el subsistema de localización, el subsistema de transmisión de datos y el subsistema de control y manipulación de datos. En los sistemas de despacho (que incluyen servicios de policía, bomberos, transportes públicos, taxis, etc.) un gran porcentaje de las comunicaciones de tipo telefónico transmitidas por los canales radioeléctricos del servicio móvil está compuesto por información de rutina, la mayor parte de la cual se refiere a la posición de los vehículos.

Las técnicas de LAV que pueden satisfacer las necesidades operacionales de los usuarios del servicio móvil terrestre, pueden clasificarse en cinco categorías principales, a saber, determinación de posición por proximidad, por estimación, hiperbólica, por satélite y combinaciones de dos o más de dichas técnicas, cada una con sus ventajas e inconvenientes. La selección de la técnica más eficaz depende del tipo de usuario y de las aplicaciones [Hansen, 1977].

En los últimos años, se han introducido sistemas especializados de LAV en el servicio móvil terrestre, en muchos países. Estos sistemas, conjuntamente con los satélites de radiodeterminación que deben estar plenamente desplegados en los años 90, y los sistemas de navegación actualmente operacionales, proporcionarán una amplia gama de sistemas a disposición del usuario. Recientemente ha entrado en explotación en el Reino Unido un sistema de LAV y de la determinación de la posición en el Reino Unido. En el Anexo I se presentan los resultados de las pruebas realizadas con este sistema.

En los Anexos II y III se describen respectivamente los sistemas de LAV operacionales en Japón y en Australia.

Junto con el desarrollo de sistemas de LAV, se han realizado numerosas investigaciones y se han elaborado proyectos sobre navegación y orientación de vehículos. El funcionamiento de estos sistemas está basado en las técnicas utilizadas en los sistemas de LAV, pero la diferencia significativa radica en que en los sistemas de navegación y orientación, los usuarios reciben indicación sobre cómo dirigirse al destino elegido. Los sistemas de navegación y orientación de vehículos han sido estudiados en numerosos países. Se han iniciado proyectos de colaboración europeos tales como el "Drive and Prometheus". En el Anexo IV se presenta una descripción de estos sistemas.

## 2. Introducción

En los últimos años, la policía y las empresas de transporte público de todo el mundo han adquirido conciencia de las ventajas que podrían derivarse del conocimiento de la posición de los vehículos. Algunas empresas de Europa, Japón y América del Norte han instalado ya sistemas de LAV.

El constante aumento de costos en los sistemas de despacho del servicio móvil terrestre, resultante del aumento global de los costos de explotación y mantenimiento, y la creciente demanda de mejores servicios, hacen más importante la necesidad de reducir los costos.

Uno de los elementos más críticos de los servicios de despacho es el conocimiento de la posición precisa actual de cada vehículo de la flota en servicio.

Un sistema de LAV dotado de equipo de reducción de datos, puede proporcionar la información necesaria para controlar y ajustar la explotación de una flota de vehículos en servicio en tiempo real, lo que conduce a una utilización más eficaz y productiva del personal y del equipo.

## 3. Consideraciones operacionales

No hay ningún órgano competente para definir los requisitos operacionales de las muy diversas clases de utilización de la LAV. Los siguientes requisitos generales fueron formulados por usuarios potenciales.

### 3.1 Precisión de posición

De 100 a 200 m en el caso de muchos servicios. Algunos exigen una precisión de 10 m; para otros (por ejemplo los sistemas de despacho del transporte en grandes zonas) bastan precisiones cercanas a 1 km.

### 3.2 Frecuencia de actualización

Idealmente, una vez por minuto, aproximadamente, en aquellos vehículos que es necesario desplegar rápidamente en zonas limitadas (por ejemplo, policía, bomberos, ambulancias), pero menos frecuentemente para las operaciones de despacho en zonas más grandes o rutas definidas.

En la práctica los intervalos de actualización que pueden conseguirse pueden estar gobernados por el ritmo al que se presentan a cada vehículo las elecciones de ruta. Estos ritmos son proporcionales a la aparición de intersecciones en la zona de recorrido y a la velocidad del vehículo.

### 3.3 Zona de cobertura

En muchos sistemas (por ejemplo, servicios de policía, bomberos, ambulancias, autobuses de pasajeros, taxis) son comunes las zonas operacionales de hasta 100 km × 100 km. Algunas operaciones se limitan a zonas mucho menores, de hasta 10 km<sup>2</sup>. Otras pueden exigir una cobertura continental.

## 4. Consideraciones de costo/beneficio

En los puntos siguientes se exponen las posibles ventajas [Wilson, 1977] que pueden derivarse de los dos tipos de funcionamiento: de recorrido fijo, como en el transporte público, y de recorrido variable, como ocurre con los servicios de policía y taxis.

### 4.1 Posibles ventajas en régimen de recorrido fijo

- Reducción del personal de inspección y control.
- Distribución más uniforme de los pasajeros entre los vehículos.
- Reducción de tiempos (muertos) como resultado de la reducción del número de autobuses y del personal.
- Más tiempo útil de servicio.
- Mayor eficacia de la respuesta durante las emergencias y respecto del envío de un vehículo de sustitución.
- Mejora del número de pasajeros, debido a que la información sobre localización se facilita en forma más conveniente y actualizada.

Los requisitos de la LAV de muchos sistemas de recorrido fijo pueden satisfacerse con medios no radioeléctricos.

### 4.2 Ventajas potenciales en régimen de recorrido aleatorio

- Reducción del tiempo de respuesta a llamadas de urgencia y de servicio.
- Reducción del número de vehículos, manteniendo la misma zona de cobertura.
- Reducción de los viajes innecesarios.



#### 4.3 *Relación beneficio/costo de la LAV*

Los resultados basados en un modelo por computador para el cálculo de la relación beneficio/costo de la LAV [Symes, 1979] han revelado que pueden obtenerse relaciones de hasta 7 a 1 en el servicio de transporte público y de hasta 13 a 1 en servicios de policía.

Aunque todas las ventajas antes expuestas pueden reducir los costos de explotación del servicio de despacho, los sistemas de LAV que se han instalado hasta ahora en Europa y América del Norte tienen por objeto mejorar la fiabilidad del servicio en general y reducir el tiempo de respuesta a llamadas de urgencia y de servicio, en particular, en los servicios de policía.

En algunos sistemas europeos de transporte público se ha experimentado, como consecuencia de la instalación de sistemas de LAV, una reducción del número necesario de autobuses, si bien se mantuvieron los efectivos para hacer frente a la expansión del servicio [Herrman y Zimmerman, 1974].

En Canadá se ha realizado un análisis costo/beneficio en el que se demuestra la existencia de un beneficio seguro que alcanza una relación de 2 a 1 [Fujaros, 1976].

#### 5. **Eficacia de la utilización del espectro**

Con la instalación de un sistema de LAV, la información de posición, que representa un porcentaje considerable de las comunicaciones vocales [Fujaros, 1976], se transmite automáticamente desde los vehículos hasta los centros de control en forma de datos. Esta posibilidad a bordo facilita igualmente la transmisión de otros mensajes de rutina, lo que puede traducirse en un aumento de la eficacia de utilización del espectro en el servicio móvil terrestre. Se ha estimado [Cortland, 1986] que puede conseguirse una reducción del 20 al 25% en las comunicaciones vocales entre vehículos y puestos de control.

Algunos sistemas no requieren atribuciones adicionales en el espectro. Estos sistemas utilizan las transmisiones actuales de los sistemas de ayuda a la radionavegación, diseñados para barcos y aeronaves, a fin de determinar su posición. Ejemplos de ello son los sistemas Loran-C y Decca. No obstante, algunos de estos sistemas sólo proporcionan una cobertura limitada, particularmente en tierra.

Los sistemas por satélite, tales como el NAVSTAR GPS, descrito más adelante, y los dos sistemas antes mencionados son fundamentalmente sistemas de radiodifusión que pueden atender a un número ilimitado de usuarios.

Los sistemas de LAV pueden aplicarse para mejorar la eficacia de utilización del espectro de otros servicios móviles tal como se indica en los ejemplos siguientes.

##### 5.1 Aplicación a los sistemas celulares

Se ha demostrado que la LAV puede ser una forma muy útil de medida [Meeck, 1988], proporcionando datos de cobertura precisos para optimizar las redes de telefonía celular. Además, la información sobre la localización precisa de las estaciones móviles podría suponer una mejora del control del sistema en términos de llamadas originadas en la estación de base correspondiente y de transferencia del control de la llamada. Convendría examinar estos aspectos en función de la mayor complejidad del sistema.

##### 5.2 Control de sistemas microcelulares

Se están desarrollando numerosas técnicas de banda ancha y banda estrecha para mejorar la utilización del espectro. Un posible enfoque consiste en utilizar sistemas microcelulares. La zona de cobertura de un sistema microcelular es pequeña, por lo que requiere frecuentes transferencias de llamadas. Con un sistema de LAV, la frecuencia de la portadora del canal puede

conmutarse conforme el móvil se desplaza de una microcélula a otra [Towaij, 1983]. En la explotación de un sistema microcelular, el sistema de control de la red debe conocer la posición de todos los móviles. Se ha utilizado una técnica de proximidad para determinar la posición de cada móvil conforme pasa de una estación de base a otra. Cada estación de base se identifica con un código propio de identificación (ID). Desde cada estación de base se emiten señales de corta duración y baja potencia cada dos segundos. Cada ráfaga contiene una bandera, el ID de la estación base y unas señales de control.

## 6. Técnicas de LAV

Las técnicas de LAV que pueden satisfacer las necesidades operacionales de los usuarios del servicio móvil terrestre, pueden clasificarse en cinco categorías, a saber, determinación de posición por proximidad, por estimación, hiperbólicos, por satélite y por combinaciones de dos o más de dichas técnicas.

### 6.1 Técnicas de determinación de la posición por proximidad

La determinación de la posición de un vehículo se realiza cuando éste pasa junto a postes indicadores situados al borde de la carretera, denominados en algunas ocasiones balizas de carretera, cuya ubicación se conoce con precisión. Se ha utilizado una amplia gama de técnicas para el intercambio de información entre los postes indicadores de carretera y los vehículos que circulan junto a ellos incluyendo bucles inductivos, transmisión radioeléctrica en ondas decimétricas, transmisión por microondas y transmisión por rayos infrarrojos. Existen dos tipos diferentes de postes indicadores dependiendo del sentido en que se transmite la información:

- Postes indicadores activos: las señales de posición se transmiten desde el poste indicador a los vehículos.
- Postes indicadores pasivos: las señales se transmiten desde el vehículo al poste indicador.

Existen dos métodos para evaluar la proximidad, que se caracterizan por utilizar uno de los siguientes procedimientos:

- Proximidad directa: el poste indicador activo transmite su posición al vehículo, que a su vez transmite sus datos mediante un enlace radioeléctrico al computador central.
- Proximidad inversa: el vehículo transmite sus datos al poste indicador pasivo que a su vez transmite los datos al computador central mediante una conexión por cable o radioeléctrica.

La precisión de las técnicas de proximidad es directamente proporcional a la separación entre postes indicadores.

### 6.2 Técnicas de determinación mediante cálculo

Estas técnicas utilizan sensores de rumbo y desplazados a distancia (odómetros) para calcular la situación de los vehículos en relación con referencias de localización fijas conocidas. Los cálculos se pueden hacer a bordo del vehículo o en un ordenador del sistema. Las exactitudes de la localización dependen de los dispositivos sensores, la frecuencia de referencia actualizada y la severidad de los factores externos tales como las variaciones del campo magnético, el patinamiento de las ruedas y la combadura de la carretera, etc.

### 6.3 Técnicas de determinación de posición por radiofrecuencia

La localización de los vehículos se determina a partir de distancias distintas de los vehículos desde tres emplazamientos fijos o más. Estas diferencias se pueden expresar como diferencias de fase entre las señales recibidas (multilaterización de fase) o diferencias en el tiempo de llegada de los frentes anteriores de las señales de impulso sincronizadas (multilaterización de impulsos), lo que produce líneas hiperbólicas de diferencias de fase o de tiempo constantes. La localización de los vehículos se puede determinar por la intersección de estas líneas. Las técnicas de determinación de posición pueden emplear sistemas especializados para su aplicación en el servicio móvil terrestre o utilizar los sistemas existentes de navegación como, por ejemplo, el Loran-C o el Decca.

### 6.4 Técnicas de determinación de la posición utilizando satélites

La posición de un móvil se determina mediante medidas muy precisas de las distancias entre el receptor y los satélites en un instante de tiempo dado. Se necesitan cuatro satélites para fijar la posición en modo tridimensional. Las posiciones de éstos deben conocerse con exactitud y deben estar disponibles en el momento de la medida, a fin de mantener la precisión global del sistema. Debe señalarse que la posición de un satélite puede no ser la prevista, en base a la información orbital reciente, debido a la deriva provocada por vientos solares anormales en periodos de perturbación solar. Las correcciones no pueden aplicarse hasta pasadas algunas horas después de producirse dichas desviaciones.

En general, existen dos tipos de sistemas con equipos de usuarios móviles de diferentes características:

- Equipos activos: los satélites permiten las comunicaciones bidireccionales entre el móvil y la estación terrena de control. Los cálculos de posición se realizan en la estación terrena y los datos de la posición resultante se retransmiten al móvil.
- Equipos pasivos: las señales de navegación son difundidas al móvil. El equipo del móvil determina la posición del vehículo.

### 6.5 Combinación de varias técnicas

Pueden combinarse dos o más técnicas para mejorar las características propias de una sola de ellas, dando lugar a un sistema integrado.

## 7. Sistemas de LAV aplicables

### 7.1 Sistemas hiperbólicos en ondas kilométricas

Dentro de la zona de cobertura de los transmisores existentes, pueden proporcionarse datos de posición para un gran número de usuarios móviles. Los resultados de las pruebas que se indican en el Anexo I fueron obtenidas utilizando este sistema en Londres.

### 7.2 Sistema hiperbólico en ondas decimétricas que utiliza ensanchamiento del espectro

Se ha desarrollado e instalado en Australia un sistema terrenal de LAV que utiliza radiobalizas de búsqueda con técnicas de ensanchamiento del espectro en aquellos vehículos que deben ser localizados. El sistema, que fue especialmente desarrollado para ambientes urbanos, ha logrado precisiones en la determinación de la posición del orden de 30 m tanto para vehículos en movimiento como estacionarios, con un tiempo de medición de 1 segundo. Un esquema singular de multiplaje por distribución en frecuencia permite al sistema cursar un elevado número de localizaciones (véase el Anexo III).

### 7.3 Sistemas de determinación de la posición por estimación/postes indicadores

Un sistema piloto instalado en Londres consta de unos 700 postes indicadores de carretera en ondas decimétricas. El equipo a bordo del vehículo se inicializa cuando entra por primera vez en la zona de cobertura de un poste indicador. La posición del vehículo entre postes indicadores se establece en base a estimaciones sobre la última inicialización. Cuando el vehículo se aproxima a otro poste indicador, el equipo de a bordo se reinicializa en base a las señales de referencia transmitidas continuamente desde el poste indicador, de manera que se eliminan los errores acumulados. La posición del vehículo es almacenada automáticamente en la memoria de a bordo de éste, incluso cuando el motor está parado. Este sistema puede proporcionar una información de posición útil dentro de la red. Este sistema puede resultar costoso debido a la necesidad de disponer de un número considerable de postes indicadores para conseguir una elevada precisión.

### 7.4 Omega

El sistema internacional de ayuda a la radionavegación en ondas miriamétricas OMEGA, está disponible sin coste alguno y su continuidad está asegurada hasta el próximo siglo.

Un amplio programa de pruebas en condiciones reales realizadas sobre el sistema OMEGA, con funcionamiento diferencial, han demostrado que sobre una amplia gama de entornos, incluyendo entornos montañosos y el centro de las ciudades, se puede obtener en la práctica una precisión de 300 m para  $2\tau$  rms (probabilidad del 95-98%) o incluso mejor [Stratton, 1987].

La precisión del sistema diferencial OMEGA puede disminuir conforme la distancia entre el sistema de control diferencial y el móvil aumenta por encima de los 100 km; los errores pueden asimismo aumentar sustancialmente durante la noche. Las causas son las variaciones diurnas en la velocidad y dirección de propagación locales con respecto a los valores normalizados utilizados para convertir las medidas diferenciales de fase en posiciones. Las variaciones en velocidad y acimut pueden medirse continuamente y aplicarse las correcciones oportunas mediante los datos procedentes de tres o cuatro estaciones de control [Stratton, 1988].

En el Oriente Medio existe un sistema operacional de LAV que utiliza el sistema OMEGA diferencial.

### 7.5 Sistemas de radiodeterminación por satélite

A partir de 1990 estarán en servicio varios sistemas de radiodeterminación por satélite que se describen brevemente en los párrafos siguientes.

El sistema TRANSIT [Blanchard, 1983] es un sistema de radionavegación por satélite actualmente operativo cuya utilización para vehículos terrestres queda muy limitada dado el prolongado tiempo que precisa para realizar las medidas. En 1996, el sistema TRANSIT será sustituido por el sistema NAVSTAR GPS.

El sistema NAVSTAR GPS, que se espera esté completamente desplegado después de 1992, proporcionará información tridimensional de velocidad y posición. Las características técnicas del sistema NAVSTAR GPS se describen en el Anexo I del Informe 766-1.

El sistema GLONASS [IMO, 1989] es un sistema por satélite que proporcionará información de posición y velocidad a usuarios civiles cuando esté completamente desplegado entre 1991 y 1995. El diseño de este sistema es muy similar al del GPS.

Actualmente se está desarrollando en los Estados Unidos de América un sistema de radiodeterminación por satélite que empezará a funcionar en 1991-1993 y en el que se han previsto dos funciones: localización y comunicaciones. Se podrán conseguir precisiones tridimensionales del orden de 30 - 40 m, con un tiempo de medición menor de 1 segundo. El sistema, que utilizará satélites geostacionarios del servicio de radiodeterminación por satélite, se describe en el Informe 1050. Actualmente se está desarrollando un sistema semejante de radiodeterminación por satélite para dar cobertura a la Región 1 [Hernández, 1987].

#### 8. Sistemas de orientación

Los sistemas de orientación utilizan las mismas técnicas básicas de localización que las utilizadas por los sistemas de LAV añadiendo información que se pasa al vehículo en movimiento (véase el Anexo IV).

#### 9. Conclusiones

La Localización Automática de Vehículos (LAV) debe considerarse como una tecnología que podría tener una influencia importante en la efectividad y productividad de un servicio de despacho, así como en la eficacia de utilización del espectro.

Los sistemas por satélite pueden proporcionar una cobertura global que beneficiará a los usuarios de los servicios aeronáutico, marítimo y terrestre y que, por tanto, tendrá una repercusión significativa en cuanto a economía del espectro. Sin embargo, sus características de funcionamiento pueden degradarse en zonas urbanas, debido al bloqueo de la señal. Para evitar este problema, es posible que el equipo móvil tenga que incluir dispositivos de determinación de la posición por estimación de manera que pueda mantenerse un seguimiento continuo. En un próximo futuro se dispondrá de varios sistemas autónomos por satélite; hay que seguir estudiando la interferencia mutua potencial entre dichos sistemas y la interferencia con otros servicios.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCHARD, W. F. [1983] The continuing development of «Transit». IEE Conf. Publ. N.º 222, Satellite systems for mobile communications and navigation.
- CORTLAND, L. y RILEY, B. [1986] Vehicle tracking system for Salem, Oregon Police Department, Proc. of the National Technical Meeting of the Institute of Navigation, California, Estados Unidos de América.**
- FUJAROS, R. [septiembre de 1976] State-of-the-art of mobile radio data systems for police users. Proc. of «Telimove» Automated Vehicle Monitoring Conference, Toronto, Ontario, Canadá.
- HANSEN, G. R. [1977] AVM - Is there a system for your city. Carnaham Crime Counter Measures.
- HERNANDEZ, D. [1987] The Locstar radio - determination satellite system, Alta Freq. (Italia) Vol. 56, No. 10.**
- HERRMAN, F. y ZIMMERMAN, W. [junio de 1974] The radio control system of the City of Zurich Transportation Authority. Rev. Brown Boveri, Vol. 61, 270-274.

**INTERNATIONAL MARITIME ORGANISATION [1989] 35th Session-Sub committee on Safety of Navigation.**

**MEEK, R.L. y RUBIN, H.J. [1988] Cellular mobile telephone field measurement tools and techniques, 38th IEEE Vehicular Technology Conf.**

**STRATTON, A. [1987] Omega in the land environment, the Journal of Navigation Vol. 40, No. 3, Londres, Reino Unido.**

**STRATTON, A. [1988] Reducing the errors and extending the coverage of Differential Omega, Proc. of the 12th Annual Meeting of the International Omega Association, Honololo, Virginia, Estados Unidos de América.**

**SYMES, D.J. [marzo de 1979] Advanced area-coverage automatic vehicle monitoring program. Proc. of the 29th IEEE Vehic. Tech. Conf., Illinois, Estados Unidos de América.**

**TOWAIJ, S.J. y LILLEMAR, A. [1983] The microcell land mobile radio system, 33rd IEEE Vehicular Technology Conf., Toronto, Canadá.**

**WILSON, G.D. [junio de 1977] The benefits of automatic vehicle location in the urban community. IEEE International Conference on Communications (ICC '77) Chicago, Illinois, Estados Unidos de América.**

#### BIBLIOGRAFÍA

**LAST, D.J. [1983] Radio spectrum requirements of monitoring and location systems for land vehicles. IEE Conf. Publ. N.º 224, Radio spectrum conservation techniques.**



## ANEXO I

Experimentos realizados con sistemas de LAV "Datatrak"  
en el Reino Unido

1. Un sistema hiperbólico en baja frecuencia (ondas kilométricas), el Datatrak, está en funcionamiento desde abril de 1988. El sistema actual proporciona cobertura al Sureste de Inglaterra y a la región de las Midlands, y se espera que abarque todo el Reino Unido a principios de 1991.
2. La red consta de un gran número de estaciones de base en ondas decimétricas (para las estaciones móviles que transmiten a las mismas), de un centro de control de vehículos y de 16 a 20 transmisores en ondas kilométricas con multiplexión en el tiempo separados entre sí por distancias de 160 km aproximadamente. Cada transmisor en ondas kilométricas incluye una antena monopolo de 50 m con malla de tierra radial; la potencia radiada aparente (p.r.a.) es de unos 50 a 100 vatios.
  - 2.1 Todos los transmisores funcionan con el mismo par de frecuencias y la compartición se realiza mediante la técnica de multiplexión por división en el tiempo. Las frecuencias de navegación son 135 kHz (f1) y 145 kHz (f2), y ambas corresponden, en la denominación de la UIT, a las emisiones 1K00 PON. La Figura 1 muestra la estructura de temporización de la señal de navegación. La configuración de los intervalos de tiempo 1-8 se repite cada 1,68 s, mientras que los intervalos de tiempo 9-24 se repiten con una frecuencia mitad, es decir, cada 3,36 s. Los intervalos de tiempo de mayor frecuencia se asignan a zonas urbanas mientras que los de menor frecuencia se utilizan para zonas rurales.
3. El equipo del vehículo incluye una unidad de localización, un teclado de estado y una antena.
  - 3.1 El procesador de navegación es la unidad central de proceso del localizador del vehículo. Una vez que se establecen las líneas de posición a partir de la información de fase obtenidas de las transmisiones de navegación, la posición del vehículo se convierte en coordenadas de la Rejilla Nacional de Referencia del mapa nacional del Estado Mayor, recopilándose los datos de estado a través del bus de datos bidireccional conectado al teclado. Los datos de posición y de estado se formatean en otro procesador antes de ser enviados a las estaciones de base a través del canal de ondas decimétricas (460 MHz) a una velocidad binaria de 3 600 bit/s.
  - 3.2 A cada unidad de localización se le asigna uno o más intervalos de tiempo de 30 ms dentro de un ciclo de temporización de 30 minutos; hay aproximadamente 54.000 intervalos de tiempo disponibles. Las unidades de localización y las estaciones de base se sincronizan al mismo ciclo de temporización de manera que éstas últimas pueden identificar a un vehículo a partir de la posición de su intervalo de tiempo. Tal como se indica en la Figura 2, el formato de datos del intervalo de tiempo de 30 ms del vehículo comienza con un tiempo de guarda de 1 ms. La sincronización se consigue mediante los siguientes 10 bits de preámbulo y los 16 bits del código de Gold. Los datos de estado y los relativos a la última posición del vehículo se transmiten asimismo dentro de este ciclo de temporización.

3.3 La unidad de localización tiene un consumo de potencia de 14 W y una alimentación de 12 V o 24 V en c.c. La unidad puede alimentarse con la batería del vehículo a través del interruptor de encendido, de modo que se active automáticamente cuando se ponga en marcha el automóvil. La unidad de localización incluye un dispositivo de retardo, gracia al cual la posición del vehículo continúa controlándose durante los 20 minutos siguientes a la parada del motor.

3.4 La unidad de estado indica las coordenadas de la posición actual del vehículo. La comunicación desde el vehículo al control central se establece a través del teclado de estado, el cual activa la unidad de localización para la transmisión de hasta 250 códigos de estado definidos por el usuario. No es posible enviar datos en el sentido contrario.

3.5 La antena del vehículo para la recepción en ondas kilométricas es un monopolo activo. Gracias a la diplexión, la recepción de la señal de navegación en ondas kilométricas y la transmisión de datos en ondas decimétricas se realiza mediante una sola antena.

3.6 Con esta técnica de localización del vehículo, éste no necesita transmitir una orden para obtener su posición. Esto significa que un número ilimitado de vehículos puede utilizar el sistema para conocer sus posiciones. Sin embargo, para el control y gestión de flotas, se necesita la transmisión de datos al centro de control, tal y como se describe en los puntos 4 y 5 siguientes, imponiéndose así un límite superior al número de vehículos que pueden utilizar un sistema dado. La Figura 3 es un diagrama de bloques del sistema descrito.

4. El equipo del centro de control de vehículos incluye un computador, una pantalla, un teclado y un módem controlado por microprocesador para conectar el computador al centro de recogida y distribución de datos.

4.1 En las estaciones radioeléctricas de base, los datos del vehículo se vuelven a formatear y se rotulan con la identidad del intervalo de tiempo correspondiente. Seguidamente, los datos se transmiten al centro de control, a través del centro de recogida y distribución de datos. La transmisión entre la estación de base y el centro de control se realiza por líneas telefónicas arrendadas.

4.2 Las trasmisiones de datos por el canal de ondas decimétricas se reciben en más de una estación de base. Esta técnica redundante se utiliza para asegurar que los datos del vehículo se reciban incluso si una estación no captara correctamente la señal. El computador central de datos del centro de control ordena y registra la información, eliminando la redundancia.

4.3 La posición, identidad y rumbo de los vehículos, se muestran sobre un mapa digitalizado en una pantalla de alta resolución. Las zonas de especial interés pueden mostrarse con mayor detalle utilizando un zoom.

4.4 Además de la pantalla gráfica, los datos de cada vehículo se visualizan en forma tabular en otra pantalla. Estos datos incluyen la identidad del vehículo, las coordenadas actuales, el rumbo, la velocidad y la hora del último Informe.

4.5 Existen intervalos de tiempo de alarma, que no están atribuidos y se reservan para la señalización de emergencia. En tal caso, se transmite la identificación del vehículo junto con su estado y posición actual. Las alarmas pueden activarse automáticamente (por ejemplo en caso de colisión del vehículo) o ser accionadas por el conductor. La Figura 4 muestra el formato de los datos del intervalo de alarma.

## 5. Pruebas

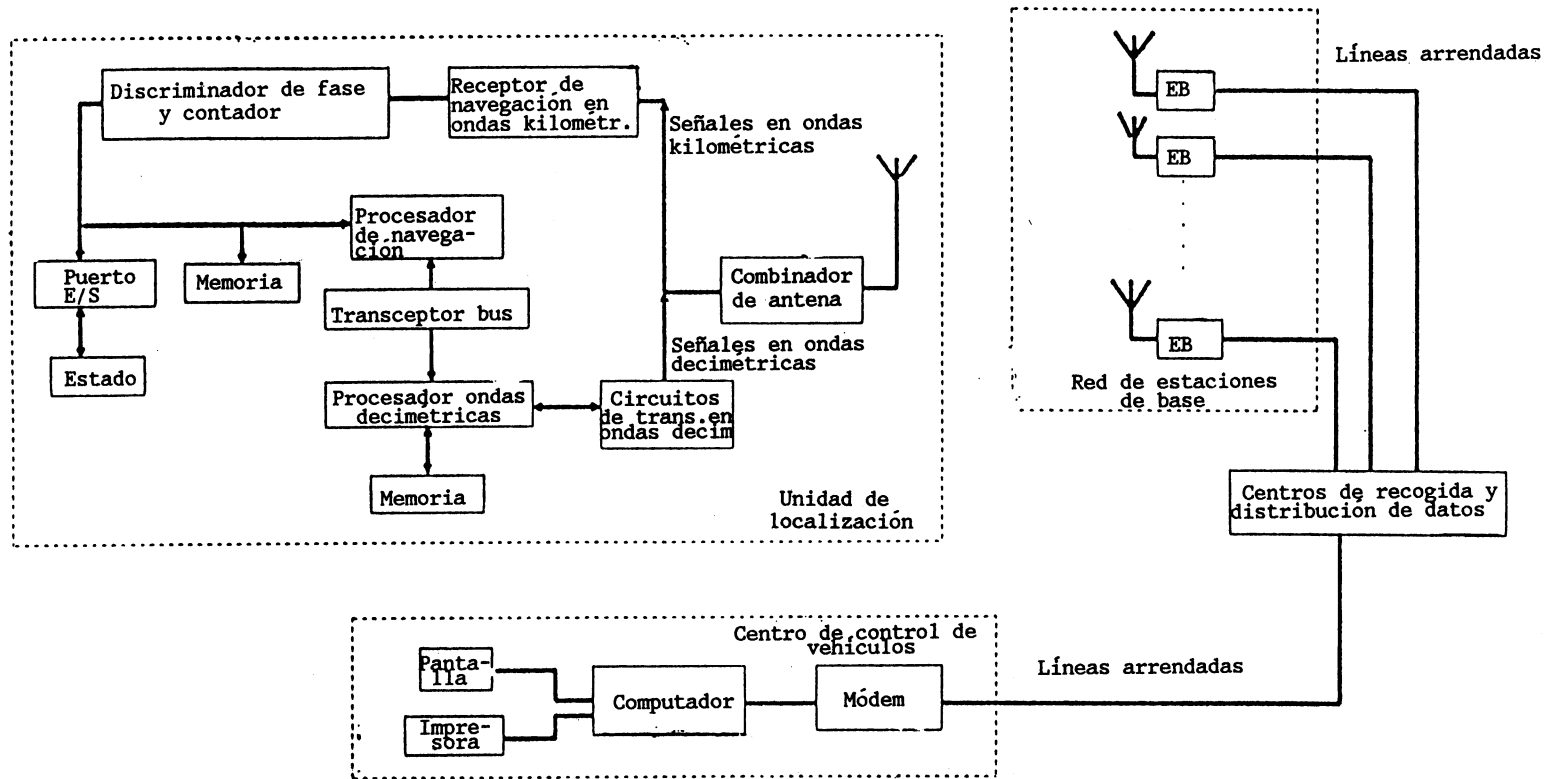
5.1 Se han realizado pruebas estáticas y dinámicas. Las pruebas dinámicas se efectuaron con el vehículo circulando normalmente por carretera y observando su desplazamiento en un mapa digitalizado en el centro de control. Para realizar las pruebas estáticas, se aparcó el vehículo en una posición conocida, y se controló su posición durante un determinado periodo.

5.2 La Figura 5 muestra un ejemplo de impresión por computador de los datos registrados durante las pruebas dinámicas.

5.3 Las pruebas estáticas se realizaron registrando datos de un vehículo en reposo. La "posición observada" se estimó utilizando mapas del Estado Mayor. La "posición calculada" se obtuvo a partir de la conversión de las coordenadas hiperbólicas registradas en la Rejilla Nacional de Referencia del Estado Mayor. El "error de posición" es la distancia entre la "posición observada" y la "posición calculada" en Eastings y Northings.

5.4 Las pruebas estáticas se realizaron en Richmond, una zona residencial situada entre el centro de Londres y el aeropuerto de Heathrow. La prueba se realizó aproximadamente a 70 km del transmisor en ondas kilométricas más cercano. Los resultados muestran que la desviación típica normal para un periodo de 24 horas era de 9 metros. Por lo tanto, el 95% de las posiciones registradas del vehículo se encontraban en un círculo de 18 metros de radio.



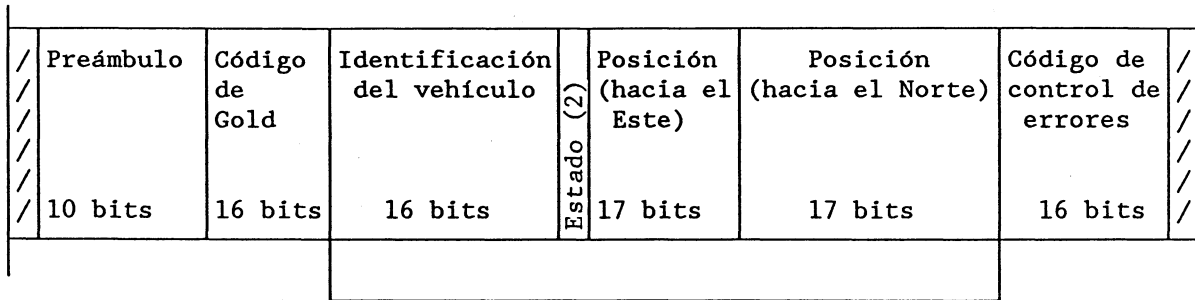


**FIGURA 3**

Diagrama de bloques del sistema de localización de vehículos

0 ms

30 ms



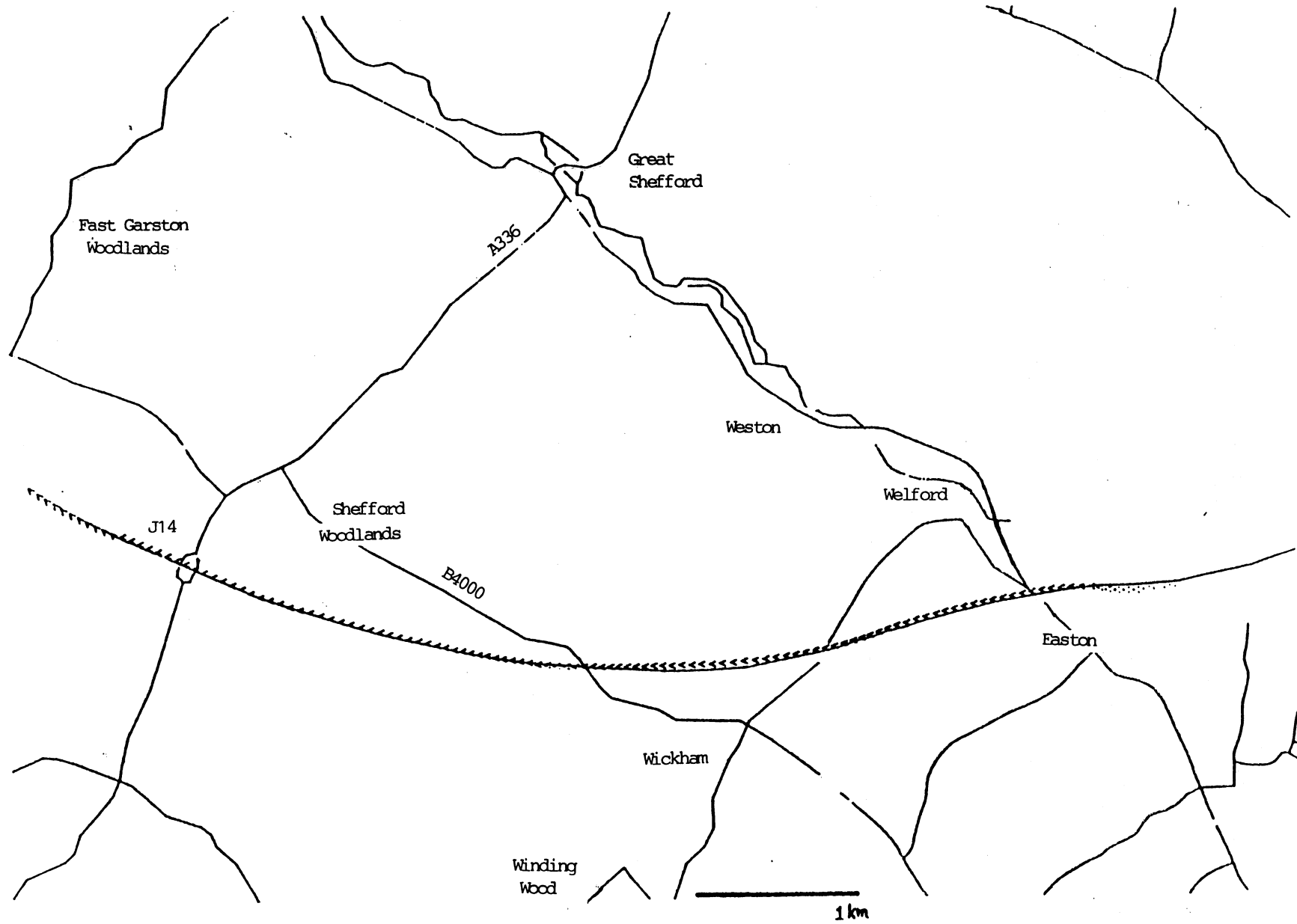
Datos de alarma del vehículo



Periodos de guarda

FIGURA 4

Formato de los datos de los intervalos de tiempo de alarma



**FIGURA 5**

Resultados de una prueba efectuada con un vehiculo viajando hacia el Oeste por la autopista M4, en West Berkshire

## ANEXO II

### SISTEMAS LAV EN JAPÓN

Desde 1980, Japón ha introducido sistemas LAV por proximidad directa en 7 ciudades y sistemas por proximidad inversa en 16 ciudades.

En la zona metropolitana de Tokio, unos 5400 taxis utilizan (octubre de 1983) un sistema LAV por proximidad directa con 29 postes indicadores. Para los sistemas de proximidad directa, el país está dividido en cuadrados de 50 km, cada uno de los cuales tiene un código de zona y un punto de referencia en el extremo noroccidental. Cada poste indicador tiene asignados un código de zona (dos cifras) y un código de posición x e y (2 veces 3 cifras) relacionado con el punto de referencia.

Los postes indicadores transmiten a 426 MHz con una potencia de 0,01 a 1 W utilizando modulación MF de la subportadora (1500 Hz, 1900 Hz MDF a 200 bit/s). Una señal de sincronización de trama de 15 bits va seguida de los códigos de zona y de posición en los que cada cifra es un decimal codificado en binario con un bit de paridad añadido.

### BIBLIOGRAFÍA

MINE, Y. [abril de 1977] Computerized location and status display system (CLSDS) 1979 CARNAHN Conference.

## ANEXO III

### Sistema LAV con técnicas de ensanchamiento del espectro desarrollado en Australia

1. En el área metropolitana de Sidney (Australia), se encuentra en servicio desde finales de 1987 un sistema de localización automática de vehículos denominado QUIKTRAK [Hurst, G., 1989]. El sistema fue concebido para que diese cobertura a una superficie de unos 2.000 kilómetros cuadrados con una precisión de 30 m aproximadamente. El sistema es capaz de dar servicio a muchos usuarios independientes y a muchos miles de vehículos con una capacidad de seguimiento de 30.000 localizaciones por hora. Se utilizan técnicas de ensanchamiento del espectro, y de reducción a polígonos a partir de la fase con miras a conseguir localizaciones precisas de vehículos en movimiento en ambientes caracterizados por considerables trayectos múltiples como los que se encuentran en las zonas fuertemente edificadas.

2. El sistema QUIKTRAK consta de:

- transpondedores instalados en los vehículos;
- receptores de canales múltiples con técnicas de ensanchamiento del espectro ubicados en emplazamientos distantes;
- transmisores para el gobierno de los transpondedores co-ubicados en algunos emplazamientos de recepción;
- un transmisor de la referencia de tiempo del sistema;
- un centro de tratamiento;
- terminales de usuario.



## 2.1 Transpondedores

El transpondedor instalado en un vehículo que debe ser localizado consta de un transmisor de pequeña potencia que utiliza ensanchamiento del espectro y un receptor de bajo consumo para recoger las órdenes del sistema y gobernar la transmisión de espectro ensanchado. El receptor de control recibe y decodifica los datos normalizados de radiobúsqueda para activar el transmisor y seleccionar el radiocanal de espectro ensanchado. El transmisor elabora una señal de secuencia directa en espectro ensanchado con una anchura del lóbulo principal (entre nulos) de 2 MHz y una potencia de salida de 25 mW. En el seno del sistema QUIKTRAK, se definen y seleccionan los canales de ensanchamiento de espectro mediante sus frecuencias portadoras, cuyos valores están separados entre sí por cantidades pequeñas en relación con la anchura de la banda de la señal. Todos los radiocanales se encuentran fundamentalmente dentro de la misma anchura de banda del sistema de 2 MHz situada en la banda de Radiolocalización en ondas decimétricas.

## 2.2 Receptores

Los emplazamientos distantes de recepción se encuentran a lo largo de la zona de cobertura del sistema con una separación aproximada de 15 km. Cada emplazamiento consta de un receptor de espectro ensanchado con canales múltiples y de un ordenador para emplazamiento distante. El receptor realiza la adquisición y el seguimiento de las señales de espectro ensanchado y mide la fase del código pseudoaleatorio de ensanchamiento respecto de la señal de referencia de todo el sistema. Además de gobernar la explotación del emplazamiento distante, el ordenador retransmite por línea telefónica la señal de información del tiempo-de-llegada (fase de código) procedente de todos los canales al ordenador central. Algunos emplazamientos distantes incluyen igualmente un transmisor para cursar las señales de control a los transpondedores.

## 2.3 Transmisores para el control de los transpondedores

El control del transpondedor se efectúa mediante las técnicas convencionales de radiobúsqueda en grandes zonas. Por consiguiente, los transmisores para el control de los transpondedores consisten en transmisores de radiobúsqueda para radiodifusión simultánea de 25 W. La señalización de control de los transpondedores se encuentra en la banda móvil terrestre en ondas decimétricas.

## 2.4 Transmisor de referencia de tiempo

La sincronización del sistema se consigue transmitiendo una determinada señal de espectro ensanchado, procedente de un emplazamiento situado cerca del centro, que todos los emplazamientos distantes reciben y siguen. La señal tiene una estructura y una potencia de salida semejantes a la radiada por un transpondedor pero está situada en una banda distinta de 2 MHz. Todos los receptores de los emplazamientos distantes se sincronizan con una precisión de nanosegundos mediante su enganche a esta señal de baja potencia y común a todo el sistema. De esta forma, pueden efectuarse comparaciones muy precisas del tiempo-de-llegada de las señales de los transpondedores en los diferentes emplazamientos.

## 2.5 Centro de tratamiento

Todos los emplazamientos envían por línea telefónica al centro de tratamiento la información del tiempo-de-llegada de la señal del transpondedor. El ordenador central realiza el tratamiento de todas las informaciones disponibles para calcular la mejor estimación de la posición del transpondedor.

Además de calcular las posiciones, el ordenador central programa la activación de los transpondedores como respuesta a las peticiones de los usuarios y transfiere las posiciones de los transpondedores a los terminales de usuario pertinentes a través de líneas telefónicas.

## 2.6 Terminales de usuario

Los terminales de usuario se encuentran situados en los locales de los usuarios y están conectados al ordenador central a través de líneas telefónicas. Los terminales adoptan generalmente la modalidad de una estación de presentación de seguimiento (TDS) que consiste en un soporte lógico de QUIKTRAK que corre en un ordenador personal. La TDS acepta los datos de entrada del operador relativos a las peticiones de localización de vehículos y presenta la posición de los vehículos sobre mapas de vídeo en color almacenados en la TDS. En cada terminal se encuentra almacenada una colección completa de mapas de toda la zona de cobertura del sistema.

### REFERENCIA

HURST, G. [septiembre de 1989] Quiktrak: a new AVL system developed in Australia. IREECON INTERNATIONAL MELBOURNE 1989 Convention Digest.

### ANEXO IV

#### Sistemas de orientación

##### 1. Introducción

Los sistemas de orientación utilizan las mismas técnicas básicas de localización que las utilizadas por los sistemas de LAV añadiendo información que se pasa al vehículo en movimiento. Cada vez son más patentes los beneficios que pueden obtenerse con la utilización de los sistemas de orientación. En Europa y América del Norte se han desarrollado muchos de dichos sistemas.

En Europa se han adoptado acuerdos de colaboración para el desarrollo de sistemas electrónicos de ayuda al tráfico de carretera. La Comisión Europea ha aportado fondos para la realización de un ejercicio de planificación denominado DRIVE (Dedicated Road Safety Systems & Intelligent Vehicles in Europe, Sistemas especializados de seguridad en carretera y vehículos inteligentes en Europa). Este programa [Comisión de las Comunidades Europeas, 1988] tiene por objeto evaluar si las tecnologías de la información y las telecomunicaciones pueden contribuir sustancialmente a mejorar la seguridad en carretera, y hace hincapié en que el sistema pueda llegar al máximo número de usuarios posible. Dos de los estudios principales están dedicados a la orientación de los vehículos y a las comunicaciones.

Asimismo, la industria del automóvil europea ha iniciado el programa PROMETHEUS (PRO-gramme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety, Programa para un tráfico europeo con máxima eficiencia y seguridad sin precedentes). Uno de los subprogramas, Pro Road, propone la creación de un equipo de información y de comunicación en la carretera que proporcione datos a computadores de vehículos para su utilización en sistemas de gestión de alto nivel. Una tarea importante a realizar es la normalización de un mapa europeo digital de carreteras.

## 2. Beneficios

Investigaciones realizadas sobre el tráfico británico [Belcher, 1989] ha demostrado que se pueden conseguir economías de hasta un 10% del coste de los viajes con sistemas de orientación sobre rutas. También podría reducirse el tiempo de viaje en un 10% aproximadamente.

## 3. Tipos de sistemas de orientación

Los sistemas de orientación pueden, en general, clasificarse como sistemas autónomos y sistemas con apoyo de infraestructura.

### 3.1 Sistemas autónomos

La principal ventaja de los sistemas autónomos es que no requieren ninguna información de navegación externa y, por tanto, son autosuficientes. Existen dos tipos de sistemas autónomos, a saber, los sistemas de ayuda direccional sencilla y los sistemas de visualización de mapas.

Los sistemas de ayuda direccional sencilla son básicamente sistemas de determinación de la posición por estimación. El procesador de a bordo calcula el vector que conecta la posición inicial y la de destino. Al conductor sólo se le facilita información de orientación y de distancia aunque éste decide la ruta.

Los sistemas de visualización de mapas muestran al conductor su posición sobre un mapa en una pantalla. Requieren una base de datos con información cartográfica digitalizada. En algunos sistemas de visualización de mapas, existe una facilidad de búsqueda automática de ruta, un computador de a bordo que muestra al conductor la ruta óptima. No obstante, dichas indicaciones pueden de hecho ser subóptimas si no se tienen en cuenta para el cálculo de la ruta los cambios en la red de carreteras o las condiciones del tráfico en ese momento. Este problema puede evitarse mediante la recepción de un canal externo de radiodifusión de información sobre tráfico, tal como el SRD (Sistema de Radiodifusión de Datos) [Unión Europea de Radiodifusión, 1984].

### 3.2 Sistemas con apoyo de infraestructura

En un sistema con apoyo de infraestructura, se instala un gran número de postes indicadores en posiciones estratégicas junto a la carretera. La información de orientación entre postes indicadores se da mediante técnicas de determinación de la posición por estimación. El computador de a bordo del vehículo mide el tiempo de tránsito entre postes indicadores y esta información se transmite a un centro de control general a través de un sistema de comunicaciones bidireccionales desde postes indicadores que combinan las características de los postes activos y pasivos. Esta información, junto con las condiciones del tráfico tales como los efectos de los incidentes y variaciones horarias en la estructura del tráfico, se aplica a un computador central que determina la ruta óptima hacia el destino elegido por cada usuario. Los datos relativos a la ruta recomendada se transmiten a los conductores a través de la red de postes indicadores.

Este sistema facilita información actualizada prácticamente en tiempo real sobre el estado del tráfico y sobre orientación, pero esta información sólo es válida dentro de la zona de cobertura de la red que compone la infraestructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BELCHER, P.L. y CATLING, I. [1989] *Autoguide - Electronic route guidance for London and the UK, Second International Conf. on Road Traffic Monitoring, Conf. Pub NO. 299.*

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES [1988] *Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe Workplan, DRI 100.*

EUROPEAN BROADCASTING UNION [1984] *Specification of the radio data system RDS for VHF/FM sound broadcasting, Tech. 3244-E, Technical Centre Brussels.*

## INFORME 1155

ADAPTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES  
A LAS NECESIDADES DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO

(Cuestión 77/8)

(1990)

1. Introducción y resumen

El Grupo Interino de Trabajo 8/13 se creó en 1985 por la Decisión 69, con el objetivo de estudiar los Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres (FSPTMT). Se considera que, entre otros aspectos, los avances y la reducción de costes en las tecnologías de radiocomunicaciones y en la integración de circuitos a muy alto nivel (VLSI), pueden hacer que la solución radioeléctrica sea una alternativa competitiva para los servicios de telecomunicaciones vocales y no vocales, destacando especialmente las comunicaciones personales, un concepto de gran interés para los países desarrollados.

Dada la disparidad en la infraestructura de telecomunicaciones existente en las diversas partes del mundo, este Informe hace hincapié en el potencial que presenta la tecnología celular (y su evolución hacia tecnologías de FSPTMT) para ayudar a los países en desarrollo a salvar las grandes diferencias que los separan de los países desarrollados.

Asimismo en 1985, se plantearon las Cuestiones 77/8 y 38/9 como consecuencia del deseo de los países en desarrollo de la Región de las Américas, a través del Comité del Plan para América Latina, de aprovechar las ventajas de la tecnología celular para satisfacer sus propias necesidades, incluyendo su utilización en aplicaciones del servicio fijo.

El Informe 1153 y la Recomendación 687 incluyen algunos de los aspectos suscitados por estas Cuestiones con la idea de que los futuros sistemas inalámbricos (FSPTMT) puedan servir tanto a las necesidades de los países en desarrollo como de los países desarrollados.

El objetivo de este Informe es poner de relieve las necesidades e intereses de los países en desarrollo promoviendo la aplicación del FSPTMT para los servicios fijos. Debe señalarse de nuevo que la utilización del FSPTMT para dichas aplicaciones es igualmente atractiva para los países desarrollados.

Se han identificado objetivos fundamentales del FSPTMT que podrían ser especialmente beneficiosos para los países en desarrollo: el servicio fijo; la normalización como método para reducir costes; la flexibilidad para comenzar con una configuración pequeña y sencilla y desarrollarla conforme lo requieran las necesidades; los aspectos comunes con zonas aisladas de los países desarrollados; las células grandes y los repetidores.