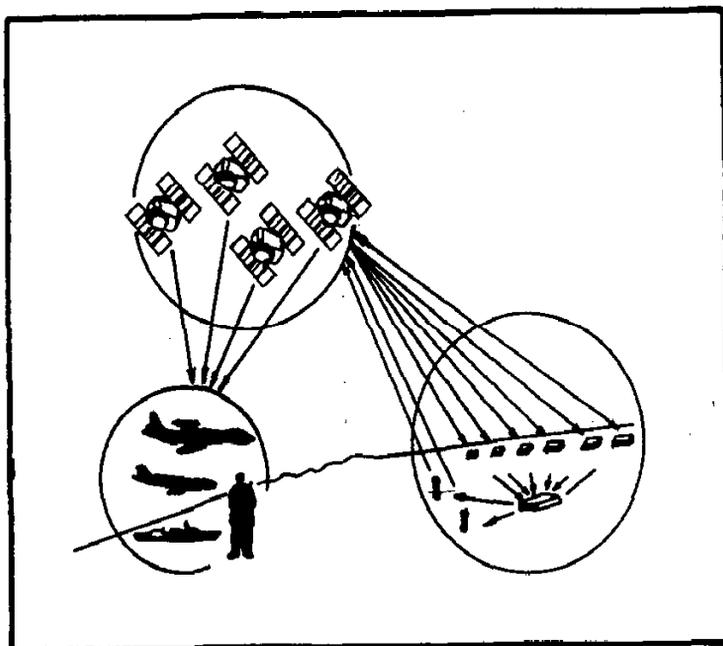


## SISTEMA DE NAVEGACION POR SATELITES GPS NAVSTAR

El sistema de navegación por satélites GPS NAVSTAR acaba de describirse recientemente en diferentes artículos aislados publicados en la revista *Wehrtechnik*. En el siguiente artículo se procede a dar una descripción resumida y actualizada del sistema. Se hace aquí una vez más una breve mención recordatoria sobre el principio de funcionamiento de este sistema. Se describen también además las diferentes clases de usuarios con sus correspondientes funciones especificadas. Finalmente, se da una breve ojeada a las diferentes aplicaciones del GPS en la *Bundeswehr*. El autor de este artículo, ingeniero diplomado, Peter Fritschi, trabaja en la empresa *Elektronik-System-Gesellschaft mbH*, (ESG) Munich, y se dedica al desarrollo del sistema.



**Figura 1.**—Establecimiento del sistema GPS NAVSTAR desde el sector espacial, desde el sector de control y desde el sector de usuarios.

GPS NAVSTAR es un sistema de navegación por radio auxiliado por satélites, que facilita a nivel de todo el mundo y de forma continuada los datos sobre situación, velocidad y tiempo. El sistema consta de tres sectores o segmentos principales:

- Sector espacial.
- Sector de control.
- Sector de usuarios.

### Sector espacial

El sector espacial GPS debe constar, con arreglo a la planificación de hoy en su fase final de montaje, de 21 ó 24 satélites, respectivamente. El mínimo definitivo de satélites depende en última instancia de la financiación. Se acaba ahora precisamente de aprobar la llamada "Constelación Óptima 21 de Satélites", y la meta final será, como siempre, el ir al establecimiento definitivo de 24 satélites.

Los cuatro satélites se convertirán en seis diferentes, que giran alrededor de la Tierra en doce horas, describiendo órbitas con inclinación de 55° respecto al ecuador a 20.000 Km de altura.

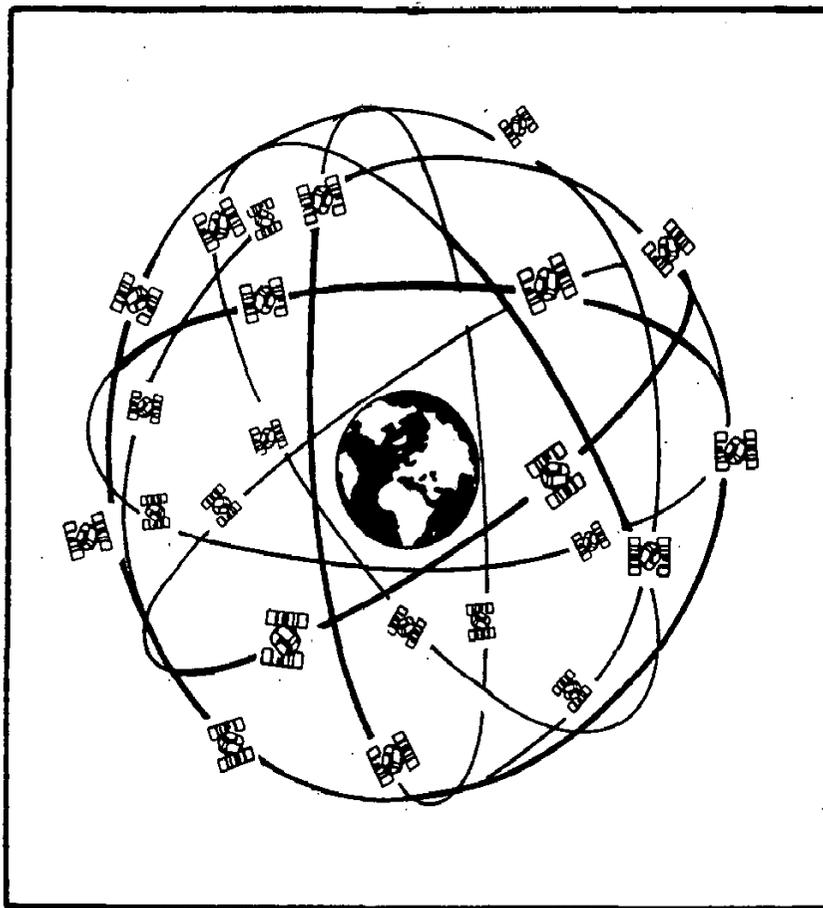
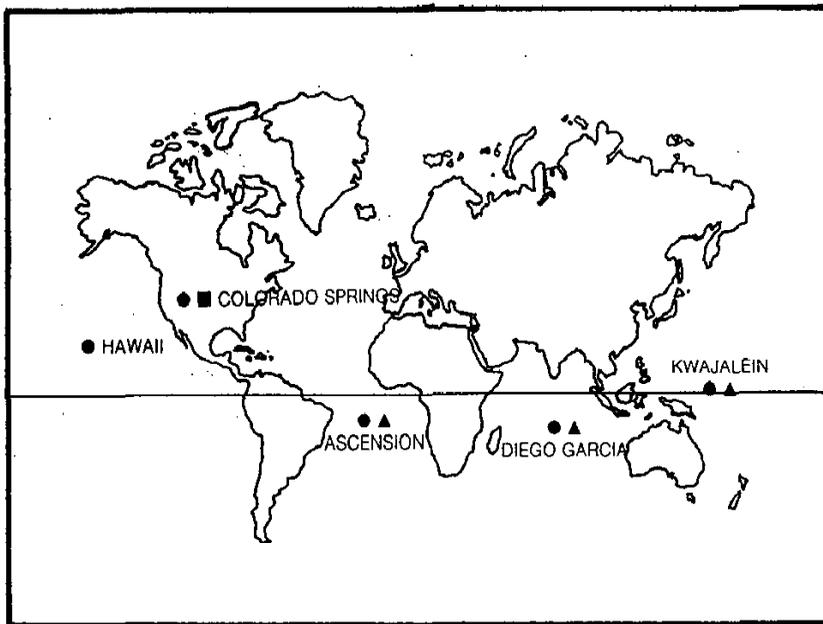


Figura 2.—Sector espacial GPS, en su probable fase final, con el establecimiento de 24 satélites

Esta constelación de satélites garantiza que en cada lugar de la Tierra y en cada momento estén "visibles" al menos cuatro satélites, es decir, que simultáneamente puedan recibirse.

Entre 1978 y 1985 se pusieron en órbita 11 satélites del llamado grupo *Block I* (satélites de prototipo I), de los que hoy aún siguen funcionando seis. La culminación del montaje del sistema con satélites de serie debió darse originariamente por concluida hasta 1991. La tragedia *SHUTTLE* trajo consigo, sin embargo, que las planificaciones en tiempo cayeran de sobremanera en un gran desorden. Entre 1986 y 1988 no pudieron de ningún modo ponerse en órbita ninguno de los satélites. En el 1989 se lanzaron, pues, finalmente con éxito, al espacio cinco satélites de los llamados satélites del *Block II* (satélites de serie) con cohetes *DELTA*. Otra planificación prevé que al menos otros cinco satélites del *Block II* se pondrán en órbita por año, con lo que así desde la perspectiva de hoy se logrará alcanzar para 1993 el montaje completo del sistema con satélites del *Block II*.



- Estación principal de control.
- Estaciones de monitores.
- ▲ Antenas de tierra.

**Figura 3.**—Sector de control del GPS, que consta de una estación principal de control, cinco estaciones de monitores y tres de antenas de tierra.

### Sector de control

El sector de control del GPS consta de una estación principal de control, cinco estaciones de monitores y tres antenas de tierra. La estación principal de control se encuentra en Colorado Springs, EE.UU. Las estaciones de monitores se distribuyen alrededor del globo terráqueo como siguen:

- Colorado Springs, EE.UU.
- Ascensión (Océano Atlántico).

- Diego García (Océano Índico).
- Kwajalein (Océano Pacífico).
- Hawai (Océano Pacífico).

Las antenas de tierra se encuentran en los siguientes puntos:

- Ascensión (Océano Atlántico).
- Diego García (Océano Índico).
- Kwajalein (Océano Pacífico).

## **Sector de usuarios**

El sector de usuarios del GPS se compone de una multitud de receptores de GPS, que son utilizados en todo el mundo para este servicio. En virtud del hecho de que el GPS se viene utilizando a través de un gran número de organizaciones civiles y militares bajo unas diferentes circunstancias en su entorno para fines diferentes como son las navegaciones espacial, aérea, marítima y de vehículos terrestres, la topografía y cronología, etc., se necesitarán, pues, una gama de receptores del tipo y clase más diversos, para tener en cuenta los requerimientos más distintos.

Desde el punto de vista técnico, los receptores GPS se dividen en tres grupos principales:

- Receptores secuenciales.
- Receptores multiplex.
- Receptores paralelos.

Los receptores secuenciales reciben las señales de los cuatro satélites necesarios uno tras otro por uno o dos canales *Hardwar*. Su precisión sólo será suficiente entonces cuando el usuario bien no se mueve en absoluto, o bien se mueve sólo con relativa escasa dinámica. Por lo tanto, los receptores secuenciales monocanal sólo son aptos para usos estacionarios, o para usuarios con una dinámica muy escasa (peatones, vehículos terrestres). Los receptores secuenciales de dos canales se han previsto principalmente para usuarios con una dinámica de un grado medio (helicópteros, buques).

Los receptores multiplex reciben las señales de satélite necesarios a través de un canal *Hardwar*, que se conmuta a gran velocidad entre cada uno de los satélites en particular.

Los receptores paralelos reciben simultáneamente las señales de los cuatro satélites necesarios como mínimo a través de cuatro canales *Hardwar*. Estos receptores se presentan como el receptor del GPS del tipo mayor rendimiento y mayor eficacia, y son especialmente idóneos para los aviones de combate, submarinos y aquellos usuarios que requieran una alta resistencia a las interferencias.

La construcción del receptor del GPS viene analizada cada vez más y más por una minaturización progresiva. Si, por ejemplo, un receptor *Code P* de cinco canales de la fase II con un peso de 16 kg necesitaba aún una carcasa 3/4-ATR, los receptores actuales, con igual potencia, se vienen ofreciendo hoy con un peso equivalente a un cuarto del peso originario y con un tercio del antiguo volumen. Este desarrollo trajo consigo que también los costes *Hardwar* por canal pudieran siempre continuamente seguir reduciéndose, tal que hoy se piensa que el equipar a los usuarios más diferentes, prescindiendo de su dinámica y de sus requerimientos de resistencia a las interferencias, sólo con un receptor de cinco canales por término medio.

El receptor *GLOBUS M 2.000*, de la firma *SEL*, se expone como un equipo representativo de un moderno receptor *Code C/A*, de seis canales, su peso es de 0,8 kg y necesita sólo un volumen 1,5 l.

Más pequeño y más ligero aún es el receptor de mano miniaturizado con *Code P*, de cinco canales, de la casa *COLLINS*. El equipo tiene un volumen de 100 cm<sup>3</sup> y pesa alrededor de unos 230 g. sin pilas.

### **Principio de funcionamiento**

Los satélites del GPS trabajan en ambas bandas de frecuencias portadoras de  $L_1 = 1.575,42$  MHz y  $L_2 = 1.227,6$  MHz. La segunda frecuencia sirve para la corrección de errores, que entren o se originen por la influencia de la inosfera.  $L_1$  está modulada con el llamado *Code C/A* (*Coarse or Clear-Adquisition Code*) y con el llamado *Code P* (precisión Code).  $L_2$  está solamente modulada con el *Code P*. A estos dos Codes se les mezclan los datos de navegación que contienen los datos de efemérides de satélites y los datos horarios de estos. Los satélites vienen equipados con relojes atómicos de alta precisión.

Las estaciones de monitores siguen a todos los satélites que se encuentran visibles en su zona, fijan las distancias a los satélites y registran los datos horarios de estos. Estas informaciones se van transmitiendo desde cada una de las estaciones monitores, en particular a la estación principal de control, donde los datos futuros de efemérides y los errores horarios se computarán anticipadamente. Estas informaciones se transmiten por las antenas de tierra a los satélites, que por su lado dentro del marco de los datos de navegación las pondrán entonces de nuevo a disposición de cada uno de los usuarios en particular.

En el equipo de usuario se fija y determina la posición del usuario mediante las mediciones en tiempo de recorrido único a tres satélites. Los equipos de usuarios por motivos de costos están equipados, al contrario que los satélites, sólo con relojes de cuarzo de relativa imprecisión. Por lo tanto, se empleará otro satélite para la compensación de los errores horarios internos que pudiera tener el equipo. Las posiciones de los satélites son conocidas en todo momento a través de los datos de efemérides comunicados. La determinación de la velocidad se realiza por el cálculo analítico del desplazamiento *Doppler* de las señales de satélite recibidas.

### **Clases de usuarios**

Se ponen a disposición de usuarios las siguientes clases de servicios:

- *Precise Positioning Service* (PPS).
- *Standar Positioning Service* (SPS).

El PPS ofrece al usuario autorizado la plena exactitud y precisión de navegación y la alta resistencia a las inteferencias. El SPS pone a disposición del usuario no autorizado una reducida exactitud de navegación y una mínima resistencia a las interferencias.

El acceso al PPS se controla a través de los modos de funcionamiento *Selective Avallability* (S/A) y *Anti Spoofing* (A/S).

En la modalidad de funcionamiento S/A se le impide y deniega por lo tanto al usuario no autorizado la intervención de acceso a la plena exactitud del sistema, por lo que los datos relativos a

trayectoria y crono transmitidos por satélites vienen manipulados, es decir, se falsean intencionadamente. Estos errores pueden hacerse desaparecer de nuevo para los usuarios autorizados que dispongan de receptores con facultades S/A.

En la modalidad de funcionamiento A/S, el *Code P* se codificará en cifrado además, para excluir plenamente un uso o bien un falseamiento por parte de un círculo de personas no autorizadas. Al *Code P* cifrado se le denomina *Code Y* y contiene el mismo sistema de modulación que los de la modalidad normal de funcionamiento. La decodificación se hará en el receptor con un módulo especial A/S.

Se especifican para los diferentes usuarios en las modalidades de funcionamiento A/S y S/A, las siguientes exactitudes de posición 3D-50 por 100.

**Cuadro 1.**—Especificación para de los diferentes usuarios.

Modalidad de funcionamiento		Usuarios PPS		Usuarios SPS	
S/A	A/S	Code P (Y)	Code C/A	Code P	Code C/A
Fuera	Fuera	16 m.	3 m.	16 m.	30 m.
Dentro	Fuera	16 m.	30 m.	85 m.	90 m.
Fuera	Dentro	16 m.	30 m.	Ningún acceso	30 m.
Dentro	Dentro	16 m.	30 m.	Ningún acceso	90 m.

La exactitud de la velocidad viene especificada para los usuarios PPS con una precisión de 0,1 m/seg por eje (50 por 100). La exactitud de medición de crono está en los 100 nanosegundos (50 por 100).

### El sistema GPS en la *Bundeswehr*

El empleo del sistema GPS como sistema de navegación de alta precisión es igualmente interesante en la misma medida para los tres ejércitos de las FAS.

El Ejército del Aire viene equipando a sus *Transali* dentro del marco del programa de mantenimiento de su potencial combativo con un receptor *Code P* de cinco canales. Para el programa EFA se ha previsto igualmente un receptor *Code P* con cinco canales. Otra aplicación más se realiza en el *Drohne CL-289* con un receptor militarizado *Code C/A*.

La Armada acaba de encargar para sus rápidos dragaminas *SM-343*, sus submarinos *U-206A* y sus lanchas polivalentes de tipo medio receptores *Code P* de cinco canales, y tiene previsto también una dotación de equipos para los minadores *MJ-332*, submarinos *U-212* y fragatas *F-123*. Además, deben equiparse con GPS todos los buques que se encuentran en servicio y van a modernizarse.

En las fuerzas aeromóviles del Ejército de Tierra, tanto el helicóptero *PAH-1*, dentro del marco de incremento 2 de su potencial combativo, como el helicóptero contracarro 2 deberán equiparse con un receptor *Code P*. Para los vehículos terrestres del Ejército de Tierra se han llevado a cabo los estudios e investigaciones previos pero planes concretos de equipamiento no son hasta ahora nada conocidos.