



TRABAJO FIN DE GRADO

Curso 2013-2014

E-LORAN

Tutor: Antonio C. Bermejo Díaz

Alumno: Jesús Fabián Pescoso Dorta

Grado: Náutica y Transporte Marítimo

Introducción

En el presente trabajo voy a tratar el sistema Loran actual, el eLoran, a petición del tutor del mismo D. Antonio C. Bermejo Díaz, con el cual también comparto un proyecto de colaboración.

Para empezar a tratar esta versión de Loran he decidido remontarme un poco a sus inicios como sistema exclusivamente militar y el motivo por el cual una versión del mismo, el Loran C, se convirtió en el sistema de posicionamiento más efectivo en aplicaciones civiles profesionales (marítimas y de aviación) hasta la llegada del GPS. Dado que eLoran es una versión del Loran C, he dado un pequeño repaso a la única versión de Loran de uso civil, ya que las otras versiones (hubo una con transmisores instalados en aviones) nunca estuvieron disponibles fuera del ámbito militar.

Hablando ya del eLoran, le he querido dedicar un capítulo al protocolo de señal Eurofix (desarrollado en Europa) puesto que, en mi opinión, el protocolo de noveno pulso propuesto por los norteamericanos no tiene futuro habida cuenta que EE.UU. ha decidido abandonar el sistema Loran y, si hacen caso a la propuesta de la Guardia Costera, dinamitar las torres de emisión y vender los terrenos de las estaciones de transmisión.

A pesar de las bondades del sistema, de su gran precisión y de llegar donde no llega el GPS, el eLoran solo se plantea como sistema de respaldo para GPS debido a las vulnerabilidades del mismo y, últimamente, a la disponibilidad en internet de equipos de interferencia que bloquean la señal GPS, por lo que le he dedicado otro capítulo a dichas interferencias.

Teniendo en cuenta los costes del sistema, aun siendo más económicos que el GPS, solo se pueden mantener con la intervención del gobierno de un país (o varios) con cargo a los presupuestos del estado. Motivo por el cual le dedico un capítulo a la situación en EE.UU., ya que fueron los creadores del sistema durante la segunda

guerra mundial y, aunque dieron muestras de apoyo al eLoran y grandes inversiones en actualizar todo el sistema, finalmente lo han abandonado. Situación diferente a la ocurrida en Europa donde varios países han dado su respaldo al sistema y se han llegado a acuerdos internacionales fuera de Europa para mantenerlo como pieza clave para la seguridad de la navegación, entre otras aplicaciones. Por ello, otro capítulo va destinado a la situación en Europa.

El mes pasado (junio) D. Antonio Bermejo me facilitó una publicación británica que trataba el tema del Loran donde decía que los EE.UU. se estaban planteando continuar con el Loran, entre otras cosas. Dicha decisión casi coincide con un fallo general del sistema ruso GLONASS, lo que hizo que muchos expertos se planteasen la necesidad de un sistema alternativo que no tuviese que ver con los satélites. Por este motivo he insertado un capítulo dedicado a la actualidad con información proveniente de dicha publicación.

Hablando ya de los equipos en sí, he querido dedicar un capítulo al receptor eLoran de UrsaNav, fabricante norteamericano, en agradecimiento a Erik Johannessen, vicepresidente de UrsaNav, por facilitarme una serie de enlaces donde obtener información para este trabajo.

Por supuesto, si un capítulo se le dedica a un equipo americano, otro se le dedica a uno europeo, en este caso a reelektronica. Vale que el equipo americano es un sencillo receptor y el europeo una estación de referencia con correcciones diferenciales, pero Europa sigue adelante con eLoran y EE.UU. no y en algo se tenía que notar la diferencia. Por supuesto, reelektronica vende sencillos receptores y UrsaNav tiene en su catálogo estaciones de referencia.

Para ir terminando, ya que se plantea el uso de eLoran para mitigar los efectos de las interferencias, he añadido un capítulo dedicado a los equipos de interferencia que se encuentran a la venta en internet, solo unos pocos, desde el que afecta sólo a un vehículo (para quien usa vehículos de empresa y no quiere dar a conocer los lugares a donde va) hasta el que acaba con todo espectro radioeléctrico a un kilómetro de

distancia, bloqueando desde GPS, redes Wifi y equipos de radiocontrol hasta teléfonos vía satélite Iridium o Thuraya.

El trabajo termina con una pequeña conclusión y para finalizarlo la bibliografía empleada.

Introduction

In the present work I will treat the “Enhanced Loran system” (the eLoran) under the tutorship of Mr Antonio C. Bermejo Díaz, with whom I also share a collaborative project.

To begin to deal with this version of Loran I decided to trace back a bit to its beginnings as a purely military system and I will try to explain the version thereof, Loran C, that became the most effective positioning system in professional civil applications (maritime and aviation) until the advent of GPS.

Having into account that eLoran is a version of Loran C, I have taken a brief look at the only version of Loran for civilian use, since the other versions (one with transmitters were installed in aircraft) were never available outside the military environments.

Dealing with eLoran, I have decided to dedicate a chapter to Eurofix signal protocol (developed in Europe) because, in my opinion, the ninth pulse protocol proposed by the Americans has no future. Having to account that the eLoran has no future since a presidential order banned it, with a wrong criteria in my opinion, The Coast Guard had proposed to dynamite towers of emission and sell the lands of transmission stations.

Despite the benefits of the eLoran system, its high accuracy and its reachability to arrive where there is no GPS, eLoran arises only as a backup to GPS. Due to the vulnerabilities of GPS systems and the selling of interference equipments in the

internet that blocked the GPS signals, I have decided to talk about these interferences in another chapter.

Considering the costs of the system, being eLoran cheaper than the GPS, it can only keep up with government intervention in a country (or more) under the state patronage. Because of this, I devote a chapter to the situation in the U.S., as they were the creators of the system along the Second World War. Having showed signs of support eLoran and major investments in upgrading the whole system, finally they have abandoned their interest in it. In Europe, the situation is different where several countries have endorsed the system and have come to international agreements. Outside Europe the proposal has been kept as a means to foster the safety of navigation, among other fields. Therefore, I have considered as necessary to include another section for situations in Europe.

Last month (june) Mr. Antonio C. Bermejo Diaz gave me a British publication that dealt Loran where this publication said the U.S. were considering continuing the Loran, among other things. That decision almost coincides with a general failure of the russian GLONASS system, which caused many experts suggest the need for an alternative system that had nothing in common with satellites. For this reason I have inserted a chapter dedicated to actuality with information from this publication.

Speaking about the equipment itself, I wanted to dedicate a chapter to eLoran receiver of UrsaNav, american manufacturers, for giving thanks to Erik Johannessen, vice president of UrsaNav that gave me a series of links to get information for this job.

Of course, if a chapter is devoted to an american equipment, another is dedicated to one european, in this case reelektronica. Although the american equipment is a simple receiver and the european is a reference station with differential corrections, Europe is continuing with eLoran while U.S. not, so this is somethings to be remarked. Of course, reelektronica sells simple receptors and UrsaNav have it in its catalogue reference stations.

To finish, having used the eLoran to minimize effects of interference, I have decided to add a chapter about jamming equipment (for sale on the Internet), since these affects to a vehicle or more, (those who use company cars do not want to publicize the places where they go), and having into account that the interference equipment finishes with all radio spectrum to a mile away, blocking from GPS, wireless networks and equipment from radio to satellite phones like Iridium or Thuraya.

To summarize I wanted to add a brief conclusion and the bibliography I have used for this work.

Índice

	Pág.
Introducción	3
1. Historia	13
2. El Loran C	16
2.1. Introducción	16
2.2. Principios del sistema	16
3. E-Loran	20
3.1. Antecedentes	20
3.2. Visión de conjunto	21
3.3. El Sistema eLoran	22
3.4. Provisión de servicios eLoran	23
3.5. La transmisión de las estaciones	24
3.6. Centros de Control	25
3.7. Estaciones de monitorización del sistema	25
3.8. Equipos de usuario	26
3.9. Aplicación marítima	26
3.10. Servicio móvil terrestre	29
4. Señal Eurofix	31
4.1. Elementos de la señal	31
5. Interferencias GPS	36
5.1. La dependencia americana	37
5.2. Recomendaciones específicas	38
5.3. La debilidad del GPS	38
5.4. La amenaza de interferencia GPS	39
5.4.1. Interferencia deliberada: Dispositivos de privacidad personal	40
5.4.2. Interferencia deliberada: Spoofing	42
5.5. Ejemplos de interferencias	43
6. Situación eLoran en EE.UU.	46
6.1. El declive del Loran	46
6.2. Situación en mayo de 2006	47

6.3. Costos eLoran	50
6.4. Situación en julio de 2007	51
6.5. Situación en febrero de 2008	52
6.6. Situación en noviembre de 2010	53
6.7. Acciones recomendadas para contrarrestar la amenaza	53
7. Situación en Europa	57
7.1. Las Autoridades Generales de Faros	57
7.2. Objetivos de navegación electrónica	60
7.3. Situación en octubre de 2005	62
7.4. Situación en mayo de 2006	63
7.5. Situación en mayo 2007	64
7.6. Experimentos marítimos de interferencia controlada	65
8. El sistema en la actualidad	71
8.1. Navigational News	71
8.2. El Fallo del GLONASS	72
8.3. El retorno del Loran	74
8.4. Loran versus reloj atómico	75
9. Receptor eLoran Ursanav	76
9.1. Módulo receptor eLoran UN-151	76
9.2. Especificaciones técnicas	77
10. Estación de Referencia eLoran Diferencial	80
10.1. Introducción	81
10.2. Descripción	81
10.3. Instalación	83
10.3.1. Hardware de entrada/salida	84
10.3.2. Conector de antena de campo H	85
10.3.2.1. Puertos COM	86
10.3.2.2. Conectores BNC entrada/salida	87
10.3.3. Antena de campo H y el cable de antena	88
10.3.4. Directrices para la instalación	89
10.3.4.1. Instalación de la antena de campo H	89
10.3.4.2. Red Privada Virtual	90

10.3.5. Actualizaciones de firmware	92
10.4. Funcionamiento de la estación de referencia eLoran diferencial	93
10.4.1. Configuración	93
10.4.1.1. Conexión al motor LORADD interno	94
10.4.1.2. Generación de corrección diferencial	95
10.4.2. Seguimiento e informes de estado	97
10.4.3. Solución de problemas	98
11. Equipos de interferencia	102
Conclusión	107
Glosario de términos	110
Bibliografía	113

1. Historia

Loran, contracción de “Long Range Navigation”, es un sistema de determinación de posición, desarrollado durante la segunda guerra mundial, como ayuda a la navegación de la aviación aliada y a los convoyes del Atlántico Norte. Loran se basa en la transmisión de señales de muy alta potencia en la parte de baja frecuencia del espectro radioeléctrico. Pronto se vio que el sistema era muy preciso en el posicionamiento, 0,1 a 0,25 millas náuticas en aquella época y desbancaba a todos los demás sistemas existentes. Durante los años 50 se perfeccionaron las técnicas para mejorar la exactitud de la determinación de posición de modo que el sistema Loran una vez más se hizo de primordial interés para importantes aplicaciones militares, de tal modo que siguió evolucionando y surgieron nuevas versiones de Loran dando lugar en 1958 a Loran-C.

El 21 de diciembre de 1976, el servicio de guardacostas de los Estados Unidos extendió su uso como ayuda a la navegación después de la toma de tierra del Argo Merchant, el cual se rompió en dos y derramó toda su carga de combustible en Georges Bank. En ese momento, la Guardia Costera de los EE.UU. comenzó a exigir equipar con Loran los buques de más de un determinado tonelaje en la Zona de Confluencia Costera de los Estados Unidos.



Imagen 1.1 Vertido del Argo Merchant en las costas de EEUU. [1]

En la versión que hoy en día se encuentra operativa, cuenta con modificaciones incluidas a lo largo de los años, como por ejemplo la digitalización del sistema en los años 80. Las demás versiones de Loran han desaparecido o nunca pasaron de la fase experimental. Hoy por hoy se sigue utilizando Loran-C para la navegación marítima, aunque en algunos países se está modernizando a una versión actualizada y muy mejorada llamada E-Loran (Enhanced Loran o eLoran), aunque está relegado a sistema secundario, debido a la inclusión de los sistemas de navegación por satélite, GNSS.

En el Plan Federal de Radionavegación de 1990, de los EE.UU., se mostraba el futuro de los sistemas de radionavegación, el cual, podemos expresar de la siguiente forma: “Tanto en el continente como en las zonas costeras de EE.UU. se continuaría prestando servicio hasta entrado el próximo siglo. En el resto de las zonas, la europea entre ellas, el 31 de diciembre de 1994 se dejaría de operar si el país donde está instalada cada estación, no se hace cargo de ella”. España no se hizo cargo de la instalada en su territorio y se encuentra abandonada.



Imagen 1.2 Base de transmisión Loran en España, abandonada. [2]

El sistema GPS ofrece desde finales de 1993 cobertura y en el 1995 ya ofrecía una cobertura mundial en tres dimensiones.

Es por ello que el sistema Loran queda excluido a un segundo plano en detrimento de estos sistemas GNSS. Aún así a día de hoy se sigue utilizando para la navegación

marítima y como sistema independiente de reserva en caso de que falle GPS. Con esta última idea planteada, cabe decir que el sistema tendrá una vida aún más larga, debido precisamente a mantener un sistema de reserva de posicionamiento.

La Guardia Costera anunció su decisión de apagar Loran el 31 de diciembre del 2000. Debido a la decisión del Congreso, la fecha límite de 2000 se extendió al menos hasta 2008 mientras comenzó una serie constante de fondos para la modernización de las tecnologías de transmisión y recepción Loran para reducir las críticas de que se trataba de un sistema obsoleto.

El 7 de mayo de 2009, el presidente Barack Obama propuso recortar los fondos (aproximadamente 35 millones dólares/año) para Loran, citando su redundancia con GPS. Además, creó una comisión para lograr una finalización ordenada a través de un desmantelamiento gradual a partir de enero de 2010, y el requisito de que se proporcionen certificaciones para documentar que la finalización del Loran no perjudicará la seguridad marítima o el desarrollo de posibles capacidades de copia de seguridad GPS.

En noviembre de 2009, la USCG anunció que Loran no es necesario para los EE.UU. para la navegación marítima. Esta decisión deja el destino del eLoran en los EE.UU. en manos del Secretario del Departamento de Seguridad Nacional, el cual debe certificar que el sistema Loran no es necesario como copia de seguridad para el GPS. En un anuncio posterior, la Guardia Costera de los EE.UU., de acuerdo con la Ley de Asignaciones del DHS, termina la transmisión de toda señal Loran en EE.UU., el 8 de febrero de 2010. El 1 de agosto de 2010 se terminó la transmisión de la señal rusa-americana EE.UU., y el 3 de agosto 2010, todas las señales de Canadá fueron cerradas por el USCG y el CCG. [1, 2, 3, 4, 5]

2. El Loran C

2.1.Introducción

Loran-C es un sistema regional que cubría una gran parte del hemisferio norte. Hay un amplio servicio en el Pacífico norte, noreste Ruso y el este de China, Corea y Japón, a través del Sistema de radionavegación Lejano Oriente (helechos). El Mediterráneo Oriental y la Región del Golfo recibían señales de las cadenas adquiridas por Arabia Saudí. En la antigua Unión Soviética, existe una amplia cobertura de las cadenas Chayka compatibles con Loran. [6]

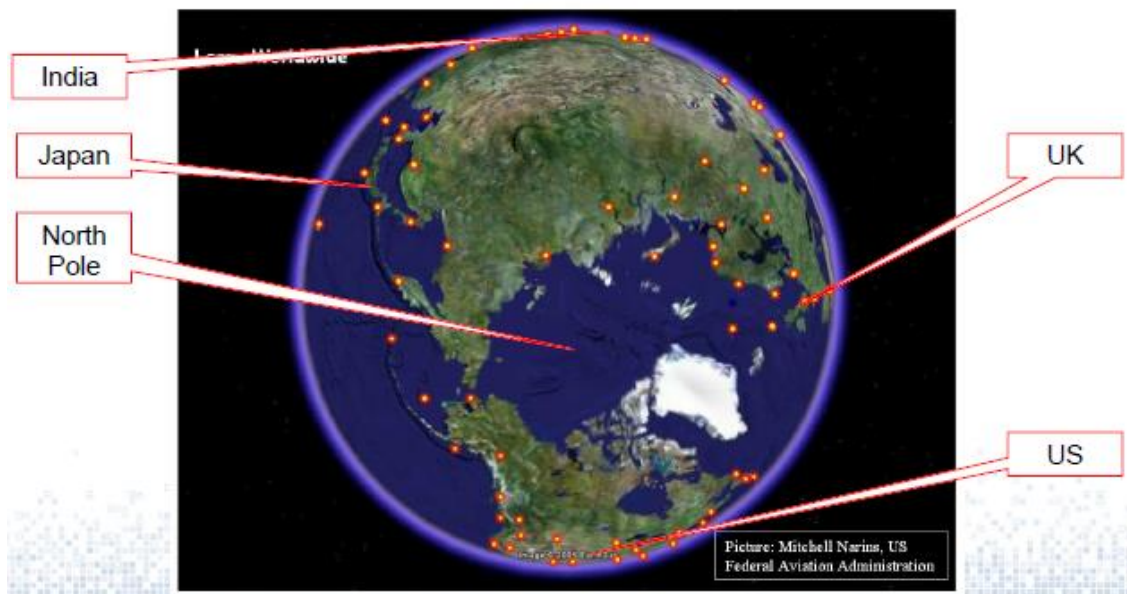


Imagen 2.1 Distribución mundial de estaciones Loran/Chaika [6]

2.2.Principios del sistema

La determinación de la posición por medio del sistema Loran se realiza midiendo las diferencias de distancia a tres puntos fijos o estaciones como mínimo. Cada diferencia de distancia define una hipérbola cuyos focos son las estaciones. La intersección de dos hipérbolas define la posición. Como información, una cadena típica de Loran-C comprende una estación principal (M) y dos, tres o cuatro estaciones subsidiarias, designadas W, X, Y, Z. Como indican los términos

principales y subsidiarios, la transmisión de la estación principal sincroniza y dispara la transmisión de la estación subsidiaria. Las diferencias de distancia reales se miden como diferencias entre los momentos de llegadas de las señales transmitidas por las estaciones. La velocidad de propagación de las señales, sujeta a calibración en función de las propiedades eléctricas de los terrenos realmente atravesados, convierte la dimensión tiempo en distancia. La técnica de medir diferencia de distancias en vez de distancias totales, aunque introduce complicaciones geométricas, evita la necesidad de una referencia de tiempo muy estable en el equipo de navegación.

Si bien existen varios sistemas de determinación de posición que miden diferencias de distancias y que por lo tanto usan coordenadas hiperbólicas, sólo el Loran utiliza transmisiones de impulsos para evitar los errores en la medida de las distancias debidos a la propagación de la señal por trayectos múltiples. Las técnicas Loran para la medida del tiempo, extraen la información del tiempo de llegada del borde anterior de cada impulso, antes de la recepción de otra cualquier componente de la señal, reflejada en la ionosfera. El Loran-C incorpora unos conceptos perfeccionados del sistema y de la instrumentación que le permite una eficaz operación a baja frecuencia por onda de tierra, para constituir un sistema de navegación capaz de un mayor alcance y exactitud que su predecesor a frecuencia media, el Loran-A.

Se consiguen alcances sustancialmente mayores, transmitiendo los impulsos del Loran-C en la banda de frecuencias de 90 a 110 kHz. Esta región fué asignada para sistemas de radionavegación de larga distancia de cobertura mundial, por la conferencia de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones de 1947. La operación en esta banda permite la sincronización de señales Loran entre estaciones transmisoras situadas a mucha mayor distancia de lo que antes era posible. Además, esta frecuencia, más baja, permite la propagación de las señales Loran sobre zonas terrestres con éxito, así como sobre grandes masas de agua.

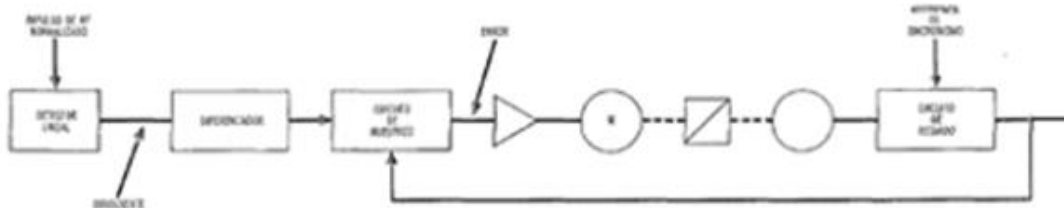


Fig. 5 Diagrama de bloques del bucle de seguimiento de la envolvente del LORAN A.

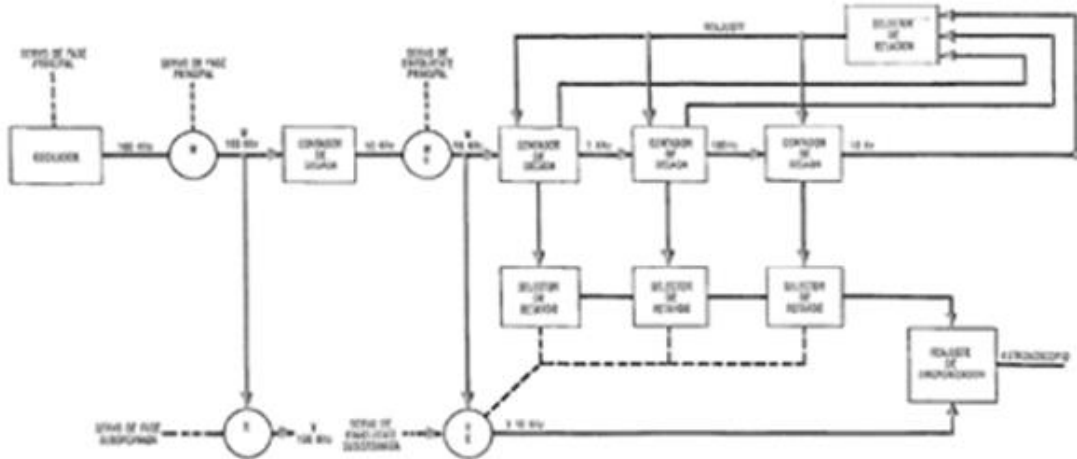


Fig. 7 Diagrama en bloques del control de tiempos del LORAN C.

Imagen 2.2 Diferencia de diagrama de bloques entre Loran A y Loran C. [7]

Los equipos receptores AN/APN-152 y AN/APN-157 son receptores LORAN C transistorizados. Fueron diseñados en 1961-1962 según los requerimientos de la especificación militar MIL-E-5400 para equipo de avión.



Imagen 2.3 Equipos Loran C [7]

El diseño es totalmente de estado sólido, excepto el tubo de rayos catódicos y cuatro tubos conmutadores de haz. Los elementos utilizados repetidamente, tales como biestables, seguidores de impulso del emisor, seguidores de emisor de alta impedancia y seguidores de emisor doble, se encapsularon en pequeños módulos. Esta técnica permitió montar todos los componentes discretos en las veintiuna tarjetas de circuito.

El equipo receptor Loran-C constaba de un receptor, una fuente de alimentación y un acoplador de antena. Tenía una disipación de potencia de 200 vatios con un factor de potencia de 0,87. El peso del equipo receptor era de 29 kg. Continuamente proporcionaba una indicación numérica de medidas de diferencia entre dos tiempos por incrementos de una décima de microsegundo.

El equipo de a bordo Loran AN/ARN-92 estaba diseñado para realizar la búsqueda de la señal y las operaciones de seguimiento automáticamente y por consiguiente calculaba y presentaba los datos de posición directamente en latitud-longitud o indicaciones de gobierno a izquierda/derecha para pilotos de aviones tácticos de alta calidad y era compatible tanto con estaciones transmisoras permanentes Loran-C de largo alcance como con estaciones básicas Loran-D transportables por aire.

El sistema de navegación acoplaba un receptor Loran con microcircuitos y un computador de navegación que convertía las coordenadas Loran de diferencia de tiempo en los parámetros de navegación deseados para una representación alfanumérica directa en un panel indicador de control. [7]

3. E-Loran

3.1. Antecedentes

El predecesor de eLoran, Loran-C, presentaba una exactitud de posicionamiento entorno a 460 metros, especialmente útil para los marinos que navegaban en las aguas costeras y oceánicas. Cuando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) apareció en 1980, con su precisión de posicionamiento de decenas de metros, muchos empezaron a considerar al Loran-C como irrelevante. Sin embargo, otros lo vieron como una fuente esencial de posición y tiempo en la que aún se podía confiar si el GPS fallaba.

En septiembre de 2001, casi simultáneamente con el atentado de terrorista a las torres gemelas, el Gobierno de los EE.UU. publicó su "Informe Volpe". En él se explicaba el grado en que los EE.UU., al igual que otras naciones en todo el mundo, estaban empezando a basar sus infraestructuras críticas en GPS. El informe explica la vulnerabilidad de GPS (sistemas GNSS y similares) a la interrupción por la interferencia intencional o no intencional. Identificó al sistema Loran como una posible solución a este importante problema. Esto atrajo el interés mundial, y proporcionó un impulso a la modernización del sistema Loran en los EE.UU.

La evaluación de EE.UU. sobre Loran y su programa modernización dieron lugar a esta nueva versión de Loran con un rendimiento significativamente mejorado. Tiene mucha mejor precisión, integridad y continuidad sin dejar de cumplir con los requisitos de disponibilidad tradicionales de Loran-C (ver Tabla). Estas mejoras se realizan principalmente a través de la adición de un canal de datos. Este canal de datos permite eLoran para cumplir con los requisitos muy exigentes de los aviones de aterrizaje usando las denominadas aproximaciones por instrumentos de no precisión, y con el cual los buques pueden aproximarse manera segura a puerto en condiciones de baja visibilidad. El eLoran también ha demostrado ser capaz de proporcionar la hora de manera extremadamente precisa. [8]

Precisión	Disponibilidad	Integridad	Continuidad
0,004 - 0,01 millas náuticas (8-20 metros)	0,999 - 0,999	0,9999	0,999 – 0,999 sobre 150 segundos

Tabla 3.1 Requisitos de disponibilidad. [8]

Notas:

1. Precisión para satisfacer la entrada en puerto marítimo.
2. Disponibilidad, integridad y continuidad para satisfacer los requisitos de aproximación en aviación de no precisión en los EE.UU. [8]

3.2. Visión de conjunto

El documento de definición de esta versión mejorada Loran (eLoran) ha sido publicado por la Asociación Internacional de Loran para proporcionar una definición de alto nivel de eLoran para los responsables políticos, proveedores de servicios y usuarios. Fue desarrollado en noviembre de 2006 en el Centro de Navegación de la Guardia Costera de los Estados Unidos por un equipo internacional de autores.

El Loran mejorado (eLoran) es un sistema de posicionamiento a nivel internacional estandarizado, de navegación y temporización (PNT) de servicio para su uso por muchos medios de transporte y en otras aplicaciones. Es el último de la serie de sistemas de navegación de largo alcance (Loran), que aprovecha al máximo la tecnología del siglo 21.

eLoran reúne la precisión, disponibilidad, integridad y los requisitos de rendimiento para la continuidad del servicio de posicionamiento para aviación, entradas de puertos y de aproximación en maniobras marítimas, vehículos de navegación móvil terrestre y servicios basados en la localización, y es una fuente precisa de tiempo y sincronización de aplicaciones tales como Telecomunicaciones y geolocalización.

eLoran es una organización independiente, diferente, complementario a los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS). Permite a los usuarios de esos sistemas para conservar la seguridad y los beneficios económicos de los GNSS, incluso cuando se interrumpen los servicios por satélite. [8]

3.3.El Sistema de eLoran

El sistema eLoran reúne un conjunto de normas en todo el mundo y opera con total independencia de GPS, GLONASS, Galileo, o cualquier futuro GNSS. El receptor eLoran de cada usuario será operable en todas las regiones en que se preste un servicio eLoran. Los receptores eLoran trabajarán de forma automática, con una intervención mínima por parte del usuario.



Imagen 3.1 Modernos centros de control y antenas [6]

El núcleo del sistema eLoran comprende los centros de control modernizados, estaciones transmisoras y los sitios de monitoreo. Las transmisiones eLoran se sincronizan con una identificación, certificados públicos y fuente de Tiempo Universal Coordinado (UTC) por un método completamente independiente de GNSS. Esto permite que el proveedor de servicios eLoran pueda operar en una escala

de tiempo que se sincroniza con él, pero funciona de manera independiente de las escalas de tiempo del GNSS. La sincronización con una fuente de tiempo común también permitirá a los receptores de emplear una mezcla de las señales de satélite y eLoran.

La diferencia principal entre eLoran y el tradicional Loran-C es la adición de un canal de datos en la señal transmitida. Esto transmite datos específicos de la aplicación de correcciones, advertencias e información de integridad de la señal al receptor del usuario. Este es el canal de datos que permite al eLoran cumplir con requisitos muy exigentes de aterrizaje de aeronaves que utilizan aproximaciones por instrumentos de no precisión y guiado de barcos con seguridad en puerto en condiciones de baja visibilidad. [8]

3.4.Provisión de Servicios eLoran

Los servicios eLoran son proporcionados por un proveedor del servicio núcleo eLoran y varios proveedores de servicios de aplicación:

- Proveedor de servicio núcleo eLoran - entregando una versión de alta precisión de la señal de núcleo según especificaciones de transmisión de la señal eLoran.
- Proveedores de servicios de aplicaciones (por ejemplo - de aviación, marítimos, etc.) la entrega de los datos específicos de la aplicación (por ejemplo, mensajes diferenciales Loran o advertencias tempranas SkyWave) que pueda facilitarse mediante el canal de datos eLoran.

Uno de los mensajes de canal de datos se usa para proporcionar correcciones diferenciales en tiempo real. Estas correcciones se proporcionan a través de estaciones de referencia que detectan pequeñas variaciones en la señal eLoran, similar a las estaciones de referencia GNSS diferencial, permitiendo que los

receptores puedan corregir estas variaciones, así como proporcionar información con respecto a la integridad de la señal.

El eLoran tiene el potencial de servir de copia de seguridad del GNSS, tomando el relevo a la perfección si se pierden las señales de los satélites, por lo tanto permitiendo que los usuarios continúen operando y manteniendo las comunicaciones y los sistemas de vigilancia que se ejecuten.

Como eLoran usa transmisores de alta potencia (en torno a 2 Gigavatios) y señales de baja frecuencia (no microvatios y microondas como GNSS), es muy poco probable que sea interferido o atascado por las mismas causas que pueden perturbar las señales GNSS. Esto significa que los pequeños y de bajo costo receptores eLoran, incluso integrados en unidades GNSS, pueden mitigar el impacto de las interrupciones en el GNSS. Por otra parte, eLoran puede hacer cosas que un GNSS no puede, como actuar como una brújula estática. En el mar, un nuevo concepto de navegación - Navegación mejorada (e-navegación) - se está desarrollando, lo que requiere una entrada excepcionalmente fiable de la posición, navegación y datos de tiempo. Solo la combinación de los GNSS y eLoran tiene el potencial para satisfacer sus necesidades. [8]

3.5.La transmisión de las estaciones

Todos los transmisores eLoran utilizan transmisor de estado sólido moderno (SSX) y tecnología de control. Tienen sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) que garanticen que ante cualquier fallo de la fuente de entrada no se interrumpa ni afecte a la señal transmitida. Los sistemas de tiempo y control de frecuencia del transmisor están diseñados para la operación eLoran y se aplican correcciones de fase de una manera continua. El sistema de referencia de tiempo utiliza varios relojes de cesio, o una tecnología alternativa de al menos la misma calidad.

Las transmisiones eLoran se sincronizan con una identificación, certificados públicos, fuente de Tiempo Universal Coordinado (UTC) por un método

completamente independiente de GNSS. Esto permite al proveedor de servicios de eLoran operar en una escala de tiempo que se sincroniza con él, pero funciona de manera independiente de las escalas de tiempo del GNSS. La sincronización con una fuente de tiempo común también permitirá a los receptores de emplear una mezcla de las señales de satélite y eLoran.

Cuando se detecta una estación de eLoran que esta fuera de tolerancia se toma inmediatamente fuera del aire para asegurar que los receptores dejan rápidamente de utilizar sus señales. [8]

3.6.Centro de control

Las estaciones transmisoras eLoran funcionan solas. En los centros de control y de guardia se encuentra el personal suficiente para responder rápidamente a los errores, manteniendo los muy altos niveles de disponibilidad y continuidad publicados. Los trabajos de mantenimiento programado se planifican cuidadosamente para minimizar el impacto en los usuarios de las estaciones que estén fuera del aire. Los usuarios reciben una notificación adecuada de las interrupciones a través de canales muy publicitados de comunicación.

La seguridad de estos sitios y de todos los sistemas de comunicación críticos es de un alto nivel, lo que refleja la importancia de las aplicaciones para las que se está utilizando la señal transmitida. [8]

3.7.Estaciones de monitorización del sistema

Las estaciones de monitorización, ubicadas en el área de cobertura eLoran, se utilizan para proporcionar la integridad de la comunidad de usuarios. Los receptores utilizados en estos sitios vigilan las señales eLoran y proporcionan información en tiempo real a los centros de control con respecto a las señales en el espacio. Los usuarios son notificados inmediatamente si se detectan anomalías. Algunas de ellas se utilizarán como estaciones de referencia para generar los mensajes del canal de

datos. Los sitios seleccionados también tendrán al menos un reloj de alta precisión para la sincronización a UTC para proporcionar correcciones de tiempo y frecuencia para los usuarios de temporización. Se establecerá una red de vigilancia para proporcionar en tiempo real las correcciones diferenciales marítimas y proporcionar advertencias para los usuarios de la aviación. [8]

3.8. Equipo de usuario

Los receptores de los usuarios eLoran operan en un modo “todo a la vista”. Es decir, adquieren y siguen las señales de muchas estaciones Loran (de la misma forma que los receptores GNSS adquieren y siguen múltiples satélites) y las emplean para hacer las mediciones de posición y temporización más precisos y fiables. Otra ventaja de utilizar el modo de “todo a la vista” es que asegura que el receptor eLoran siempre está siguiendo el ciclo correcto de cada señal individual.

Un receptor de eLoran es capaz de recibir y decodificar los mensajes de canal de datos y de aplicar esta información sobre la base de la aplicación específica del usuario. Esta información, junto con los datos publicados de señal de propagación, correcciones, etc., proporciona al usuario una solución PNT de alta precisión. [8]

3.9. Aplicación marítima

Industria naviera del mundo está experimentando un fuerte crecimiento, que se espera que continúe. Los buques son cada vez más grandes y rápidos, las rutas marítimas están cada vez más llenas de gente, y los equipos están confiando cada vez más en los sistemas electrónicos de navegación para operar en este medio ambiente. El concepto de la nueva propuesta de navegación electrónica mejorará la prevención, la seguridad y la protección del medio marino, así como reducirá los costos considerablemente. Además, proporcionará a los oficiales del puente toda la información que necesitan en una sola pantalla. Con el fin de hacer que estos servicios críticos de la navegación electrónica estén disponibles, el sistema requerirá

un suministro de localización y datos horarios de excepcionalmente alta precisión y fiabilidad.

Esta información provendrá principalmente de GNSS. Pero solo con GNSS no se puede garantizar que se cumpla con la disponibilidad y la fiabilidad requerida. Solo la combinación de los GNSS y eLoran lo hará, con los dos sistemas operativos de forma independiente el uno del otro, pero que proporcionan un flujo de datos de salida combinado. Por lo tanto, eLoran es la clave que permitirá a la navegación electrónica ofrecer su gama completa de beneficios y mantener la seguridad a través de la redundancia. La alta disponibilidad lograda también podría conducir a una reducción en el número de ayudas físicas tradicionales para la navegación - Luces y boyas - con unos ahorros sustanciales.

La Organización Marítima Internacional (OMI), establece los requisitos de rendimiento de los sistemas de navegación para conseguir la aceptación del sistema de radionavegación en todo el mundo (SMRN) . Estos se aplican en las entradas al puerto, accesos a puertos y las aguas costeras con un alto volumen de tráfico y/o un grado significativo de riesgo.

Requisitos OMI para operaciones costeras o portuarias:

- Precisión: 10 metros (95%)
- Disponibilidad de la señal: 0,998 sobre 2 años
- Tiempo de alarma: 10 segundos
- Rehabilitación del servicio: 0.9997 sobre 3 horas

Una serie de proyectos de demostración y estudios en los EE.UU. y Europa han demostrado que eLoran puede satisfacer estos requisitos. La especificación más exigente es la exactitud de 10 metros (95 %). Lograr esto requiere dos componentes clave. Los errores de propagación de la señal a lo largo de los canales y en todos los puertos deben ser medidos. Las correcciones resultantes de la señal de propagación se publican y se almacenan en cada receptor. Las correcciones en tiempo real del

Loran diferencial se aplican para eliminar las pequeñas fluctuaciones en las señales debido a la climatología o variaciones de sincronización del transmisor. Mediante el uso de estas correcciones en tiempo real, los barcos alcanzan una precisión excepcional requerida para la seguridad de la navegación en las vías fluviales confinadas.

El eLoran suministra la sincronización exacta necesaria para apoyar no sólo la navegación electrónica, sino también el sistema de identificación automática (AIS) y luces sincronizadas en zonas portuarias. El requisito de desempeño que eLoran debe cumplir para estas aplicaciones de sincronización es el estándar ITU G.81113 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Especifica la estabilidad de fase relativa requerida de los relojes de referencia primarios: 1×10^{-11} .

Una ventaja importante del uso de eLoran - algo GNSS no puede ofrecer - es la brújula eLoran. Cuando el receptor se utiliza con un campo H (bucle magnético) de la antena que puede ser empleado como un radiogoniómetro automático teniendo cojinetes en las estaciones transmisoras. De estos, el receptor calcula el rumbo del barco, por lo general con una precisión superior a 1° , e independiente del movimiento de la nave.

Los equipos marítimos eLoran estarán obligados a cumplir las normas de rendimiento mínimo operacional (MOPS) que serán emitidas en su momento por la OMI, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) o proveedores de servicios eLoran. Estos documentos también especifican las interfaces del receptor eLoran del equipo de navegación a bordo del buque, tales como el Sistema de información y visualización de cartas electrónicas (ECDIS) o AIS. [8]

Beneficio	Descripción
Seguro	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene operaciones de e-Navegación GNSS cuando se interrumpe antes que el barco volviendo a las operaciones tradicionales utilizando ayudas físicas a la navegación (AtoN). • Permite AtoNs virtuales permanentes o temporales que se utilizarán para marcar aguas peligrosas. En conjunto con un robusto sistema de aviso de colisión, esto mejorará la seguridad de la vida en el mar.
Protegido	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible con los sistemas de alerta de colisión robustos durante las interrupciones del GNSS. • Mantiene conocimiento de la situación VTS (Vessel Traffic Service) mediante el sistema de identificación automática marítima cuando GNSS se interrumpe.
Económico	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce potencialmente el número de colisiones y varadas que conducen a una reducción de los vertidos de petróleo y la ayuda con la vigilancia de la contaminación • Disminuye potencialmente el costo total de la prestación de servicios ayuda a la navegación. • Mejora potencialmente la eficiencia operacional a bordo incluyendo enrutamiento y acceso a los puertos.

Tabla 3.2 Beneficios del sistema eLoran [8]

3.10. Servicio móvil terrestre

El eLoran proporcionará datos PNT para una variedad de aplicaciones móviles terrestres, en colaboración con el GNSS. Sin embargo, también puede proporcionar la capacidad de brújula e-Loran para determinar la dirección de un vehículo, incluso cuando está parado.

El eLoran, a través del canal de datos, puede autenticar sus propios datos y los de GNSS cuando se utiliza para el cobro de peajes o un control del vehículo. Es quizás

en tierra donde eLoran presenta una mucho mayor inmunidad a las interferencias comparación con los GNSS, lo cual demuestra ser de gran utilidad. El eLoran emplea transmisores de alta potencia, por lo que las señales que llegan a los receptores son de mucha mayor resistencia que las de los GNSS y requiere mucha más energía para interferirla.

Dado que irradia energía significativa de manera eficiente a baja frecuencia y longitud de onda larga y que Loran requiere grandes estructuras de antena, es extremadamente difícil producir una señal que podría atascar una señal eLoran más allá de una pequeña área local. En contraste, una interferencia de la señal GNSS, incluso sobre una ciudad entera (por ejemplo, para bloquear un sistema de tarificación vial) no es técnicamente muy exigente.

Otra ventaja importante de señales de baja frecuencia de eLoran es su capacidad de penetrar en los lugares donde las señales GNSS, o bien no se pueden recibir en absoluto, o donde son intermitentes o inexacta. Estos incluyen los cañones urbanos en los centros de las grandes ciudades. Las señales Loran han demostrado ser capaces de penetrar de forma fiable en contenedores de transporte de acero, vehículos refrigerados y recintos de almacenamiento. Esta capacidad ha llevado al desarrollo de sistemas que rastrean partidas, ya sea de alto valor o cuyo seguro y entrega oportuna debe ser garantizada. El seguimiento de cargas peligrosas también exige los cambios constantes y la alta disponibilidad de los sistemas basados en eLoran.

A diferencia de los sistemas aéreo y marítimo, los diseñados para aplicaciones de seguimiento de la tierra no están generalmente obligados a cumplir con los estándares de rendimiento publicados. Más bien, su rendimiento es normalmente evaluado y optimizado para aplicaciones específicas del usuario. [8]

4. Señal Eurofix

4.1.Elementos de la señal

Al igual que la señal de Loran-C, la señal eLoran se transmite en forma de grupos de ocho pulsos, salvo la señal de la estación de referencia (master) que transmite un noveno pulso para indicar el inicio del GRI. Todo GRI comienza con la señal de la estación de referencia seguida de dos o más estaciones secundarias, cada una emitiendo sus ocho pulsos.

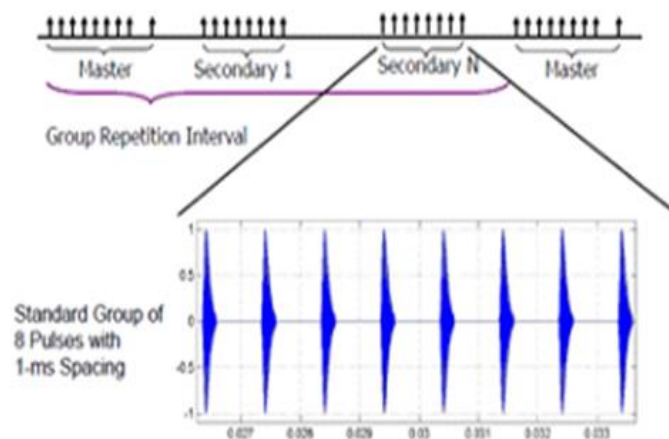


Imagen 4.1 Esquema básico de un GRI Loran [9]

En la siguiente imagen se aprecia cómo eLoran utiliza la forma de la envolvente para identificar el cruce de la línea de referencia cero, la cual está sincronizada con la UTC.

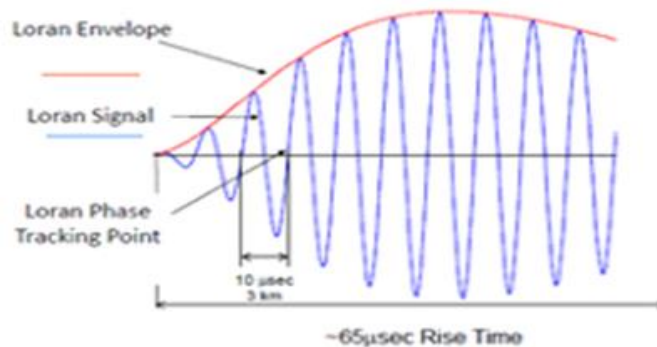


Imagen 4.2 Representación de la sincronización de eLoran con UTC [9]

Al acortar el pulso se reduce la energía de emisión para el mismo nivel de señal de navegación que en la versión estándar. Resulta factible acortar el pulso y transmitirlo al aire.

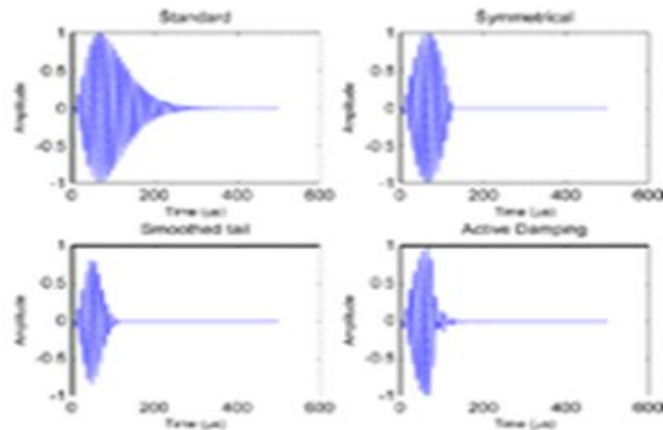


Imagen 4.3 Diferentes formas de pulso acortado. [9]

Para incluir un canal de datos en la señal, los seis últimos pulsos (del 3 al 8) incluyen una modulación de posición (1 micro segundo adelantado o atrasado), la cual proporciona 7 bits de información.

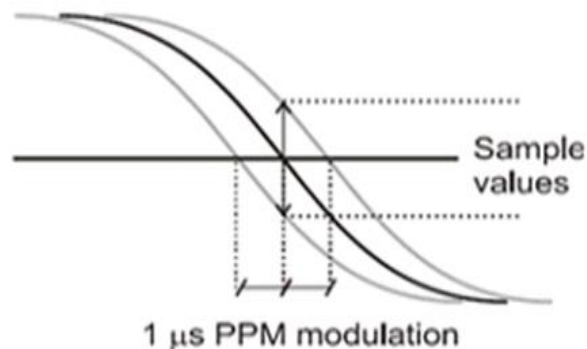


Imagen 4.4 Codificación de los tres últimos pulsos de cada GRI [9]

La influencia del reloj es común para todas las señales, la cual es resuelta en el proceso de iteración de la posición. Las tres medidas resuelven otras tres incógnitas: latitud, longitud y hora exacta.

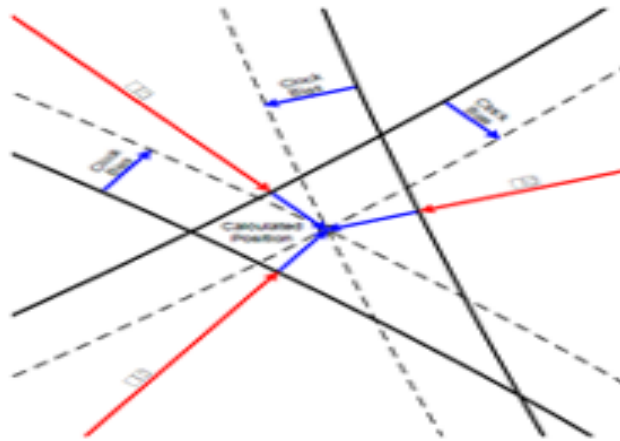


Imagen 4.5 Determinación de la posición [9]

El mensaje Eurofix UTC contendrá información del tiempo UTC en incrementos de 10 microsegundos. De cara a la transmisión de información adicional, el mensaje se divide en subtipos. El subtipo 1 contiene información sobre la hora, el día y el año.

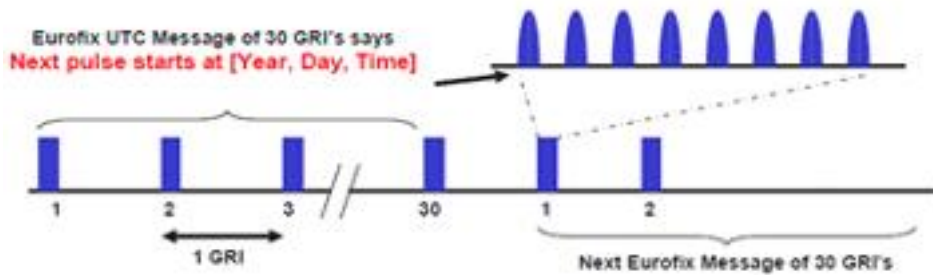


Imagen 4.6 Formato del mensaje Eurofix para la transmisión UTC [9]

Los tres sistemas utilizan el mismo ancho de banda, los tres utilizan el sistema Red Solomon de corrección de errores de código para contrarrestar los efectos de cambio cruzado y ruido. Tanto Eurofix como Noveno pulso transmiten aproximadamente a 30 bps. Eurofix y Noveno pulso son aplicables simultáneamente.

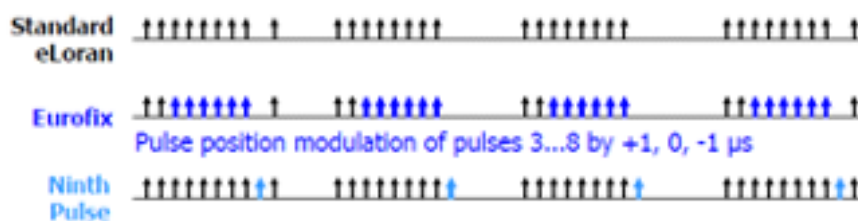


Imagen 4.7 Distintos protocolos eLoran [9]

Existen estaciones de transmisión eLoran provistas de corrección diferencial, lo cual aumenta la precisión del sistema

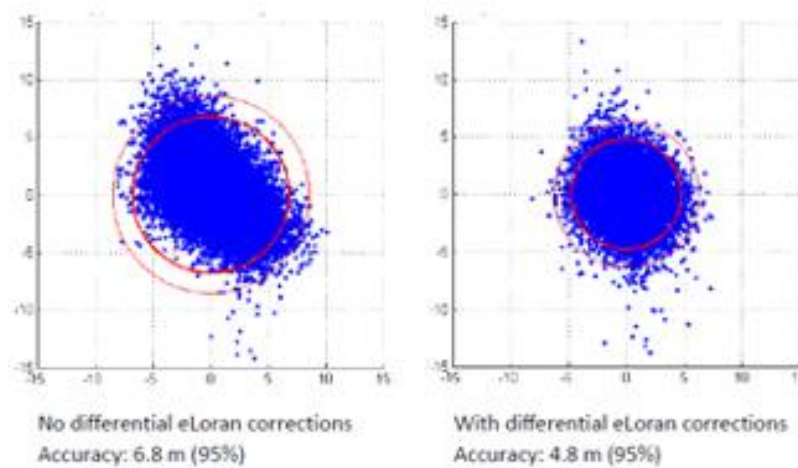


Imagen 4.8 Precisión en sistemas Loran sin y con correcciones diferenciales [9]

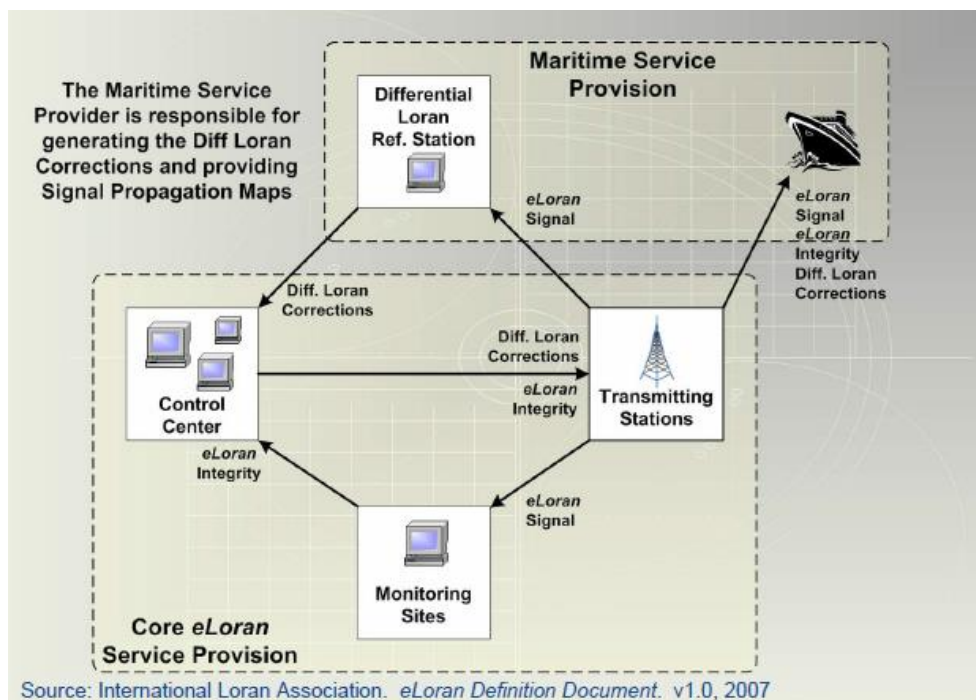


Imagen 4.9 Esquema de un sistema eLoran provisto de correcciones diferenciales [9]

La señal transmitida (eLoran) tiene un código de fase (0° o 180°) tanto para la señal master como para las secundarias, para su identificación y para rechazar las señales que puedan llegar reflejadas. Con este sistema de código un receptor eLoran puede sintonizar múltiples estaciones (40 estaciones simultáneamente) y no solo las correspondientes a un GRI. [9]

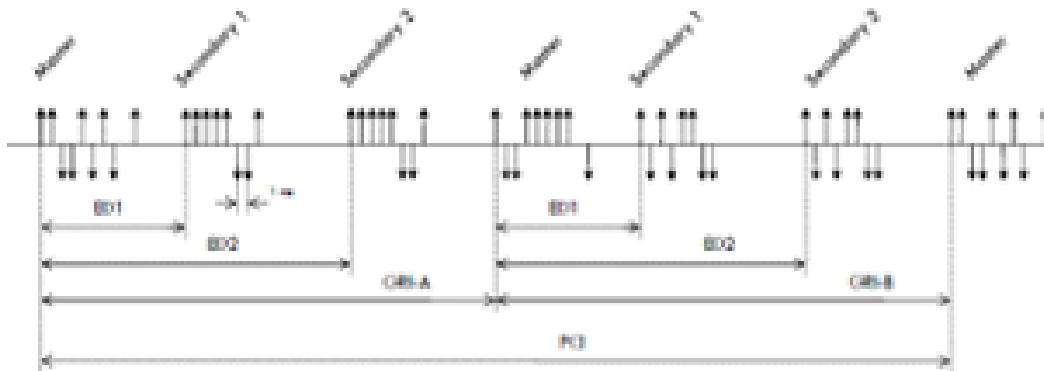


Imagen 4.10 Codificación de fase en estaciones eLoran [9]

5. Interferencias GPS

	Ejemplos de vulnerabilidad	Posible mitigación
Sistema	Fracasos de reloj del satélite (por ejemplo SVN23, 01 de enero 2004)	segundo sistema o el aumento (por ejemplo, Galileo, eLoran, SBAS)
	La mala calidad de la señal (por ejemplo, formas de onda distorsionada)	Segundo sistema o el aumento (por ejemplo, Galileo, eLoran, SBAS)
	Errores de diseño (por ejemplo, Bloque IIR van interrupciones de código)	Segundo sistema o el aumento (por ejemplo, Galileo, eLoran, SBAS)
Señal	Interferencia intencional (por ejemplo, el terrorismo potencial)	Segundo sistema diferente (por ejemplo eLoran)
	la interferencia no intencional (mal funcionamiento por ejemplo, Moss Landing)	Segundo sistema, otras frecuencias GNSS (por ejemplo, e-Loran, L2C, L5)
	Efectos ionosféricos (p.ej. centelleo en latitudes altas o ecuador)	segundo sistema diferente (por ejemplo, e-Loran)
Usuario	Equipo (por ejemplo, el Royal Majesty, 1995)	segundo sistema diferente (por ejemplo eLoran)
	la ocultación de señales (por ejemplo, cañones urbanos)	Más SV y / o segundo sistema diferente (egGalileo, SBAS, eLoran)
	Interferencia local (por ejemplo ManatoulinTV set)	Mejora de la ubicación y / o el uso de un segundo sistema diferente

Tabla 5.1 Vulnerabilidad GPS y posible solución. [6]

5.1.La dependencia americana

Los Estados Unidos ahora dependen críticamente de GPS. Por ejemplo, las torres de telefonía celular, la sincronización de la red eléctrica, los nuevos sistemas de aterrizaje de aeronaves, y el futuro del sistema de control del tráfico aéreo de la FAA (NEXGEN) no pueden funcionar sin ella. Sin embargo, encontramos aumento de los incidentes de interferencia deliberada o inadvertida que hacen GPS inoperables para las operaciones de infraestructura crítica.

Lo más alarmante es la reciente disponibilidad en la red de pequeños equipos de interferencia GPS, que sugiere que el problema va a empeorar. Estos dispositivos denominados dispositivos de protección personal (PPD), así como otros dispositivos, de fácil acceso y más potentes pueden atascar deliberadamente la señal de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) durante decenas de kilómetros cuadrados. También pueden ser devastadores para los demás sistemas de navegación satelitales desplegados en todo el mundo.

PPD son ilegales para operar en EE.UU., pero hay muchas versiones disponibles (tan baratos como 20 dólares) por parte de fabricantes extranjeros a través de Internet. Los modelos más simples que se conectan a un encendedor de cigarrillos y evitan toda recepción de GPS dentro de una línea de rango de visión de 5 a 10 kilómetros. La pena actual para la operación es simplemente que el dispositivo es confiscado.

En la actualidad carecen de suficientes capacidades para localizar y mitigar interferencias GPS. Llevó meses para localizar un dispositivo de este tipo que estaba interfiriendo con un nuevo sistema de aterrizaje basado en GPS que se instaló en el aeropuerto de Newark, Nueva Jersey. [10]

5.2.Recomendaciones específicas

1. Enfoque Nacional: GPS debe ser declarada formalmente la infraestructura crítica por Poder Ejecutivo y gestionado como tal por el DHS.
2. Nacional de Alerta y la localización de las ubicaciones de interferencia: El Comité Ejecutivo Nacional deberá establecer y patrocinar una Localización GPS Interferencia Nacional, informes y sistema de eliminación; coordinar y ampliando los recursos de varios departamentos.
3. Apagado y enjuiciamiento de interferencia: Acciones legales y aplicación de la ley. El Comité Ejecutivo Nacional debe examinar si deben o no patrocinar la legislación en el Congreso que se ocupa de la interferencia de GPS que proporciona cuantiosas multas y penas de cárcel para la posesión y el uso de bloqueadores de GPS.
4. Endurecimiento Receptores GPS y antenas: El gobierno debe fomentar y ayudar a estimular a los fabricantes para acelerar el desarrollo y ofrecimiento de resistencia a la interferencia de los receptores GPS, especialmente para aplicaciones de seguridad de la vida tanto en el aire como en el sector marítimo.
5. Fundar una capacidad nacional de respaldo para asegurar la continuidad de las operaciones del PNT: Es muy recomendable que la decisión previamente anunciada (desplegar eLoran como PNT alternativo primario) debe ser reconfirmada y rápidamente implementada. [10]

5.3.La debilidad del GPS

La utilidad del GPS sigue en aumento con un conjunto cada vez más amplio de aplicaciones, incluyendo el uso militar, orientación de las aeronaves, la navegación del puerto, navegación del coche, la respuesta de emergencia y la navegación personal. Ahora se estima que hay cerca de mil millones de usuarios.

GPS es un sistema de un solo sentido, que transmite las señales a partir de un conjunto de satélites en órbita terrestre media (MEO) a los usuarios ligados a la tierra que llevan los receptores GPS. Los satélites se encuentran aproximadamente 12.000 kilómetros por encima de los receptores. Estos satélites se colocan a esta altura, de modo que la cobertura de un satélite individual es más de un tercio de la superficie de la Tierra. Con 30 satélites cuidadosamente dispuestos en MEO, todos los usuarios terrestres de GPS (con una vista clara del cielo) pueden ver al menos cuatro satélites para determinar la ubicación del usuario de forma instantánea. MEO se utiliza para que una constelación de tamaño razonable puede ayudar a la navegación en todo el mundo. Órbitas más bajas requerirían constelaciones mucho más grandes para la cobertura instantánea en todo el mundo.

Por la razón descrita anteriormente, todos los satélites GNSS se colocan en órbita terrestre media (MEO). Sin embargo, debido a que el viaje de MEO a la superficie de la Tierra es de 12.000 kilómetros de largo, las señales GNSS son débiles. Tienen una potencia recibida de sólo 10 a 16 vatios (equivalente a un usuario de Los Ángeles que recibe la luz de 60 vatios de una bombilla en Nueva York), y pueden verse fácilmente abrumados por interferencias las transmisiones tierra-GPS. Tal como se describe más adelante, esta interferencia de radio frecuencia (RFI) puede ser: programada, accidental o malévolas. [10]

5.4.La amenaza de interferencia GPS

La RFI programada es probablemente la principal causa de los cortes de GPS hoy. Las pruebas militares de atasco GPS provoca estas interrupciones. Los eventos están localizados (por lo general en el suroeste de EE.UU.), programados (durante períodos de tráfico aéreo), y aprobados/coordinado por la Administración Federal de Aviación. La FAA anuncia todos los eventos en los avisos a los aviadores. Debido a la cada vez mayor dependencia del GPS en la vía aérea, la FAA está cada vez más reacia a conceder el permiso para estas pruebas.

La RFI accidental ciertamente ha interferido GPS en innumerables ocasiones, tanto a nivel nacional como internacional. Probablemente no se reportan la mayoría de los eventos. El usuario al que se le niega el servicio puede incluso no saber a quién debe informar. Estos eventos perturbadores incluyen la interferencia no intencional debido a los armónicos de la televisión abierta, y los sistemas de comunicación inalámbrica de datos incorrectamente diseñados.

La interferencia deliberada, llamada interferencia, es la amenaza que se avecina. Muchos de los mil millones de usuarios de GPS se han convertido en extremadamente dependientes de la precisión del GPS, la disponibilidad las 24 horas, y la integridad excepcional. Esta dependencia hace que el GPS un objetivo muy atractivo para el sabotaje o daños maliciosos. [10]

5.4.1. Interferencia deliberada: Dispositivos privacidad personal.

En el pasado año, los llamados dispositivos de privacidad personal (PPD) han llegado a estar ampliamente disponible en Internet. Un simple ejemplo de tales productos se muestra en la Figura 1. Los PPD más baratos son los dispositivos de antena única que interfieren la señal de frecuencia de un GPS (L1) que es utilizado por la mayoría de usuarios. Las unidades más caras tienen múltiples antenas y atacan a las tres frecuencias de la señal GPS (L1, L2 y L5). Como tal, estos atacantes anticipan la siguiente generación de equipo de usuario GPS que pudiera seguir funcionando si sólo una o dos de las tres frecuencias estaban saturadas. Otros sistemas PPD atascan las frecuencias de telefonía celular y, al mismo tiempo, cierran todas las llamadas. Ellos son los preferidos por los ladrones de coches que deseen evitar que un sistema de alerta en el coche pueda reportar la ubicación de un coche robado a las autoridades utilizando un receptor de GPS conectado a un enlace de teléfono celular.



Imagen 5.1 Equipo PPD para anular el GPS de un coche [10]

Como se muestra en la Imagen 5.2, los PPD varían en precio desde \$ 30 a más de \$ 300 basado en el número de frecuencias bajo ataque y la potencia transmitida. Algunos irradian sólo unos pocos mili-watios y otros transmiten varios vatios. Son capaces de noquear a receptores GPS a cientos de yardas, y este último puede tener efectos peligrosos para muchas millas.



Imagen 5.2 Diversos modelos de PPD de escasa potencia [10]

Como su nombre indica, los PPD's son comercializados por personas que temen por su vida privada. Esta estrategia de ventas parece ser eficaz. Una investigación recientemente iniciada por la FAA reveló que los camiones que circulan por la autopista de Nueva Jersey estaban llevando estos dispositivos. Tal vez, estos conductores se preocupan de que el despachador de la compañía pudiese estar monitoreando sus ubicaciones. Irónicamente, la atención del despachador debe

centrarse en aquellos camiones que nunca proporcionan informes de localización.
[10]

5.4.2. Interferencia deliberada: Spoofing.

El Spoofing consiste en la suplantación de identidad de otro sistema. En informática, un pirata se hace pasar por la página de un banco para acceder a las cuentas de los usuarios que intenten acceder a “su banco” sin saber que han sido redirigidos a una página similar controlada por un hacker. La misma técnica la usa para acceder a cualquier sitio en la red que requiera de claves de acceso haciéndose pasar por el servicio/entidad al que quiera acceder capturando claves de usuario.

En el caso del GPS, el spoofing consiste en hacerse pasar por satélite para engañar al receptor dando coordenadas falsas. La señal emitida llega al receptor con algo más de potencia que la procedente del satélite, por lo que el receptor toma esta como onda directa y la señal procedente del satélite, más débil, la toma por onda reflejada y la ignora. Hay varias formas; generando señales que imiten al satélite, como en el caso del “White Rose” o, mejor aún (en mi opinión), capturando la señal del satélite a interferir. En el primer caso, que trataremos más adelante, un equipo de estudiantes de la Universidad de Austin simuló una señal de satélite para desviar la posición del yate “White Rose”, consiguiendo alterar las indicaciones del GPS de a bordo. Debido a las circunstancias del experimento, considero que no es de aplicación en la vida real, ya que la interferencia se produjo desde el propio barco a unos pocos metros de la antena del receptor y, pese a la corrección de rumbo a estribor, no se pudo controlar la interferencia para obtener un rumbo deseado (si querían simular el secuestro del buque). Al margen de eso, la señal del satélite puede traer un canal codificado (L2) para verificar la autenticidad de la misma.

Si en lugar de generar la señal, capturan la del satélite y, sin modificarla, la amplifican unos pocos (2 o 3 vatios) y la vuelven a emitir con un pequeño retraso regulable habrían logrado el mismo resultado aun con el canal codificado activo.
[10,11,12]

5.5. Ejemplos de interferencias

Aeropuerto Newark. La investigación de la FAA se inició mientras la FAA estaba instalando un nuevo sistema de aterrizaje basado en GPS para aviones en el Aeropuerto Internacional de Newark. Este nuevo sistema utiliza receptores GPS sobre el terreno para ayudar a los receptores GPS en la aeronave que se aproxima. Esta técnica permite el uso de todas las pistas durante las condiciones de visibilidad reducida. Las antenas para receptores en tierra de la FAA se muestran en la imagen 5.3, que muestra también la proximidad a la autopista de Nueva Jersey. Durante la prueba del sistema, la FAA advirtió que los receptores terrestres GPS sufrieron uno o dos cortes en la recepción de muchos días. Los PDD's fueron identificados como la causa de las interrupciones en la continuidad después de una investigación que duró varios meses. Si los PPD ganan notoriedad, podrían atraer el interés de los piratas informáticos. Estas personas pueden no estar particularmente preocupados por la privacidad de su ubicación, pero pueden simplemente disfrutar de la interferencia GPS en zonas extensas. [10]

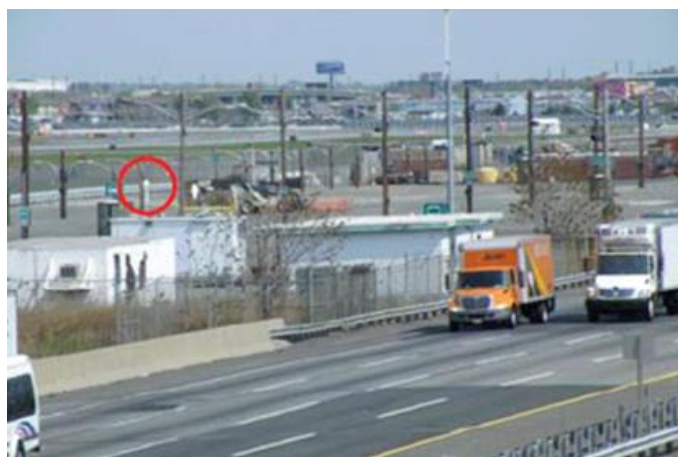


Imagen 5.3 Cercanía de la antena GPS terrestre interferida desde la autopista [10]

- Militar - Incidentes de Corea del Norte: Equipos de interferencia enemigos fueron desplegados en Irak para interferir con los sistemas de armas de los Estados Unidos durante la Operación Tormenta del Desierto. Más recientemente, los analistas militares han expresado su preocupación por

equipos de interferencia GPS recientes probados por los norcoreanos. Señales de interferencia que emanan de la ciudad norcoreana de Kaesong afectaron al GPS militar de Corea del Sur así como los receptores civiles tanto en tierra como en mar. Las autoridades dicen que los bloqueadores fueron cambiados repetidamente por períodos de 10 minutos durante un número de horas durante tres días. El ministro de Defensa de Corea del Sur, Kim Tae Young, expresó su preocupación a los miembros de la Asamblea Nacional. Él observó que los norcoreanos pueden montar los transmisores en los vehículos y que pueden atascar las señales de GPS en un radio de 50 a 100 kilómetros.

El profesor Park Young Wook, con el Instituto de Investigación de la Industria de Defensa de la Universidad Kwangwoon, establece que dicha interferencia debe considerarse una amenaza grave si vuelve a ocurrir porque el GPS es una parte integral de la infraestructura, no sólo para los militares, sino para muchas otras industrias.

Sin embargo, creo que el mayor peligro es el que plantea la propagación de la tecnología de interferencia GPS para el público en general a través de los dispositivos vendidos en Internet. [10]

- Spoofing – El “White Rose”: La simulación es una nueva amenaza demostrada. En junio del año pasado, un grupo de la Universidad de Texas, dirigido por el profesor Todd Humphreys, desvió un yate de 65 metros, el “White Rose”, usando un Spoofer GPS construido a partir de componentes electrónicos relativamente baratos. El barco estaba en ese momento en aguas internacionales a 30 millas de la costa de Italia, navegando desde Mónaco a Rodas. Los investigadores estaban a bordo del buque en este experimento académico organizado, pero no tenían acceso a los propios controles de la nave o sistemas de navegación.

Produjeron transmisiones de radio que simulaban a las transmitidas por los satélites GPS a fin de que fueran recogidas por el equipo de navegación de la

nave. Inicialmente, los investigadores disponen que las señales recibidas parecieran idénticas a las recibidas de los satélites GPS. A continuación incrementaron lentamente la intensidad de la señal para que los equipos GPS de la nave fueran sustituyendo sutilmente las transmisiones de GPS más débiles y por las señales GPS Spoofers más fuertes.

Una vez que los equipos GPS de la nave habían sido engañados de esta manera, los investigadores tuvieron el control de la nave. Ellos enviaron señales que indicaban que la nave se estaba dirigiendo un poco fuera de rumbo a babor. La tripulación naturalmente compensó la dirección ligeramente a estribor para corregir el error. Un piloto automático hubiera reaccionado exactamente de la misma manera. Al mantener cambios pequeños y sutiles, los investigadores cambiaron el curso del yate 3 grados con la tripulación del todo conscientes del cambio. La posición calculada del buque sería de más de 1,3 millas náuticas de la posición verdadera asumiendo 25 nudos de velocidad. Un ataque de mayor duración llevaría a un error de posición correspondientemente mayor.

Este bastante inusual experimento fue realizado para demostrar que se puede alterar el curso de un buque mercante, sin haber tenido que luchar o bloquear las señales GPS. En este caso, se activaría una alarma y el intento de secuestrar un barco discretamente habría fracasado. En contra, la dificultad de orientar el barco hacia un lugar preestablecido (para el abordaje, por ejemplo) mediante interferencias, pues resulta complicado, si no imposible, predecir el nivel de interferencia necesario para que el equipo del usuario presente en el display la posición deseada (latitud y longitud) por el responsable de la interferencia. [11,12]



Imagen 5.4 Foto del yate “White Rose” interferido por el equipo americano. [11]

6. Situación eLoran en EE.UU.

6.1.El declive del Loran

En el Plan Federal de Radionavegación de 1990 se mostraba el futuro del sistema Loran, el cual, podemos expresar de la siguiente forma: “Tanto en el continente como en las zonas costeras de EE.UU. se continuará prestando servicio hasta entrado el próximo siglo”. En el primer año del nuevo siglo, La Guardia Costera de EE.UU. anuncia que el 31 de diciembre del año 2000 dará por finalizadas las transmisiones Loran

Por decisión del Congreso, la fecha límite de 2000 se extendió a por lo menos 2008, mientras se exigía a los organismos competentes un certificado de que el sistema no sería necesario para la seguridad del país ni como alternativa a los fallos del GPS. Al mismo tiempo, el Congreso comenzó una comparativamente pequeña serie constante de fondos para la modernización del sistema Loran basado en tecnologías de transmisión y recepción obsoletas. [13]

6.2.Situación en mayo de 2006

El evento reciente más importante salió en la CNN el 21 de abril. La oficina de Atlanta del Departamento de Justicia anunció que el FBI tenía en custodia dos musulmanes que habían estado discutiendo acciones terroristas contra los EE.UU. Uno de los puntos en discusión: un ataque al GPS para interrumpir el transporte y las comunicaciones.

Esta es la primera revelación pública de la amenaza, aparte del famoso Informe Volpe Center de 2001. Tenga en cuenta que de la lista de 135 usos actuales de GPS en Europa, apenas 40 de los cuales continuarían después de la pérdida de GPS/GNSS. 2006 es un año crítico para la seguridad. Debido a que 2006 es el año de la decisión para el uso a largo plazo de Loran. En virtud de un acuerdo entre las agencias, la decisión de continuar con Loran a largo plazo se hará por el DOT, el DHS y otras agencias, como se indica en el último Plan de Radionavegación Federal, aprobado por la Guardia Costera. De hecho, este proceso de decisión fue reafirmado en un documento, aprobado por la oficina política más alta, por un oficial de la Guardia Costera en la convención de la ILA en octubre de 2005 en Santa Bárbara, California.

En Europa, el ERNP propuesto enumera Loran como una tecnología "núcleo" con una relación coste/beneficio muy favorable. La seguridad es, obviamente, la razón principal para la inclusión de Loran. Esperemos que la Comisión Europea se ocupará de la ERNP, y con ella la adopción paneuropea de Loran, a finales de 2006.

El programa de navegación electrónica en todo el mundo se coloca ante la OMI por un grupo de las principales naciones marítimas, incluyendo el Reino Unido, Noruega, los Países Bajos, Japón, Singapur y los Estados Unidos. Repito: los Estados Unidos, es decir, la Guardia Costera.

La propuesta de la navegación electrónica ha sido descrita por Brian Wadsworth del Ministerio de Transportes del Reino Unido. Baste decir que una señal de radio y

navegación diferente a GNSS es necesaria por razones de seguridad (que fue enviado al comité de seguridad de la OMI), prevención y ahorro de costes. Y la única señal de radio de navegación que no depende de GNSS es el eLoran. Así que la Propuesta de navegación electrónica es un respaldo para el uso mundial de Loran.

Ahora las malas noticias. En febrero, el DHS, en nombre de la Guardia Costera, propuso al Congreso que las 24 estaciones de Loran en los EE.UU. fueran clausuradas el 1 de octubre, las torres dinamitadas, y la tierra vendida. Este es un gran error por un grupo de personas muy inteligentes y competentes.

En la explicación de esta propuesta, la Guardia Costera, por supuesto, ha reconocido la posible pérdida de GPS. Las embarcaciones, grandes y pequeñas, entonces podrían volver a las formas tradicionales, como el reloj y la brújula (Dead Reckoning), los buques de radar, navegación astronómica y similares. Hasta donde yo se, las implicaciones de esta reversión no se ha discutido con ningún grupo de usuarios del mar por parte de la oficina de seguridad de la Guardia Costera (que ahora se llama "prevención" para reflejar la nueva primera prioridad, la seguridad de la patria).

En abril, después de reflexionar sobre la propuesta inesperada de la Guardia Costera al Congreso de ignorar los acuerdos existentes y terminar Loran, el DOT escribió a DHS recordándoles el acuerdo antes de llegar a una decisión conjunta. Se dispuso a llegar a un acuerdo antes de finales de año.

La reacción a la propuesta de cerrar Loran al Congreso es de interés. Los grupos de usuarios de la navegación han rechazado de plano. Tanto la Federación Nacional de Cabotaje, que representa 6 millones de navegantes a través de sus grupos afiliados en EE.UU., han formalizado un expediente en apoyo de la continuidad a largo plazo de Loran.

En el mundo de la aviación había surgido un nuevo y poderoso defensor de Loran. El 1 de mayo la famosa Asociación de Pilotos y Dueños de Aeronaves (AOPA), lo que

representa 408.000 feroces y políticamente activos propietarios de avión, ha salido en defensa de la continuidad de Loran.

En una carta al administrador de la FAA, Marion Blakey, la AOPA instó al desarrollo inmediato de normas, aviónica de bajo costo, e incluso un consejo internacional para guiar el desarrollo de Loran para los usuarios actuales y futuros de posicionamiento, navegación y aplicaciones de sincronización. Para AOPA, la apelación a la FAA se basa en la reducción de costos y un mejor servicio. La aviación tiene un montón de sistemas de radionavegación de copia de seguridad, pero son terriblemente caros, que han pasado su fecha de caducidad, y el reemplazo costará muchos miles de millones que la FAA no tiene. Si la aeronave, con el tiempo, adopta un sistema Loran con pantalla de 6 pulgadas para mapas ASF, unos 1100 VOR/DME, 1000 NBBS, y unos 400 radares pueden ser dados de baja. Loran puede proporcionar un servicio del reemplazo para la aviación, marinos, y todos los demás usuarios, incluidos los de las telecomunicaciones, por menos de \$ 20 millones.

Hay una dimensión de servicio GPS/Loran de importancia: el tiempo preciso. GPS proporciona la excelente señal de tiempo Stratum 1 que se utiliza en muchas aplicaciones marinas y de aviación. La dependencia del tiempo GPS, asombrosamente, se extiende ahora a la Internet, los sistemas de distribución de energía eléctrica, teléfonos celulares, las transacciones financieras, y la línea de alambre y las comunicaciones inalámbricas. Si el GPS se pierde debido a los ataques terroristas de interferencia nuestra dependiente economía se verá seriamente afectada.

El futuro inmediato en el año 2006 va a ser muy importante para Loran y para nuestra economía cada vez más dependiente del GPS. A la luz de la efusión de apoyo a los usuarios, y el movimiento de otras naciones hacia la protección contra ataques terroristas proporcionada por Loran, se puede ser optimista de cara al futuro. La esperanza es que el Congreso no permitirá que DHS/Guardia Costera acaben con Loran. Ahora hemos pasado un punto de inflexión y Loran está cobrando impulso en los EE.UU. y en todo el mundo. [14]

6.3. Costos eLoran

- Los fondos no recurrentes eLoran hasta la fecha (proporcionados a la FAA).
 - El año fiscal 1997-2006: \$ 159M (FY 2001-2006: \$ 17M - 25M \$ por año).
 - Completa actualización de transmisores existentes, modificaciones de edificios, etc., en el continente y comienzo en Alaska (primero de seis transmisores completados).

- Los costes de desmantelamiento de la infraestructura actual.
 - USCG estimación \$ 146M (~ \$ 97M de esto en Alaska).

- Operaciones y Mantenimiento (fondos recurrentes - actualmente asignados al USCG).
 - En la actualidad 37 millones de dólares por año.
 - Estimación eLoran ~ \$ 15M por año.

- Impacto Personal de eLoran.
 - Actualmente 283 personal de USCG.
 - Reducir a menos de 41 del gobierno, más de 55 contratistas.

Evaluación IAT de Costos.

- Para eLoran en el continente (salvo Alaska).
 - Restantes actualizaciones eLoran \$ 51M.
 - Expansión eLoran (4 x mtrs \$ 15M) \$ 60M (probablemente menos ~ \$ 40M).

- Mantenimiento mayor (backlog y diferido) \$ 44M (\$ 2M/yr durante 20 años).
- Alaska.
 - Restantes actualizaciones eLoran \$ 32M.
 - Mantenimiento mayor (backlog y diferido) \$ 245M (\$ 12M/yr durante 20 años).
- Evaluación inicial.
 - Proporcionar los fondos no recurrentes adicionales - \$ 143M (más de 5-8 años, o compensar al evitar los costes de desmantelamiento de \$ 146M).
- \$ 111M para completar eLoran en el continente.
- \$ 32 millones para completar eLoran en Alaska.
 - Reduzca la corriente de O & M (\$ 37M/yr) a través de las economías eLoran.
- Aplicar el ahorro de mantenimiento mayor. [15]

6.4.Situación en julio de 2007

La Comisión del Congreso entiende que a finales de 2006, el DOT convocó un Equipo de Evaluación Independiente, en colaboración con el DHS, para completar una nueva evaluación de Loran-C. El equipo concluyó que Loran-C debe mantenerse y modernizarse para servir como una copia de seguridad a largo plazo para el GPS; también entiende que un grupo integrado por funcionarios de los Departamentos de Seguridad Nacional y de Transporte, y otras agencias federales se reunió a principios

de este año y por unanimidad acordó que Estados Unidos debería mantener el sistema Loran. [15]

6.5.Situación en febrero de 2008

Declaración de la Secretaria de prensa de DHS Laura Keehner sobre la adopción del sistema de respaldo de seguridad para GPS, el 7 de febrero de 2008:

El Departamento de Seguridad Nacional de los EE.UU., a día de hoy, iniciará la implementación de un sistema de posicionamiento nacional independiente, navegación y temporización del sistema que se complementa con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en el caso de un corte o interrupción en el servicio. El sistema mejorado Loran o eLoran, será un sistema independiente con base en tierra capaz de mitigar cualquier fallo de seguridad o los efectos económicos de un corte de GPS o su interrupción. GPS es un sistema basado en satélites ampliamente utilizado para el posicionamiento y la navegación. El sistema eLoran será una versión mejorada y modernizada de Loran -C, utilizado durante mucho tiempo por marineros y aviadores y originalmente desarrollado para uso marino en las zonas costeras. Además de proporcionar cobertura de copia de seguridad, la intensidad de la señal y la capacidad de penetración de eLoran prestarán apoyo a los socorristas y otros operadores en entornos que GPS no puede apoyar, como con vegetación densa, en algunas áreas subterráneas, y en densas estructuras de gran altura. El sistema utilizará estaciones transmisoras modernizadas y una red actualizada. [16]

En julio de 2008 la Comisión de asignaciones del Congreso niega la solicitud de transferencia de 34.500.000 dólares para la Protección Nacional y Dirección de Programas (NPPD) para las operaciones y mantenimiento de las estaciones Loran. No admite la transferencia de las operaciones y los costos de mantenimiento de la Guardia Costera a NPPD y decide transferir los fondos a la Guardia Costera para continuar la operación de Loran-C.

El Departamento de Seguridad Nacional propuso trasladar el mantenimiento del sistema de navegación Loran-C de la Guardia Costera a la Protección Nacional y Dirección de Programas (NPPD). Puesto que la Guardia Costera seguirá siendo responsable del funcionamiento de Loran-C hasta que se desarrolle un sistema de reemplazo, no hay ninguna razón lógica para transferir estos fondos en este momento para NPPD, una agencia que no tiene ni la preparación ni la experiencia para operar el sistema Loran-C por lo tanto, la recomendación del Comité incluye 34.500.000 dólares para la Guardia Costera para seguir operando este sistema crítico. [15]

6.6.Situación en noviembre de 2010

El Consejo Consultivo Nacional PNT comenta las interferencias al Sistema de Posicionamiento Global - Una amenaza de seguridad nacional:

Resumen: Los Estados Unidos ahora dependen críticamente de GPS. Por ejemplo, las torres de telefonía celular, la sincronización de la red eléctrica, los nuevos sistemas de aterrizaje de aeronaves, y el futuro del sistema de control del tráfico aéreo de la FAA (NEXGEN) no pueden funcionar sin ella. Sin embargo, encontramos aumento de los incidentes de interferencia deliberada o inadvertida que hacen GPS inoperables para las operaciones de infraestructura crítica. [10]

6.7.Acciones recomendadas para contrarrestar la amenaza de interferencia GPS

No hay ninguna forma práctica para eliminar completamente la interferencia GPS. Pero se pueden tomar medidas para reducir en gran medida la frecuencia y el impacto de dicha interferencia. Además, se pueden tomar medidas para asegurar que los receptores GPS no dan falsas indicaciones de posición o tiempo. Nuestras recomendaciones son las siguientes:

- Enfoque Nacional. El GPS es una infraestructura absolutamente crítica para EE.UU. Esto no ha sido formalmente reconocida. GPS debe ser declarado

formalmente la infraestructura crítica por el Poder Ejecutivo y gestionado como tal por el DHS. Esto es necesario para elevar la importancia de GPS para llevar la atención necesaria sobre el problema de las interferencias. Los diversos programas nacionales contra la interferencia deben ser coordinados y algunas deben completarse con esfuerzos financiados adicionales. El liderazgo principal debe reconocer las vulnerabilidades de la actual infraestructura crítica y dar una alta prioridad a los presupuestos y soluciones.

- Sistema Nacional de Alerta y localización de las ubicaciones de interferencia. El Comité Ejecutivo Nacional deberá establecer y patrocinar una localización de interferencia GPS a nivel nacional, con informes y sistemas de eliminación; coordinar y ampliar los recursos de varios departamentos. Llevó varios meses para localizar el PPD que cerró el sistema de aterrizaje Newark. Existe la tecnología para localizar dichas fuentes mucho más rápidamente. Para una rápida alerta de la interferencia, se requieren dos elementos: 1. detección de la interferencia y 2. un canal de comunicación para informar del problema en tiempo real. Por ejemplo, cada torre de telefonía celular puede ser configurada para ampliar la funcionalidad de su receptor GPS de tiempo mediante el reconocimiento y la presentación de informes de interferencia, incluidas las características pertinentes con prontitud. El costo adicional sería extremadamente pequeño. Otro ejemplo: muchas cabinas de peaje rutinariamente graban los vehículos en cintas de vídeo, incluyendo las matrículas. Un receptor GPS configurado correctamente en el stand pudo identificar los vehículos que emiten interferencias. Hay muchos más receptores que podrían ser configurados. Los teléfonos celulares que incluyen receptores GPS se pueden configurar para detectar automáticamente y reportar cualquier sospecha de interferencia. Esto constituiría un canal de información casi instantánea, en todo el mundo. Por supuesto que se necesita una ubicación central de recogida de datos, que podría ser el mismo emplazamiento preexistente en recursos civiles/militares, tales como WAAS, NGPS o 2SOPS de la Fuerza Aérea. A su vez, las fuentes localizadas deben

ser reportados a los efectos oportunos. No existe tal sistema nacional (o internacional) en tiempo real hoy en día ni se plantea configurarlo.

- Apagado y enjuiciamiento de la interferencia - Acciones legales y aplicación de la ley. Cuando la interferencia móvil fue finalmente ubicado en Newark, la única acción punitiva de la interferencia deliberada fue confiscar el equipo. La coordinación de la FAA, FCC, el FBI y del Departamento de Defensa era encomiable, pero ad hoc y muy tarde. La Junta Ejecutiva PNT debería patrocinar la legislación en el Congreso que se ocupa de la interferencia de GPS con las leyes que prevén multas sustanciales y penas de cárcel para la posesión y el uso de bloqueadores de GPS. Los precedentes ya se han establecido con las leyes promulgadas para prevenir y evitar los láseres destinados a pilotos en su intento de aterrizar aviones. Australia, que también es muy dependiente de GPS para el control del tráfico aéreo, tiene una ley que las multas al poseedor de un bloqueador GPS son de 100,000 dolares. Además, se deben establecer los procedimientos operativos para la reacción interdepartamental rápida y mitigación de interferencias. Un objetivo razonable es localizar y cerrar cualquier interferencia GPS en cuestión de horas.
- Endurecimiento Receptores GPS y antenas. Además de la acción legal, queremos impulsar un esfuerzo técnico para fortalecer todos los receptores GPS. Los receptores GPS no debe dar información peligrosa y engañosa (HMI). Las técnicas para evitar esto son bien conocidas y se especifica para todo el equipo certificado por la FAA. Todos los receptores GPS de seguridad fuera de uso deberán incluir los algoritmos de integridad especificados por la FAA. También hay técnicas de diseño bien conocidas para reducir en gran medida las interrupciones de los receptores GPS debido a la interferencia.

- Relojes atómicos, así como blindaje físico en la dirección de presunción de bloqueo. Algunos podrían añadir un coste significativo, pero pueden tener una garantía para la seguridad de la vida y otras aplicaciones críticas. Nuevos dispositivos suplementarios pueden hacer los receptores GPS más robusto y cada vez más asequibles (por ejemplo, acelerómetros, los relojes atómicos de escala de chip, etc.). Se están tomando algunas acciones. Por ejemplo, la FAA ya se está endureciendo los receptores GPS y antenas colocadas en el suelo en el aeropuerto internacional de Newark. Los cambios incluyen: antenas GPS que son menos vulnerables a la interferencia de radio frecuencia, prácticas mejoradas para la colocación de antenas de GPS en el aeropuerto (más lejos de la vía pública), y algoritmos de receptor que se recuperan más rápidamente cuando el PPD se aleja de la antena GPS. Los fabricantes deberían acelerar la oferta de resistencia de interferencia de los receptores GPS, especialmente para aplicaciones de seguridad de la vida, como la marítima comercial. Estos receptores deben usar técnicas de la FAA para asegurar que no muestran información peligrosa y engañosa durante los períodos de interferencia.
- El establecimiento de las copias de seguridad GPS para asegurar la continuidad de las operaciones del PNT. Como se describió anteriormente, los receptores GPS ciertamente deben ser más robusto frente a interferencias. Además, la nación debe apoyar enérgicamente los esfuerzos para proporcionar Posición alternativo, Navegación y Tiempo (APNT). En esta última sección, primero se describe el papel de los sistemas previstos extranjeros por satélite (GNSS) que son similares a GPS. Desafortunadamente tienen la misma susceptibilidad a la interferencia que el GPS.
- GNSS. GPS es ahora reconocido en todo el mundo, y otros países están respondiendo con sistemas de navegación por satélite propios. Los rusos están revigorizar su sistema de navegación por satélite llamado GLONASS, y los nuevos sistemas se están desarrollando en China, Europa, Japón y la India. Tomados en conjunto, GPS y estos otros sistemas se denominan

Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS). Estos otros sistemas son valiosos para mejorar la precisión y la integridad. Además se ofrecerán diversidad de frecuencia. Por lo tanto, serán útiles para contrarrestar la interferencia intencional en una sola frecuencia. Un equipo de evaluación independiente fue nombrado, informando a DOT y el DHS. Fue bajo la administración del Instituto de Análisis de Defensa (IDA). Después de una cuidadosa revisión durante muchas semanas, recomendaron por unanimidad que el despliegue eLoran debe completarse como una copia de seguridad para el GPS. Costo anual de mantener esto en los EE.UU. fue de alrededor de 20 Millones de dólares. Esto es sobre la décima parte el costo de un solo satélite GPS. El DHS luego hizo un anuncio que eLoran era el sistema oficial APNT de los EE.UU. El Consejo Asesor presidido PNT-Schlesinger también ha recomendado unánimemente que se implemente el eLoran y se mantenga como una copia de seguridad GPS. [10]

7. Situación en Europa

7.1.Las autoridades generales de faros

Las Autoridades Generales de Faros (Glas) del Reino Unido (UK) e Irlanda son Trinity House (TH), la Junta de Faros Norte (NLB) y los Comisarios de la Luz irlandeses (CIL). Bajo las leyes del Parlamento del Reino Unido e Irlanda, los Glas tienen la obligación de asumir las obligaciones de sus gobiernos en virtud de la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) para la adecuada prestación de las ayudas a la navegación (AtoN) en y alrededor de cada una de sus áreas respectivas como justifique el volumen de tráfico y el grado de riesgo requiere. En concreto, el Reino Unido y República de Irlanda han legislado siempre que los Glas serán responsables de la supervisión y la gestión de todos los faros, boyas y balizas en sus respectivas áreas geográficas, con sujeción a determinadas disposiciones relativas a las ayudas en zonas de la Autoridad Local del Faro. La misión conjunta de los Glas es la entrega de un servicio de ayuda a la navegación, confiable, eficiente y económico para el beneficio y seguridad de todos los navegantes.

Estos objetivos de la misión se logran a través de la implementación, operación y mantenimiento de una mezcla de diferentes tipos de ayudas, incluido los sistemas de radionavegación, faros, buques faro, boyas, balizas visuales y señales de niebla, de la siguiente manera:

Tipo de ayuda	Servicio de Faros Trinity House	Número de ayudas previstas Tabla de faros del Norte	Comisarios de Faros irlandeses
Balizas DGPS	7	4	3
Balizas radar	48	22	22
Faros	72	201	80
Buques faro	13	0	0
Faros flotantes	0	0	2
Boyas	429	131	136
Balizas visuales	18	41	48
Señales de niebla	0	12	1
Grandes boyas automáticas de navegación	0	0	2

Tabla 7.1 Número de ayudas desplegadas por los Glas [18]

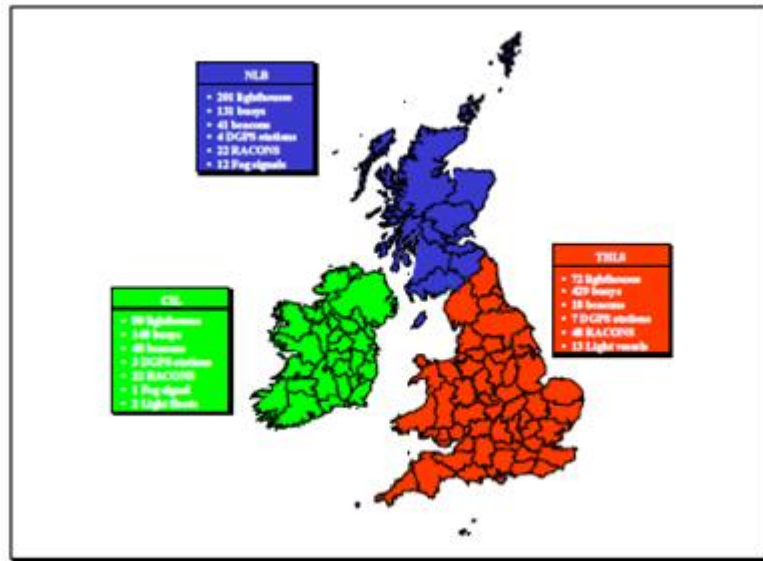


Imagen 7.1 AtoN's que ofrece cada uno de los Glas [18]

Los costos de estas ayudas a la navegación se cumplen de un fondo común conocido como el Fondo General de Faro (GLF) cuyo ingreso principal sea la cuota de luz cargadas en distintas clases de llamadas de envío a los puertos en el Reino Unido e Irlanda. Trinity House recoge los derechos de faro en nombre de los Glas, principalmente a través de los agentes de corretaje de buques en los puertos. El Secretario de Estado del Reino Unido para el Transporte tiene la responsabilidad del GLF y establece el nivel de las cuotas a cobrar. Los Glas han entregado importantes eficiencias de costos que han reducido el costo de las cuotas de luz en un 50 % en términos reales durante la última década.

Los Glas están sujetos a presiones significativas en cuanto a los servicios que prestan, incluyendo el aumento de los requisitos , la disponibilidad universal de los servicios de navegación por satélite externos , incontrolables pero ampliamente utilizados, fuertes presiones a la baja en los costos y un entorno más litigiosa . La respuesta de la Glas a estas presiones es la estrategia para el futuro que figura en el documento “2020 La Visión”, que promulga la política del Reino Unido para la prestación de ayudas a la navegación marina.

Teniendo en cuenta las debilidades de ciertos tipos de navegación marítima actual, y en respuesta a los nuevos desafíos, el Reino Unido ha defendido el concepto de e-Navegación. Esto está pensado para hacer la navegación más fácil y segura, más barata y para soportar nuevas aplicaciones. Abarca la colección rentable, la integración y presentación de la información marítima a bordo y en tierra por medios electrónicos, a fin de mejorar la navegación -litera a la litera y servicios relacionados para la seguridad y la seguridad en el mar, y para proteger el medio marino. Dentro de la Organización Marítima Internacional (OMI), el Reino Unido, con el apoyo activo de Japón, las Islas Marshall, los Países Bajos, Noruega, Singapur y los Estados Unidos de América (EE.UU.), ha propuesto al Comité de Seguridad Marítima que adopte un programa de trabajo para lograr el objetivo de e-Navegación. Además, la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación y Autoridades de Faros (IALA) ha fletado un nuevo comité de la navegación electrónica que reemplazará sus comités de Radionavegación (RNAV) y del Sistema de Identificación Automática (AIS), a raíz de la conferencia de IALA en Shanghai en mayo de 2006. Este comité definirá la navegación electrónica totalmente y va a desarrollar una visión para la integración de pantallas de tecnología e información actuales y futuras para maximizar los beneficios para todos los usuarios en el ámbito marítimo. También participará plenamente en el desarrollo del entorno de navegación electrónica, y en el desarrollo de sistemas electrónicos futuros que alterarán la combinación de ayudas a la navegación y los sistemas de información marítimos. [18]

7.2.Objetivos de navegación electrónica

- Accidentes.
- Los recursos del medio marino.
- Reducir los costos de envío y los estados costeros.
- Los beneficios de la navegación comercial.
- Reducir al mínimo los errores de navegación, incidentes y accidentes.
- Proteger a las personas, el medio ambiente marino y los recursos.
- Mejorar la seguridad.
- Reducir los costos de envío y los estados costeros.

- Proporcionar beneficios para la industria de la navegación comercial.

Se espera que la navegación electrónica que basarse en un número de componentes estructurales:

- Cartas de navegación electrónica exactas, completas y actualizadas.
- Las señales precisas y fiables de posicionamiento electrónico.
- Información sobre la ruta de un barco, el rumbo, maniobras parámetros y otros elementos de estado, en formato electrónico.
- La transmisión de información de posición y de navegación del buque-tierra, tierra-buque y de buque a buque, utilizando el AIS.
- Pantallas claras e integradas de la información antes mencionada a bordo de buques y en tierra, el uso de visualización de cartas electrónicas y el sistema de información (ECDIS).
- Priorización de la información y la capacidad de alarma en situaciones de riesgo en el barco como en tierra.
- La mayoría de las estaciones de LORAN europeos, sin duda todas las antiguas estaciones del sistema LORAN Europea Noroeste (NELS), están ya equipados con los transmisores de estado sólido (SSX) necesarios para apoyar eLoran.
- Debido a que muchas estaciones de Loran-C europeos, entre ellos de nuevo todas las estaciones NELS, ya emplean el control de Tiempo de Transmisión (CpC), que ya tienen un equipo de cronometraje moderno (algunos equipos muy antiguos tuvieron que ser sustituidos en los EE.UU.).

- Cuatro estaciones LORAN europeas ya llevan un canal de datos, como sería necesario para el funcionamiento eLoran. Sería necesaria una decisión en Europa sobre la conveniencia de emplear el estándar Eurofix actual o de la norma de noveno pulso de los EE.UU. Pero incluso si Europa ha optado por utilizar un estándar diferente de los EE.UU., los receptores de doble estándar se podrían producir con poco costo adicional sobre los receptores Eurofix.
- Hay menos usuarios heredados de Loran-C en Europa que se vean afectados por los cambios que en los EE.UU.

En resto del mundo, los sistemas Loran-C del Lejano Oriente, Oriente Medio y el subcontinente indio son muy similares a los de los EE.UU. o Europa. Así también, son los sistemas en Rusia, teniendo en cuenta las pequeñas diferencias entre Chayka y Loran-C. Y, al igual que en Europa, por lo menos una estación de Extremo Oriente Loran-C y una estación Chayka ya se han adaptado con éxito para llevar a un canal de datos LORAN.

De este modo, tanto en Europa como en el resto del mundo, existe una buena evidencia para apoyar la opinión de que Loran-C podría ser actualizado a eLoran, y que en todo el mundo el servicio eLoran se encuentre estandarizado es una meta alcanzable. [18]

7.3.Situación en octubre de 2005

El 1 de julio se celebró una conferencia en París sobre Loran bajo el liderazgo de Jacques Marchand, de la agencia francesa de navegación marítima en la que se mostraban muy a favor del desarrollo e implantación del eLoran. En ella estuvieron presentes los responsables de organismos de toda Europa con capacidad de tomar decisiones. La respuesta fue muy positiva.

Los departamentos marítimos británicos e irlandeses han salido públicamente en apoyo de Loran y propondrán a la OMI que sea obligatorio equipar los buques con sistema eLoran como una copia de seguridad de GNSS.

Los británicos han instalado su primer transmisor de eLoran en Rugby. Está en el aire 24 horas/7 días. Está controlada desde Brest, Francia.

En Oriente Medio, los saudíes han añadido Eurofix a sus transmisores Loran.

Por último, no puedo exagerar la importancia del proyecto de la nueva propuesta de Plan europeo de radionavegación (ERNP). Este plan en tres volúmenes evalúa todos los sistemas de radionavegación existentes y propuestos. Y el ERNP enumera Loran como una tecnología fundamental para Europa. Y Loran se colocó en lo más alto de la tabla de costo/beneficio.

7.4.Situación en mayo de 2006

En los ensayos iniciales del sistema eLoran llevados a cabo en Harwich en abril de 2006 y en la prueba del transmisor Glas en Rugby han demostrado un posicionamiento horizontal con precisiones mejores que 9 metros con una confianza del 95% utilizando modernos receptores eLoran miniaturizados. Esto pone eLoran sobre la misma base que los GPS de frecuencia única o Galileo: cada uno requiere correcciones diferenciales para garantizar el cumplimiento de los requisitos de precisión futuras de la Organización Marítima Internacional para la aproximación de puerto y aguas restringidas.

Cuando las acciones para hacer frente a la estación se lleven a cabo, los desarrolladores del receptor se verán estimulados a invertir en el desarrollo y producción de equipos GNSS/eLoran integrados. Esto hará los receptores más baratos y más ampliamente disponibles.

El caso para eLoran muestra cómo los Glas desarrollarán papel principal del Reino Unido en la navegación electrónica. Este trabajo será una continuación de la aprobación previsto en mayo de 2006 por el Comité de Seguridad Marítima de la Organización Marítima Internacional, de la navegación electrónica como una parte clave del programa de trabajo de su subcomité de navegación.

7.5.Situación en mayo 2007

Las Autoridades Generales de Faros del Reino Unido y de Irlanda anuncian a través de un comunicado de prensa la adjudicación de un prestigioso contrato de quince años a VT Comunicaciones para la prestación del servicio eLoran para mejorar la seguridad de los marinos en el Reino Unido e Irlanda.

Progreso:

- 7 Julio 2007 Transmisor de Rugby testado y verificado.
- 1 Octubre 2007 Primeras señales de prueba y verificación Anthornfor.
- 1 De diciembre de 2007 señales de prueba operacional.

Próximos Pasos:

- Emisión de señal UTC eLoran desde Anthorn

En el Reino Unido , la emisión de la señal horaria MSF desde un transmisor VLF cerca de Rugby, Warwickshire, (el mismo lugar que los Glas utilizan para irradiar Loran-C), se basa en los estándares de tiempo mantenida por el Laboratorio Nacional de Física (NPL). MSF es utilizada por muchas industrias para realizar copias de seguridad GPS como el principal medio de distribución. Los usuarios incluyen las redes de telecomunicaciones del Reino Unido y relojes de las estaciones de tren. MSF da apoyo a un mercado para los productos de temporización con un valor cercano a 5 millones de libras al año, proporcionando los ingresos por IVA al Gobierno del Reino Unido de unas 900 mil libras.

NPL se ha dado el permiso del Gobierno para adquirir el servicio de MSF durante 10 años desde el 1 de abril de 2007. Pero además, el Comité Asesor de medición (MAC) del Departamento de Comercio e Industria del Reino Unido (DTI) ha recomendado la oportunidad de ubicar juntos las emisiones de MSF con cualquier transmisor Loran con el fin de evaluar si Loran podría reemplazar la MSF al final de este contrato. Es necesario que la MSF se revise en 2010, momento en el cual se tomará una decisión sobre su posible sustitución por Loran en 2017.

7.6. Experimentos marítimos de interferencia controlada

Las siguientes imágenes muestran algunos resultados inquietantes de los ensayos recientes llevados a cabo por las Autoridades de Faros general (GLA) del Reino Unido e Irlanda.

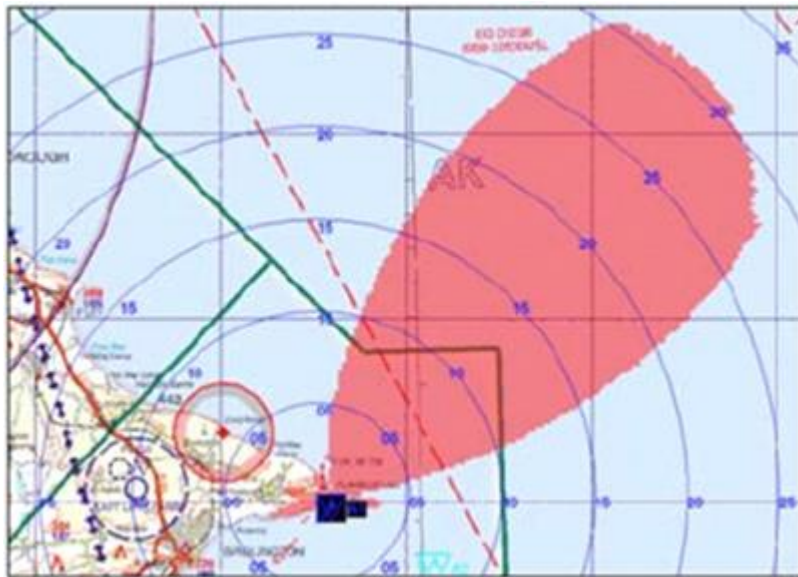


Imagen 7.2 Zona de interferencia GPS controlada por los Glás en Flamborough [10]

Durante estos ensayos, un equipo de interferencia GPS se desplegó en Flamborough, y la zona de impacto es la cuña que se muestra en la imagen 7.2. Como se muestra en la imagen 7.3, este equipo tuvo un efecto devastador en el receptor de a bordo GPS llevado a través de la zona de interferencia. El receptor dejó una pista de posición fiel

(en azul claro) cuando el buque estaba lejos al noroeste o de lejos al sudeste de la cuña de bloqueo.

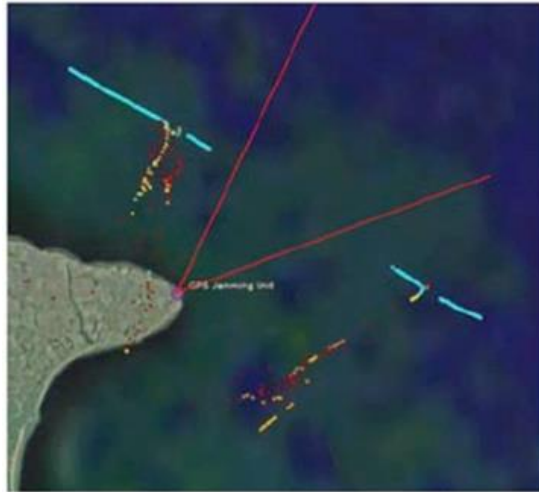


Imagen 7.3 Posición GPS durante la prueba de interferencia [10]

La imagen 7.4 muestra la posición exacta proporcionada por un Loran mejorado (e-Loran) cuando el barco atraviesa la cuña de bloqueo generada por las Autoridades Generales Faros de Flamborough. La imagen 7.4 ofrece un marcado contraste con los resultados basados en GPS en la imagen 7.3.

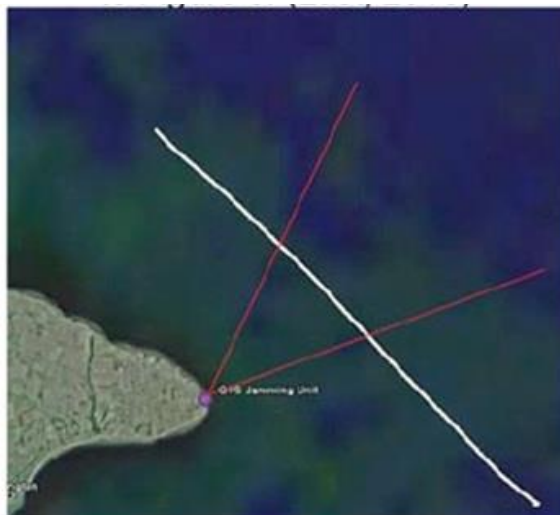


Imagen 7.4 Posición eLoran durante la prueba de interferencia [10]

Dentro de la cuña, el receptor se siente abrumado y no es capaz de fijar la posición. El equipo de interferencia rompe la continuidad GPS. GPS no muestra ninguna solución. A medida que el receptor se acerca o simplemente se aparta de la cuña, se produce un resultado extremadamente peligroso. El receptor sufre grandes errores de posición sin una advertencia que avise – la integridad se ha roto. Muestra una cadena de puntos al sur y al sureste de la pista azul. Estos últimos resultados son más preocupantes, ya que no se le advirtió al personal del puente que el sistema de navegación se degradó.

En otra serie de ensayos, el GLA coloca una emisión de baja potencia a bordo del Buque Galatea de la Trinity House. Como se muestra en la imagen 7.5, este bloqueador GPS indujo informes de posición que omiten toda Escandinavia e Irlanda, mientras que la nave se sentó firmemente en el Canal Inglés (la pista amarilla). Entre los sistemas afectados por la interferencia fueron el radar de la nave y la giroscópica, los sistemas de reversión clave cuando falla el GPS. [10]

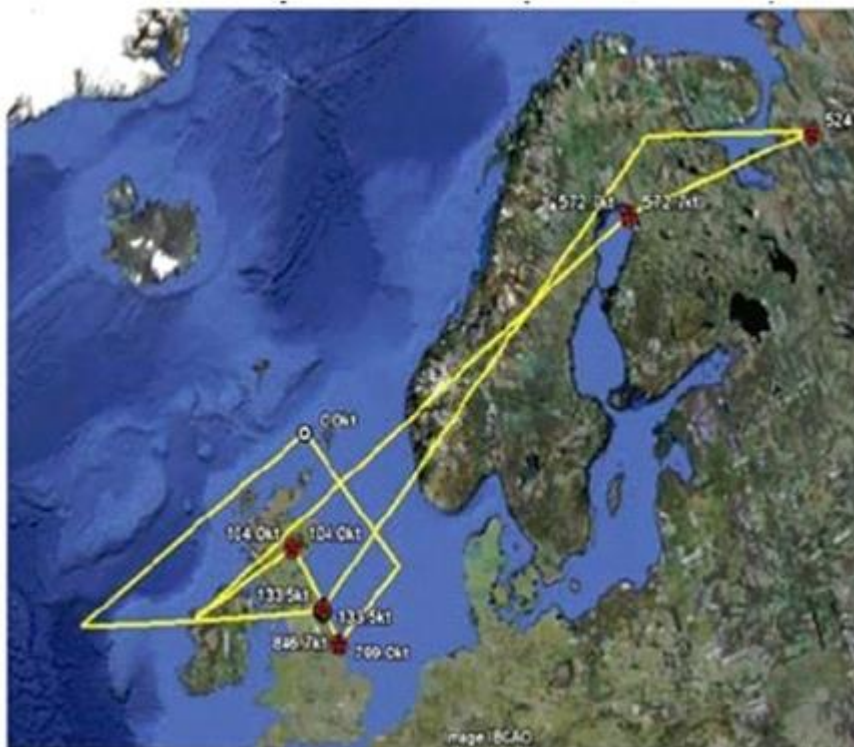


Imagen 7.5 Errores de posición del buque Galatea [10]

Los resultados preocupantes que se muestran en las imágenes 7.3 y 7.5 no afectarían a un receptor de la aviación, ya que las normas de aviación insisten en un conjunto interno de pruebas (algoritmos) para RFI. Recomendamos que estos algoritmos o equivalentes formen parte de las normas para los receptores utilizados en todas las aplicaciones de seguridad. [10]

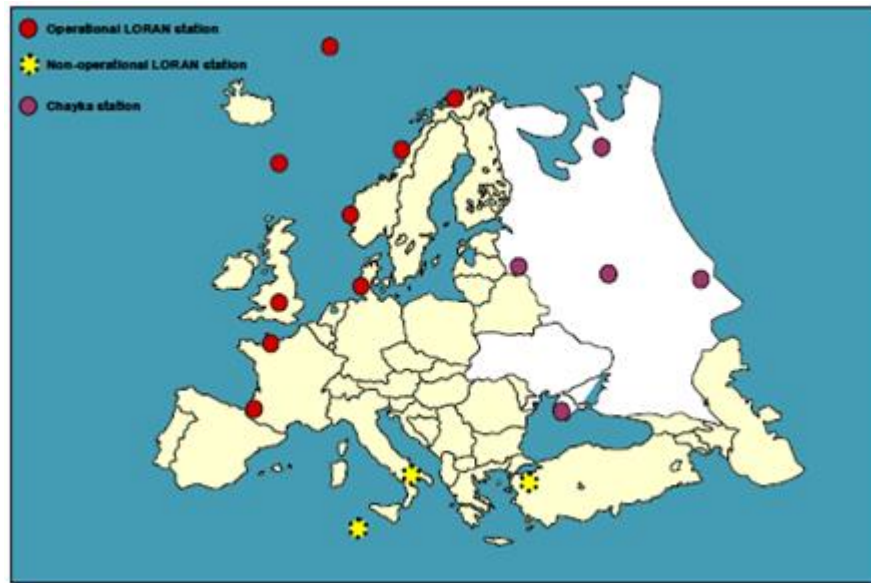


Imagen 7.6 Distribución de estaciones Loran/Chayka en la zona europea [17]

Como las dos figuras a continuación muestran, el sistema NELLS junto con el transmisor Rugby da una buena cobertura Loran del noroeste de Europa. La cadena Chayka de Rusia occidental cubre esa parte de Europa más o menos al este de una línea desde el Mar Báltico hasta el Mar Negro. Se requerirían estaciones adicionales para proporcionar una cobertura completa eLoran de toda Europa con la más alta calidad. También hay que recordar que el tradicional Loran-C funciona en las cadenas de estaciones sincronizadas; los receptores emplean señales de las estaciones de una sola cadena en cualquier momento. Modernos receptores eLoran, sin embargo, operan en modo “todo a la vista”, con el cómputo de la mejor solución de la posición de todas las estaciones que pueden recibir, a menudo más de 10. Ello depende de la contribución de cada estación de acuerdo con su alcance y la calidad de la señal recibida (más bien como un receptor GNSS hace con los satélites). Por lo tanto, una mejor cobertura a menudo se obtiene a partir de una constelación de

estaciones cuando se utiliza en modo eLoran que lo que cabría esperar a partir de un diagrama tradicional de la cobertura de Loran-C.

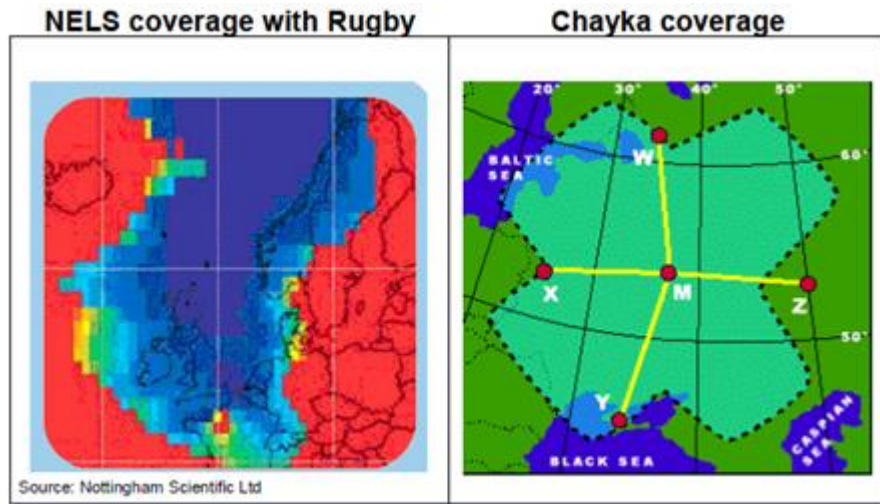


Imagen 7.7 Coberturas NELS y Chayka [17]

Unión Europea estima los costes de funcionamiento y la construcción de estaciones de LORAN de la siguiente manera:

- El costo anual de operación de una estación eLORAN ~ 300 mil euros.
- El costo de una nueva estación, incluyendo el transmisor y el mástil ~ 5 millones de libras.

El futuro del sistema europeo sigue siendo incierto. En primer lugar, el Gobierno alemán decidirá en breve si cierra su estación de Sylt o llega a un acuerdo con sus vecinos para que siga funcionando a corto plazo. El Gobierno noruego ya recurrido a esta solución; asimismo, mantendrá sus cuatro estaciones, Værlandet , BO, Berlevåg, y Jan Mayen, en el aire a lo largo de 2006, en reconocimiento por el interés renovado por Loran en Europa y en vista de las próximas decisiones de ámbito europeo que se harán en el ERNP.

De todos los gobiernos europeos, el francés es el más positivo. Francia ha hecho una clara declaración de su intención de mantener sus dos estaciones más el centro de control y mantenimiento en Brest. Esto es en parte para satisfacer las necesidades propias y también en reconocimiento del papel creciente civil por Loran. Francia también se ha comprometido a apoyar la continuidad del funcionamiento de la estación EJDE en las Islas Feroe y está concluyendo las negociaciones del contrato de acuerdo con el Gobierno de Dinamarca.

Las decisiones tomadas por esos gobiernos individuales - en particular Noruega y Alemania - realizados antes de las discusiones ERNP, podrían influir en gran medida el futuro de eLoran de toda Europa en su conjunto. Una vez que una estación se ha apagado, la restauración es mucho más difícil. Una vez que una estación ha sido desmantelada y el sitio despejado, es poco probable que vuelva a reactivarse. Las estaciones alemanas, y al menos una de las estaciones de Noruega, son de vital importancia para la cobertura de las Islas Británicas y sus aguas costeras. Si estas estaciones van a salir del aire, va a ser muy difícil para los Glas proporcionar un servicio adecuado eLoran en su área de responsabilidad. Por ello es de gran importancia que los Glas proporcionen información detallada a los interesados alemanes y noruegos pertinentes no sólo para justificar la suspensión de la ejecución de la operación de sus estaciones, sino también para ofrecer propuestas concretas para nuevas inversiones en eLoran. [17]

8. El sistema en la actualidad.

8.1 Navigational News.

Según Peter Chapman Andrews, director de la revista Navigational News, en su editorial del número de mayo/junio de 2014, la resistencia en sistemas de posición, navegación y temporización (PNT) se está reconociendo rápidamente como una necesidad urgente en su crítica infraestructura nacional (la publicación es británica). En estos momentos hay una casi total dependencia de los GNSS para la PNT, para los que la mayoría coincide en la mejor resistencia necesaria puede ser proporcionada por un sistema de respaldo terrestre como eLoran, que es el único sistema candidato fácilmente disponible. Pero a pesar de que transmite una mucho más poderosa señal, la cobertura de eLoran en comparación con GNSS es sólo regional en oposición a lo global, por lo que tendría que haber un gran número de transmisores en todo el mundo con el fin de proporcionar a la escala necesaria de respaldo. Los transmisores de Loran C, que pueden ser utilizados para eLoran, existen ya en 16 países. Pero cuando Loran C se apagó en los EE.UU. en 2010 sus transmisores habían comenzado a ser desmantelados, aunque esto se ha detenido sobre todo ahora que el mensaje sobre capacidad de respaldo ha calado. Liderados por el Reino Unido a través de los GLAs, en particular, otros países del norte de Europa se están uniendo para proporcionar cobertura eLoran en la región del Mar del Norte. De hecho, en enero de 2013 los comisionados GLAs ofrecen el primer servicio específicamente de copias de seguridad GPS en los accesos a Dover en esa zona. Un poco más lejos, hay planes para la cobertura de países como Rusia y Corea del Sur, este último por su deseo de contrarrestar la interferencia a la que es sometido desde Corea del Norte. Así, mientras se toma alguna acción proactiva para hacer frente a las amenazas, queda todavía mucho por hacer para persuadir a los gobiernos y empresas de la necesidad urgente de hacer mucho más. En una entrevista con el Financial Times sobre la Conferencia en Teddington en Febrero que tuvo por tema La Vulnerabilidad GNSS del RIN y resistencia PNT, el profesor Brad Parkinson declaró "Los gobiernos occidentales están en su infancia en el

reconocimiento del problema. "Esperemos que progresen rápidamente hasta la edad adulta y que tomen las medidas necesarias, mientras que todavía hay tiempo. [18]

8.2 El Fallo del GLONASS.

El GNSS ruso GLONASS sufrió una interrupción importante el 2 de abril de 2014, con informes de toda la constelación 24 satélites, la producción de información estuvo dañada durante casi 12 horas. El apagón causó que expertos de todo el mundo pidiesen que se establezcan sistemas co-primarios de respaldo que no estén basados en el GNSS.

El profesor Chris Rizos de la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Nueva Gales del Sur, por ejemplo, dijo: "Este fallo catastrófico de una de las dos constelaciones de satélites de navegación globales del mundo es una llamada de atención para todos nosotros. Ignoramos la posibilidad de estos eventos en nuestro propio riesgo. 'Hay un gran fracaso por parte de los expertos mundiales de navegación por satélite que afirman que no hay manera de protegerse contra este tipo de eventos, excepto tener más constelaciones de satélites,' agregó Rizos. 'Los demás, sabemos que existen claramente opciones no satélites. La inversión en estos sistemas podría proteger nuestras industrias críticas de la negación del servicio de posición y temporización."

La fijación del corte tomó cerca de 13 horas y, durante ese tiempo, la versión rusa del GPS estuvo lisiada e inutilizable. La interrupción se sintió de inmediato en todo el mundo. Sin embargo, el diario de noticias rusa semioficial, Izvestia, hizo todo lo posible para sugerir que nadie resultó especialmente afectado por el apagón. Con el tipo de calendario al que los teóricos de la conspiración dedican vidas enteras de trabajo, el corte de GLONASS se produjo horas después de que la Cámara de Representantes de EE.UU. legislara para detener el desmantelamiento de la infraestructura de Loran de la nación, necesaria para apoyar el Enhanced Loran (eLoran), que es ampliamente considerado como el único sistema co-primario con

GNSS. eLoran es capaz de tomar el relevo de GNSS perfectamente, pues tiene muy diferentes modos de fallo.

La Cámara de Representantes aprobó la Ley de Autorización de la Guardia Costera el 1 de abril de 2014, lo que requiere el Departamento de Seguridad Nacional para detener el desmantelamiento y la eliminación de la infraestructura que se podría utilizar para un sistema terrestre durante las horas y en los lugares donde el GPS no está disponible. El Departamento había anunciado en 2008 que construiría un sistema de este tipo, pero nunca lo hizo. Posteriormente, las Autoridades Generales de Faros del Reino Unido e Irlanda (GLAs) han dado a conocer datos que muestran la magnitud de los efectos causados por la interrupción del GLONASS.

Lecturas del receptor GLONASS del GLAs en Harwich muestran errores de ubicación de hasta 55 km de la costa del Reino Unido.

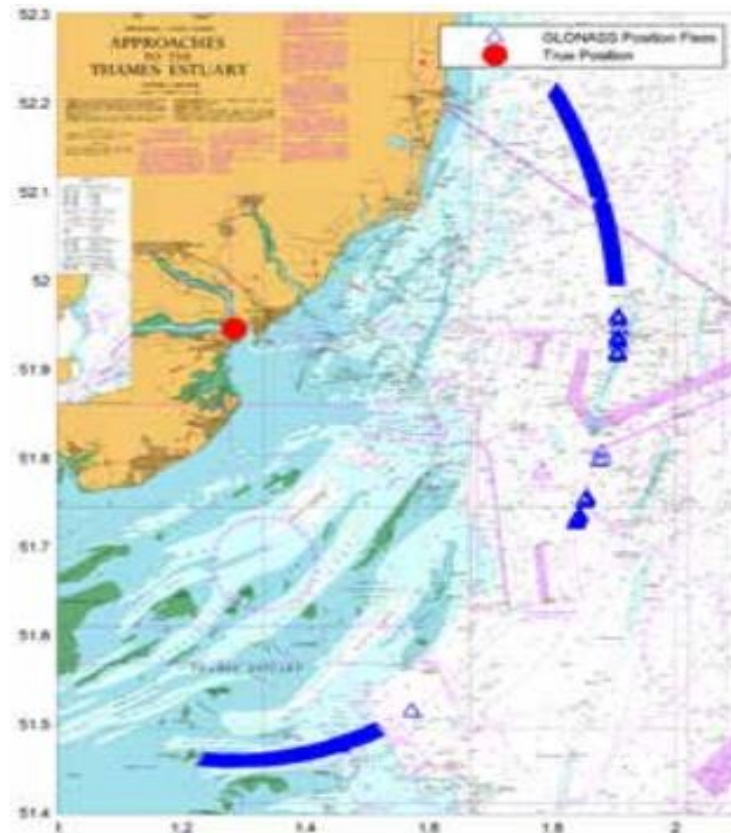


Imagen 8.1 Error de posición del sistema GLONASS según GLA. [19]

Nick Ward, Director de Investigación de las Autoridades de Faros General, dijo: "Hemos sabido durante mucho tiempo que los sistemas de navegación por satélite son vulnerables a la interferencia y este evento demuestra lo peligroso que puede ser un fracaso. Nuestros datos muestran que, durante la interrupción prolongada, GLONASS proporcionó datos de localización de hasta 55 kilómetros fuera de la costa del Reino Unido. Las posibles consecuencias de estos fallos son graves. Los buques que viajan en las aguas costeras, por ejemplo, podría enfrentarse a mucho mayores posibilidades de varada o abordaje, y en última instancia, a la pérdida de vidas y de carga, así como la contaminación. Tal problema puede ocurrir con el GPS, Galileo, o cualquier otro GNSS sin ninguna advertencia. Es evidente que un sistema fiable de copia de seguridad para GPS es necesario para evitar tales interrupciones seguridad y el funcionamiento de la infraestructura de claves amenazantes.

Actualmente la copia de seguridad más viable y rentable es eLoran, un sistema de radio de largo alcance que el Reino Unido está apoyando. eLoran se hará cargo de forma automática si el GPS se altera, lo que garantiza la fiabilidad de los datos de navegación vitales. Un número de otros países, entre ellos Rusia, también están desarrollando sistemas similares, para respaldar GPS, sin embargo, sólo será verdaderamente sólido si el sistema puede hacer uso de las radiotransmisiones de transmisores que cubren los viajes a través del mundo. [19]

8.3 El retorno del Loran.

En los EE.UU., en la mayoría de la infraestructura Loran, estaciones y torres, se suspendió su actividad. Ahora, después de un período de inactividad, el programa parece estar volviendo a la vida con un mandato del Congreso por el cual las torres - esenciales para el desarrollo del eLoran - deben ser preservadas.

Hay un animado debate en relación con la operación de una entidad no gubernamental, impulsada inicialmente por las necesidades de la industria de las telecomunicaciones.

El Reino Unido e Irlanda tomó el concepto eLoran de EE.UU. y fueron hacia adelante. Ellos han creado un prototipo de sistema de reutilización de la vieja infraestructura Loran C desde el norte de Noruega hasta el sur de Francia, y la adición de su propia estación de bajo costo. Durante tres años se ha demostrado que eLoran capaz de satisfacer las más exigentes normas marítimas y de telecomunicaciones, que ya la FAA predijo. El prototipo de sistema ha alcanzado capacidad operativa inicial en el estrecho de Dover, la zona marítima más transitada del mundo.

Los equipos de a bordo pueden cambiar de forma automática y sin problemas a eLoran cuando se pierde el GPS. Por otra parte, una versión de alta precisión de la tecnología Loran se ha desarrollado en el puerto de Rotterdam para su uso por los pilotos marítimos.

Por su parte, Rusia está llevando a cabo una estrategia relacionada, así como Corea del Sur, en respuesta a su vecino beligerante. [20]

8.4 Loran versus reloj atómico.

Actualmente existen receptores eLoran instalados en Washington, DC, en Leesburg, Vancouver, y en Bedford, Massachusetts. Además, hay un sistema de transferencia de tiempo de satélite de dos vías (TWSTT) entre el Observatorio Naval de los EE.UU. (USNO), en Washington, DC y la transmisión Loran en Wildwood. La variación entre un receptor eLoran UrsaNav UN-152B instalado en el USNO y el reloj maestro se midió durante un período de dos semanas y tuvo una desviación estándar de 29 ns a una distancia de Wildwood, NJ de 118 millas. Durante el mismo período, un receptor de temporización en Leesburg, VA frente a un reloj de cesio 5071A produjo una desviación estándar de 36 ns a una distancia de 143 millas.

Los datos mostraron una alta correlación entre las diferencias de fase en Leesburg y el USNO. Está claro que las correcciones diferenciales tendrían un efecto positivo significativo en la mejora de la precisión en distancias como la que existe entre el Leesburg y el USNO, en este caso 25 millas.

En el otro lado del Atlántico, donde las señales son eLoran en el aire de forma continua, UrsaNav estableció una prueba de tiempo similar de nuestra oficina cerca de Bertem, Bélgica. Fecha y Hora siempre a una distancia más cercana de casi 500 km del sitio de transmisión en Lessay, Francia, con una desviación estándar de 14 ns. Una estación de Referencia eLoran diferencial local, según se encuentra en Amberes, mejoraría aún más el posicionamiento y precisión de sincronización durante al menos 30 kilómetros en todas las direcciones, lo que incluiría Bruselas y Bertem. Por otra parte, una parcela de error máximo de intervalo de tiempo (una medida de la fluctuación lenta de fase, o la estabilidad del tiempo) muestra que un receptor de sincronización eLoran funciona tan bien, o mejor, que un receptor de sincronización estándar de GPS que es utilizado por la industria de las telecomunicaciones. [21]

9. Receptor eLoran UrsaNav

9.1.Módulo receptor eLoran UN-151

El UN-151B es la última versión de la serie UrsaNav Mitigator™ receptores de baja frecuencia (LF) diseñado como un módulo OEM para una mayor integración en sus aplicaciones. Este módulo OEM proporciona tiempo preciso, la frecuencia y la demodulación de canal de datos de los sistemas de Loran-C o eLoran. El receptor es capaz de procesar Chayka y otras fuentes de baja o media frecuencia.

El módulo UN-151B está disponible comercialmente como receptor de sincronización que cumple con los rigurosos requisitos del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones para los relojes de referencia primarios, los requisitos de frecuencia Stratum -1, y proporciona trazabilidad de tiempo de menos de 50 nanosegundos de UTC. Incorporado la capacidad de rastrear señales LF próxima generación con formas de onda avanzadas y una mayor capacidad de canal de datos.

Como expertos en soluciones para LF de Posición, Navegación, calendario, frecuencia y la tecnología de datos; UrsaNav tiene cubierto de transmisión a

recepción. Las soluciones llave en mano incluyen el diseño de sistemas, equipos de temporización y control, técnicas de canal de datos avanzadas, y equipo de referencia Loran con control diferencial. [22]

Características principales:



Imagen 8.1 Circuitería Ursanav UN-151B [22]

Factor de forma pequeño:

- Mensajes NMEA.
- Gama completa de integración capacidades.
- Software configurable.
- Gráfica fácil de usar intuitiva software de visualización.
- Loran-C, eLoran, Chayka.
- Arquitectura SDR Flexible. [22]

9.2. Especificaciones técnicas

- Temporización

- Temporización Especificaciones: ETSI EN300 462-6-1 / G.811 de la UIT.
 - Máximo Intervalo de tiempo Error: <50ns de UTC; <25ns para intervalos 100s; <100 ns intervalos <1000s.
 - Espera: más: <5 ms / 24 horas.
 - Fuente de Tiempo: 1-3 de radio transmisores con traspaso automático.
- Posicionamiento
 - Tiempo al primer arreglo: 30 segundos.
 - Posición Velocidad de actualización: 1 Hz.
 - Precisión (95%): 10-20m.
 - Stand-alone eLoran absoluta precisión de posicionamiento en modo diferencial eLoran.
 - Cadenas de estaciones: Todo a la vista
- eLoran Engine
 - Sensibilidad: 30-120 dB mV / m.
 - Rango dinámico: 96 dB.
 - Procesamiento de señal: Banda aprobada/filtrado de muesca, cruz-la tasa cancelación, media móvil, integración TOA.
 - Loran Canal de Datos: Eurofix/noveno pulso.
 - Título: <1 grado con Antena de campo H
- Interfaz
 - Los puertos seriales duales (nivel TTL).
 - 115.200 baudios.
 - NMEA Mensajería.
 - Puerto GPIO.
 - Salida de frecuencia de 10 MHz.

- 1 salida PPS eLoran UTC.
 - Entrada de frecuencia de 10 MHz.
 - Entrada de 1 PPS.
 - Conectores de funciones.
 - USB opcional.
 - Ethernet opcional
- Características
 - Software de doble núcleo ARM / DSP Radio Definido.
 - Firmware actualizable.
 - A bordo FPGA y flash memoria.
 - Cumple con RTCM SC127 proyectos de MPS especulación.
 - Cumple los requisitos ETSI PRC.
 - Cumple con frecuencia Stratum-1.
 - Recuperación eLoran UTC.
 - Compatible eLoran, Loran-C, Chayka.
 - Compatible con Diferencial Loran.
 - Posición, frecuencia, tiempo y datos.
 - Integración GNSS listo.
 - Stand-alone, ASF y Posicionamiento diferencial
- Elegante
 - Fácil de usar interfaz gráfica de usuario intuitiva para Windows XP/7.
 - Permite el monitoreo, archivo y control de la serie de la UN-151.
 - Hora de llegada trending.
 - Posición Gráfico de dispersión.
 - Loran Canal de Datos visualización.
 - Interfaz de comandos.
 - Repetición de los datos grabados. [22]



Imagen 8.2 Receptores eLoran Ursanav [22]

10. Estación de Referencia eLoran Diferencial

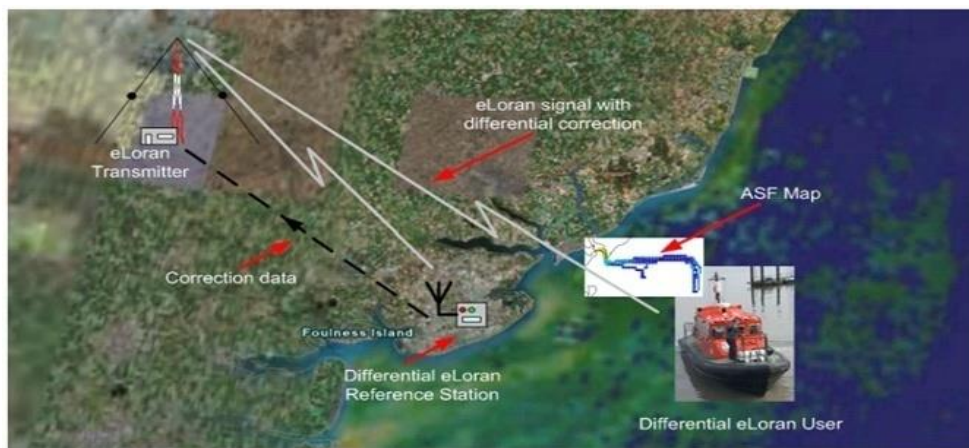


Imagen 9.1 Aplicaciones de la corrección diferencial eLoran [23]



Imagen 9.2 Estación de referencia eLoran Diferencial [23]

10.1. Introducción

La estación de referencia de reelektronika está diseñado para calcular las correcciones eLoran diferenciales para un conjunto de estaciones eLoran para una determinada ubicación de la estación. Los datos de corrección se comunican en tiempo real a través de una conexión VPN segura a un transmisor eLoran Eurofix. La base para esta estación de referencia es el receptor eLoran de reelektronika, que fue lanzado a principios de 2005. El receptor estándar ha sido modificado con lógica de hardware adicional y electrónica analógica para permitir la máxima flexibilidad en la funcionalidad del receptor. Además, el firmware del receptor se ha modificado para permitir el procesamiento y la salida de mediciones adicionales.

El receptor está diseñado para aplicaciones de monitoreo diferenciales eLoran y requiere expertos entrenados en eLoran con el fin de controlar e interpretar los datos tomados por la unidad.

Este manual describe el hardware de la estación de referencia diferencial eLoran y el software para configurar, controlar y vigilar la estación. Para ello, está equipada con una plataforma de PC a bordo con Windows XP y la aplicación de reelektronika estación de referencia diferencial eLoran. Como el receptor se basa en el receptor GPS/eLoran integrado de reelektronika el funcionamiento general del receptor se describe en el manual. [23]

10.2. Descripción

- El motor receptor LORADD eLoran. El motor LORADD es el corazón de la estación de referencia eLoran diferencial. Proporciona el procesamiento de señales digitales eLoran, la adquisición de las estaciones y las mediciones eLoran.
- La Plataforma La Plataforma digital eLoran proporciona en tiempo real el procesamiento digital preciso de las señales de temporización de eLoran y

GPS, necesarias para las mediciones eLoran y GPS con una referencia de tiempo común (UTC). Se suministra además una señal precisa de simulador de eLoran para la calibración en tiempo real de la antena de campo H, analógicos y digitales a través de rutas de procesamiento del receptor.

- Oscilador de rubidio TEMEX SRO GPS disciplinado. El reloj de rubidio proporciona una fuente de reloj estable para mejorar el seguimiento de las señales eLoran y, además, proporciona un 1 PPS para empatar eLoran y GPS para un período de tiempo común.
- Receptor de sincronización Motorola MT12 GPS. El receptor sincronización Motorola MT12 GPS se utiliza para disciplinar el oscilador TEMEX SRO rubidio. De esta manera, la estación de referencia diferencial eLoran está provista de un reloj absoluto exacto sincronizado a UTC.
- La estación de referencia eLoran diferencial con plataforma PC está integrada en la carcasa. La plataforma de PC funciona con Windows XP y la estación de referencia diferencial eLoran utiliza una aplicación de reelektronika para la configuración, control, seguimiento y registro de datos.
- La antena de campo H eLoran se modifica para aceptar una entrada de señal simulador para la calibración en tiempo real. El simulador de señal es seguido por el motor LORADD para proporcionar las mediciones de calibración. La antena también cuenta con una antena de conexión GPS para el receptor de tiempo GPS.

La estación de referencia eLoran diferencial calcula un conjunto de correcciones diferenciales en base a las mediciones de TOA y valores ASF pre - establecidos. La aplicación Estación de Referencia diferencial eLoran selecciona un par de correcciones para su difusión y las comunica al transmisor eLoran Eurofix equipado.

Parte de la funcionalidad de control de la estación de referencia eLoran diferencial es el monitoreo de posicionamiento de error horizontal. Para ello, el motor de receptor LORADD se alimenta con un solo mapa de puntos de ASF que consiste en los valores nominales ASF. El receptor que calcula una solución de la posición de "cero - línea de base", basada en la medición TOAs, el mapa ASF y recibe las correcciones diferenciales. Si el error de posición resultante supera el límite conjunto de Protección Horizontal se produce una alarma. [23]

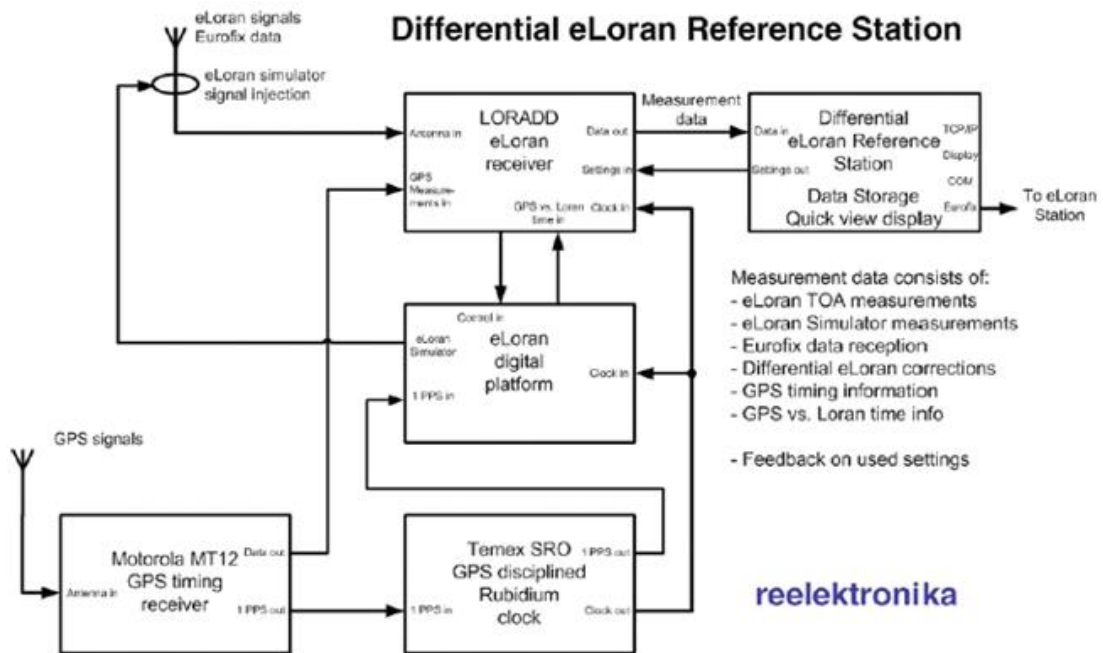


Imagen 9.3 Diagrama de bloques de la Estación de Referencia eLoran Diferencial [23]

10.3. Instalación

La instalación de la estación de referencia eLoran diferencial debe realizarse con cuidado. La calidad de la instalación se refleja directamente en la calidad del servicio eLoran diferencial se suministra a través de la estación. Especial atención se debe poner en la instalación de la antena de campo H. Las mediciones de la estación de referencia diferencial eLoran permiten el análisis de la ubicación de la antena elegida. [23]

10.3.1. Hardware de entrada/salida

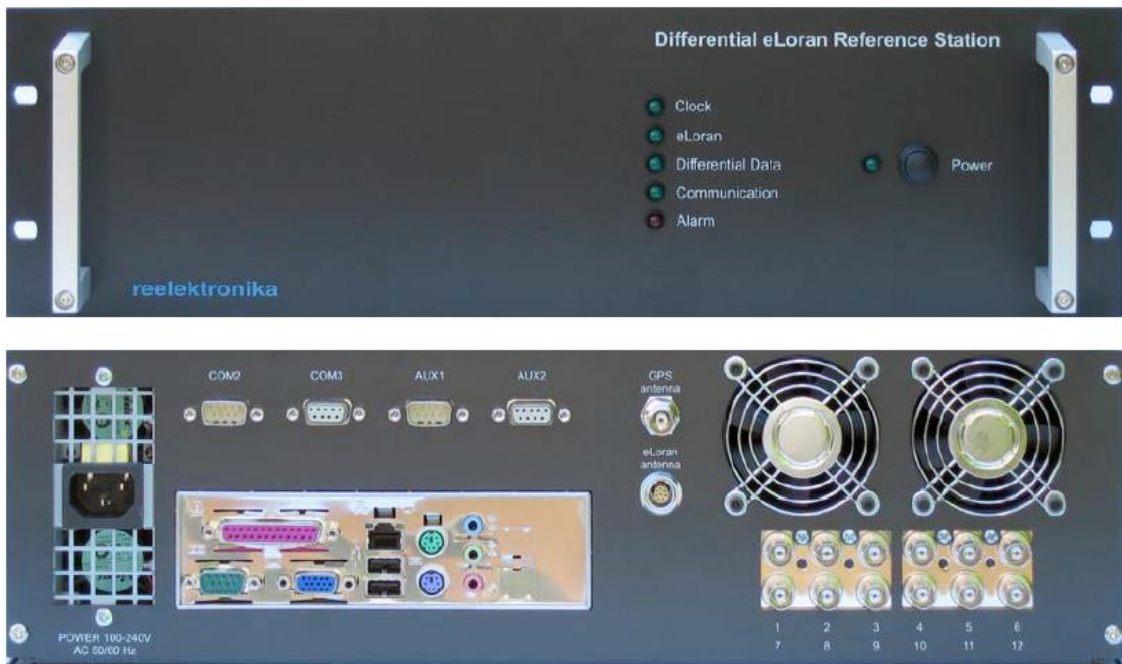


Imagen 9.4 Vista de las partes delantera y trasera de la estación de reelektronika [23]

En el panel frontal de la estación de referencia eLoran diferencial están disponibles los siguientes LEDs de estado:

LED	Descripción
Reloj	Indica si el rubidio se bloquea en la entrada GPS PPS
eLoran	Indica si una posición eLoran válida está disponible
Datos diferencial	Indica si los datos diferenciales están disponibles
Comunicación	Indica si se ha establecido comunicación con la instalación Eurofix
Alarma	Indica si la Estación de Referencia eLoran diferencial planteó una alarma
Power	Indica si la Estación de Referencia eLoran diferencial está encendido

Tabla 9.1 Indicadores Leds frontales de la estación de referencia. [23]

En la parte posterior los siguientes conectores están disponibles, de izquierda a derecha:

- 3-pin conector de alimentación de 100-240 V AC.
- Panel con conectores estándar de PC (COM1, LPT1, VGA, LAN, USB, ratón, teclado).
- Conectores comport 1 DB9 macho COM2, conectado a COM2 del PC.
- Conectores comport 1 DB9 hembra COM3, conectado a COM2 del LORADD.
- 1 conector DB9 macho AUX1 para uso futuro.
- 1 conector DB9 hembra AUX2 para uso futuro.
- 1 conector GPS TNC.
- 1 conector de la antena de 8 pines (LEMO) para la conexión de la antena de campo H eLoran.
- Conectores 12 BNC de entrada / salida [23]

10.3.1.1. Conector de antena de campo H

El conector de la antena de campo H es el mismo que el conector de antena para todos los demás equipos de la serie LORADD y se puede conectar a una antena de campo H de reelektronika mediante un cable de antena estándar. Además de las entradas estándar, el conector de antena proporciona una señal de simulador para fines de calibración que consisten en una secuencia principal estándar de pulsos GRI Loran a un usuario seleccionable (por defecto 7823).

El conector de la estación de referencia diferencial eLoran es LEMO ECG.1B.308, el conector del cable debe ser LEMO FGG.1B.308. [23]

La disposición de los contactos como se ilustra en la siguiente imagen:

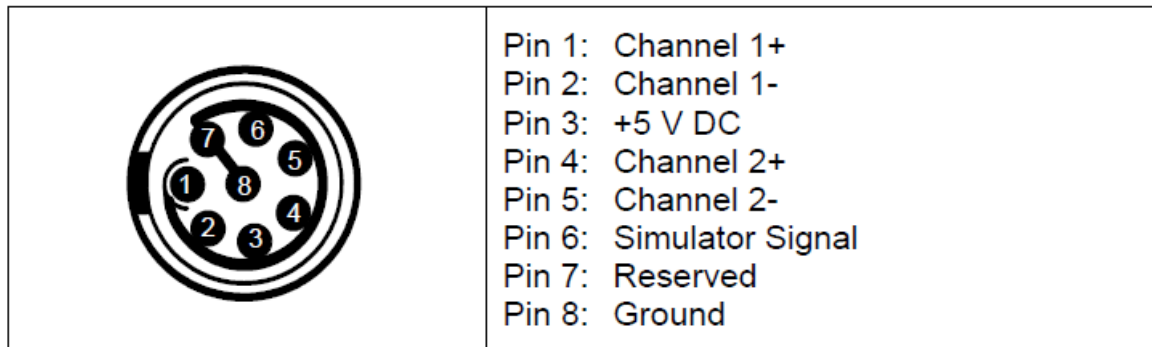


Imagen 9.5 Contactos del conector de antena LEMO FGG.1B.308 [23]

Disposición de los contactos como se ve desde el exterior del alojamiento:

- Pin 1: Canal 1 +.
- Pin 2: Canal 1 -.
- Pin 3: 5 V DC.
- Pin 4: Canal 2 +.
- Pin 5: Canal 2 -.
- Pin 6: Simulador de señal.
- Pin 7: Reservado.
- Pin 8: Tierra [23]

10.3.1.2. Puertos COM

Los puertos COM en la estación de referencia eLoran diferencial se proporcionan sólo con fines de solución de problemas y mantenimiento.

- COM1 En el panel de PC estándar es COM1 del PC.
- COM2 COM2 del PC.
- COM3 COM2 del LORADD [23]

10.3.1.3. Conectores BNC entrada/salida

Los 12 conectores BNC para la entrada y la salida se proporcionan sólo con fines de solución de problemas y mantenimiento.

Por defecto los conectores BNC re asignados como se describe a continuación:

Puerto	Descripción	Entrada / Salida
BNC 1	Salida de simulador	Salida
BNC 2	Salida reloj de onda sinusoidal de 10 MHz (TEMEX SRO-100)	Salida
BNC 3	Salida disparador de simulador	Salida
BNC 4	Repuesto	Salida
BNC 5	1PPS salida de TEMEX SRO-100	Salida
BNC 6	1PPS salida de referencia	Salida
BNC 7	Repuesto	NC
BNC 8	Repuesto	Entrada
BNC 9	Repuesto	Entrada
BNC 10	Repuesto	Entrada
BNC 11	Repuesto	Entrada
BNC 12	Repuesto	Entrada

Tabla 9.2 Asignación de los conectores BNC [23]

10.3.2. Antena de campo H y el cable de la antena

La estación de referencia eLoran diferencial viene con una antena campo H reelektronika. Esta antena se modifica para aceptar la señal de simulador de la estación.

La antena eLoran está integrada con una antena de parche GPS, que tiene que ser conectado a la estación de referencia eLoran diferencial para alimentar las señales GPS al receptor de sincronización Motorola.

La antena eLoran es una antena activa. Por lo tanto, la salida del receptor LORADD envía 5 V DC a la pluma 6 del conector de antena eLoran. La imagen 9.6 muestra la antena de parche eLoran/GPS integrado.

La antena de campo H se conecta mediante un cable Tasker C185 de 8 hilos. En el extremo receptor, el cable está conectado mediante un conector LEMO FGG.1B.308. En la antena, el cable está conectado mediante un conector CONXALL multi-Con-X282-92G-3XX. [23]



Imagen 9.6 Antena de campo H con parche GPS integrado [23]

10.3.3. Directrices para la instalación

La estación de referencia eLoran diferencial se entrega con todo el software pre-instalado y probado. Después de la instalación del hardware, sólo debe configurarse correctamente. La instalación requiere los siguientes pasos:

- Instale el equipo de 19" (estación de referencia eLoran diferencial) en un lugar seco y con aire acondicionado. Conecte el monitor, teclado y ratón. Conecte un cable de red a la red de área local y asegúrese de que la estación tiene acceso a internet. Después del arranque, la aplicación de la estación se iniciará automáticamente.
- Instale los cables de antena eLORAN y GPS. Asegúrese de saber la longitud de los cables para la configuración. Siga las siguientes pautas del manual para la instalación de la antena de campo H.
- Configurar la estación de referencia eLoran diferencial acuerdo con las indicaciones del manual. Después de la configuración inicial de los ajustes se almacenan en el registro de Windows XP y vuelve a cargar cada vez que la aplicación de la estación se reinicia.

Para la comunicación segura entre los diferentes componentes de la red eLoran, una red privada virtual es puesta a punto utilizando OpenVPN. La Estación de Referencia eLoran diferencial se comunica a través de la VPN con la Estación de Referencia Eurofix en Anthorn para transmitir las correcciones diferenciales. El VPN se establecerá automáticamente en marcha tras el arranque de la estación de referencia eLoran diferencial. [23]

10.3.3.1. Instalación de la antena de campo H

Para la instalación de la antena tienen que ser tomadas en cuenta de las siguientes pautas. La antena de campo H eLoran necesita ser instalado en un lugar libre de la

interferencia en la gama de frecuencias de 100 kHz, tales como monitores de ordenador, transformadores, fuentes de alimentación u otros equipos eléctricos, motores de encendido por chispa o alternadores del motor. La presencia de estas fuentes de ruido puede limitar el rendimiento de la estación de referencia diferencial eLoran. Además, la instalación de la antena cerca de objetos metálicos de gran tamaño puede tener una influencia negativa en la precisión de la recepción de señales eLoran debido a la radiación de retorno. Aunque los efectos de radiación probablemente se mantendrán constantes en el tiempo, es una mala práctica para operar una estación de referencia eLoran diferencial en un ambiente rico en radiación.

La flecha de la carcasa de la antena no necesita estar orientada en cualquier dirección particular en caso de operación estática. En aplicaciones dinámicas, la antena de campo H permite la determinación de la dirección de las señales reales incluso sin movimiento del vehículo (actúa como un gonio). [23]

10.3.3.2. Red Privada Virtual

Con el fin de asegurar la comunicación entre una estación Eurofix de referencia (en el sitio del transmisor eLoran) y los clientes remotos (tales como una estación de referencia diferencial eLoran), se recomienda que la comunicación eLoran se realiza sobre una red privada virtual. Esto ayuda en la prevención de acceso no autorizado a la comunicación entre los distintos componentes del sistema, así como la separación de la comunicación del resto del tráfico y por lo que es más fácil la gestión de la red.

Para ello, el equipo que ejecuta el controlador del sistema local de la estación Eurofix de referencia se configura como servidor OpenVPN. El servidor escucha en el puerto 5901.

- Cada uno de los nodos de la VPN tiene su propia clave secreta.

- Cada una de las claves tiene un certificado asociado. El Certificado es público.
- El certificado ha sido emitido por una autoridad de certificación central (CA).
- La autoridad de certificación en sí también tiene un certificado que se sabe que todos los nodos.
- Usando el certificado de CA, todos los nodos son capaces de verificar que un certificado de clave dada lleva una firma Autoridad de certificación válida.
- Se establece una comunicación exitosa entre dos nodos cuando ambas partes han verificado que cada uno tiene las claves que han sido firmados por la (de confianza) Autoridad de certificación.

Para configurar un cliente OpenVPN, 4 archivos son necesarios:

- Ca.crt. Este es el certificado (de confianza) de la Autoridad de certificación. Es lo mismo para todos los nodos de la VPN.
- Client_xx.key. Este archivo contiene la clave para este nodo en particular. Cada nodo debe tener una clave única. Este archivo debe ser mantenido en secreto.
- Client_xx.crt. Este es el certificado que lleva la firma de la CA generada basándose en el archivo Client_xx.key.
- Client.ovpn. Este archivo contiene la configuración del lado del cliente de la conexión VPN. Aparte de las referencias específicas a la clave y los archivos de certificados para este cliente en particular, la configuración es igual para todos los nodos cliente.

Todos los 4 archivos normalmente deben ser almacenados en C:\Archivos de programa\OpenVPN\config.

El servidor OpenVPN está configurado de tal manera que actúa como un servidor DHCP. Tiene una Dirección IP 192.168.101.1. Cada uno de los clientes recibirán una dirección en la subred 192.168.101.x. Los clientes se identifican en base a la clave que proporcionan. Una vez que un cliente ha emitido una dirección IP, esta dirección IP será reservada y reeditado cada vez que el cliente se vuelve a conectar con el servidor. La dirección IP no se proporcionará a los otros clientes.

El servidor está configurado para permitir la comunicación entre cliente y cliente a través de la VPN, toda la comunicación pasará a través del servidor. La estación de referencia eLoran diferencial se comunica con la Estación de Referencia Eurofix a través del servidor OpenVPN con el fin de tener las correcciones diferenciales que se transmiten por Eurofix. [23]

10.3.4. Actualizaciones de firmware

La estación de referencia diferencial eLoran consta de tres plataformas de procesamiento:

- La placa de tipo receptor estándar LORADD OEM DSP.
- La placa de procesamiento de señal digital LORADD en FPGA.
- La aplicación de la estación de referencia diferencial eLoran en el PC

Contrariamente a los receptores LORADD estándar, las actualizaciones de firmware no se proporcionan a través de la página web de reelektronika. Si se requiere de firmware o actualizaciones de FPGA, hay que ponerse en contacto con reelektronika directamente. [23]

10.4. Funcionamiento de la estación de referencia eLoran diferencial

La estación de referencia eLoran diferencial está especializada equipos eLoran y requiere entrenados expertos eLoran para controlar e interpretar las mediciones realizadas por la unidad.

En el arranque se hará la conexión VPN y la aplicación de la estación se iniciará automáticamente con la configuración guardada en el registro del Windows XP.

El funcionamiento de la estación de referencia diferencial eLoran se describe en tres secciones: la configuración, supervisión y presentación de informes de estado y solución de problemas. [23]

10.4.1. Configuración

Después de la instalación o reinstalación de la estación de referencia eLoran diferencial las siguientes conexiones y ajustes deben configurarse antes de que la generación de correcciones pueda comenzar:

- La conexión con el motor LORADD interno y la Estación de Referencia Eurofix.
- Configuración de la generación de corrección eLoran diferencial. Una vez configurado correctamente, la Estación de Referencia eLoran diferencial opera de forma automática, incluso después de un reinicio. [23]

10.4.1.1. Conexión al motor LORADD interno y la Estación de Referencia Eurofix

Con la apertura de **File-> Data source** en el menú de aplicaciones para estaciones de referencia eLoran diferencial se muestra el siguiente formulario:

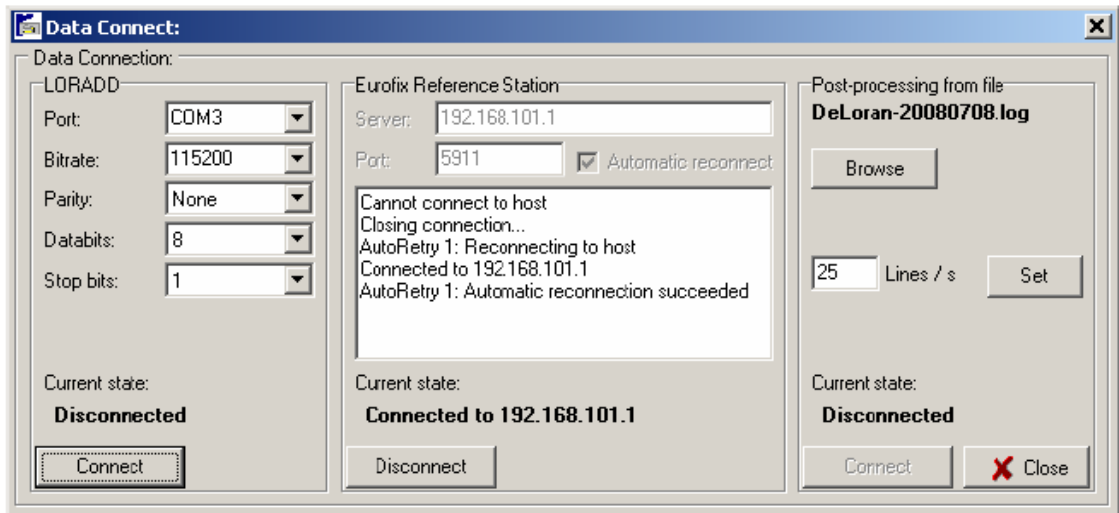


Imagen 9.7 Vista del submenú de corrección de datos de la aplicación de la estación.[23]

El motor receptor interno LORADD se conecta mediante COM3 a 115200 baudios. La conexión a la Estación de Referencia Eurofix se hace a través de la VPN para 192.168.101.1 puerto 5911. Al marcar “Reconexión automática” la aplicación se vuelve a conectar en caso de pérdida de comunicación. Si todas las conexiones están hechas correctamente, la aplicación mostrará los registros de comunicación en el receptor eLoran de E/S (LORADD) y el transmisor eLoran I forms/O (RSIM) del monitor.

La aplicación también se puede utilizar para reproducir archivos de registro registrados para el post-procesamiento de análisis de datos. Para ello, el LORADD y la Estación de Referencia Eurofix deben desconectarse antes de que un archivo de registro se pueda seleccionar. [23]

10.4.1.2. Configuración de generación de corrección diferencial eLoran

Al seleccionar **View-> Differential eLoran Configuration** en el menú de la aplicación, se muestra el siguiente formulario:

Reference Station		Differential eLoran Integrity Monitoring	
Name:	Harwich	Horizontal Protection Limit:	25.0
ID (0-1023):	100	HPL Observation Interval:	10
Latitude:	51.945755040	Max ASF Correction:	2.046
Longitude:	1.285615710		
Correction Update:	30		
Correction Priority:	1		

Differential eLoran Almanac				
	eLoran ID1	Nominal ASF	eLoran ID2	Nominal ASF
Correction Set 0:	<input checked="" type="checkbox"/> 6731M	0.590	<input checked="" type="checkbox"/> 6731X	2.530
Correction Set 1:	<input checked="" type="checkbox"/> 6731Y	1.500	<input checked="" type="checkbox"/> 6731Z	0.080
Correction Set 2:	<input checked="" type="checkbox"/> 7499M	0.080	<input checked="" type="checkbox"/> 7499X	0.590
Correction Set 3:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Correction Set 4:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Correction Set 5:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	


```

$PRLK,DIFFELORANMONPARAMA,1,0,Harwich,100,51.945755040,1.285615710,30,1,25.0,10,2.046
$PRLK,REFSTAA,1,0,Harwich,100,51.945755040,1.285615710,6731M,0.590,6731X,2.530,6731Y,1.500,6731Z,0.080,7499M,0.080,7499X,0.590
$PRLK,ASFMAPA,1,0,ASFMAP_REFSTATION_Harwich,1,2,NoDate,ASFMAP_Generated_By_Rx
$PRLK,ASFMAPA,1,0,ASFMAP_REFSTATION_Harwich,2,2,2000200020002000*2E
    
```

Imagen 9.8 Vista del submenú de configuración de la aplicación de la estación [23]

Esta forma permite la configuración del motor LORADD en la solicitud de parámetros de generación de corrección y consta de los siguientes campos:

Estación de referencia		
Campo	Predeterminado	Descripción
Nombre de la estación		Nombre alfanumérico (sin espacios)
ID Estación de Referencia		Única ID entre 0 y 1023
Latitud		en grados, décimas de grados
Longitud		en grados, décimas de grados
Actualización de Correcciones	30	Intervalo en segundos antes de que un nuevo conjunto de correcciones se emite
Prioridad de la Corrección	1	Cantidad de mensajes Eurofix que dejó procesar antes del mensaje de corrección diferencial (0 es la difusión inmediata)

Tabla 9.3 Parámetros de generación de corrección. [23]

La posición de la estación de referencia tiene que ser objeto de reconocimiento dentro de la precisión.

Almanaque Diferencial eLoran		
Campo	Predeterminado	Descripción
eLoran ID		En XXXXC formato eLoran con XXXX del GRI 4 dígitos y C el indicador de la estación (M, X, Y, Z)

Valor nominal ASF		valor nominal ASF en microseg. en la ubicación de la Estación de Referencia. Las correcciones se calcularán con respecto a este valor
-------------------	--	---

Tabla 9.4 Formato del Almanaque Diferencial eLoran.[23]

Las correcciones diferenciales eLORAN se transmiten en grupos de 2 correcciones cada uno. En caso de que el operador quiere desactivar el uso de una determinada estación de Loran, el contenido del mensaje Eurofix para esa estación se puede establecer en "No usar" deshabilitando la casilla de verificación antes que el campo Loran ID. [23]

Supervisión de Integridad Diferencial eLoran		
Campo	Predeterminado	Descripción
Límite de protección horizontal	25	en metros
Intervalo de observación HPL	10	en segundos
Máxima Corrección ASF	2046	Valor máximo permitido corrección ASF que se emitirá. El formato de datos permite correcciones entre -2.046 y 2.046 ms.

Tabla 9.5 Supervisión de Integridad Diferencial eLoran [23]

10.4.2. Seguimiento e informes de estado

La aplicación Estación de Referencia eLoran diferencial proporciona herramientas para monitorear el funcionamiento de la estación y del registro de datos. El estado de funcionamiento de la estación de referencia eLoran diferencial es presentado por los LED de estado y se repite en una forma de estado, como se muestra a continuación. Además, el estado de la Supervisión de errores de la posición horizontal se presenta

también. En caso de que la estación se identifica un problema con el reloj de rubidio, la recepción de datos eLoran, la generación de corrección diferencial, la comunicación con la Estación de Referencia Eurofix o un error de posición horizontal se producen una alarma. [23]

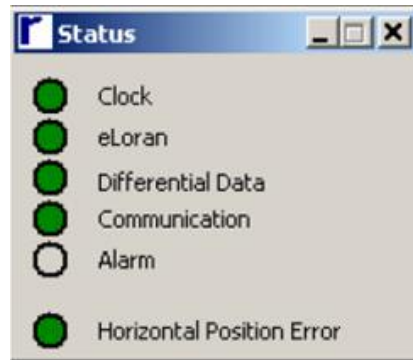


Imagen 9.9 Submenú de Supervisión/Informe de estado [23]

10.4.3. Solución de problemas

Esta sección dará pautas para la solución de problemas en forma de guía de "preguntas frecuentes".

Con el fin de solucionar problemas, asegúrese de que todas las conexiones se han realizado correctamente y la aplicación Estación de Referencia eLoran diferencial se está ejecutando.

Preguntas relacionadas con el funcionamiento de la estación.

- P1: La estación no se ilumina ningún LED.
- R1:
 - Compruebe si el cable de alimentación está correctamente conectado, la entrada es de 100-240 V 50/60 Hz red.

- Compruebe si el fusible en la parte posterior del conector de alimentación está roto.
 - Si la alimentación está conectada y el interruptor está activado, el LED de alimentación debe estar iluminado.
- P2: La estación está encendida y el LED de alimentación está encendido. Sin embargo, el reloj del LED está apagado.
 - R2: El reloj es disciplinado por el receptor Motorola MT12 GPS. Si el LED del reloj está apagada es muy probable que no obtenga ningún dato GPS válido.
 - Compruebe si la estación emite mensajes PTNTA y verifique cual es su estado.
 - Compruebe si la antena GPS y el cable están correctamente instalados, con una visión clara en el cielo.
 - Ver el estado del receptor GPS a través del programa WinOnCore y de paso a través del puerto COM, el del programa para el receptor LORADD.
 - Utilice el software WinOnCore y manual del receptor Motorola para solucionar el Receptor GPS.
 - P3: La estación está encendida y el LED de alimentación está encendido. Sin embargo, el LED eLoran permanece apagado.
 - R3: El LED eLoran se desencadena por la disponibilidad de una buena solución de la posición eLoran.
 - Verificar que el diferencial comunica la aplicación Estación de Referencia eLoran con el motor LORADD, supervisando la comunicación serial LORADD.

- En caso de que no hay comunicación con el LORADD, abrir la fuente de datos y conectar el COM3 a 115200 baudios.
 - Abrir la ventana de registro de TOA y verifique que el receptor esté rastreando estaciones.
 - Verifique que las estaciones están debidamente identificadas (último dígito de la bandera es 0).
 - En caso de que el receptor no registra suficientes estaciones, verificar la instalación de la antena y el cable.
 - Restablecer el receptor LORADD emitiendo el comando RESET o presione
Configurar el botón Estación de Referencia.
- P4: La estación está activada, los LED del reloj y eLoran están encendidos, pero la estación no calcula las correcciones diferenciales.

 - R4:
 - Abra la ventana de configuración eLoran diferencial.
 - Verifique la configuración.
 - Pulse el botón de Configurar la estación de referencia, que se restablecerá y reinicializar la estación.
 - Si la estación no se inicia para calcular las correcciones tras el reinicio, abra la ventana de registro CDARC.
 - Verifique que el receptor rastrea correctamente las estaciones Loran con SNR superior a 5 dB.
 - Verifique que el receptor rastrea correctamente la señal Simulator (7823M) con SNR por encima de 10 dB.
 - Abrir la pestaña TOA y del monitor de correcciones diferenciales y seleccione Vista de TOA.
 - Compruebe que las pistas sean horizontales y la estadística es buena (< 15 ns Std).

- P5: La estación está encendido, el LED de Comunicación está apagado.
- R5: La estación de referencia eLoran diferencial no se comunica con la estación de referencia Eurofix.
 - Compruebe que el cable LAN está conectado y que la estación tiene acceso a Internet. Utilice la ventana de comandos y el comando de DOS “ping”.
 - Verifique que la conexión OpenVPN está activo. Si no, reinicie el programa OpenVPN.
 - Abrir la ventana de la fuente de datos y verificar el estado de la conexión. Presione el botón conectar si esta desconectada.
 - Verifique que la reconexión automática está marcada.
 - Si la estación tiene comunicación con la Estación de Referencia Eurofix la RSIM, Supervisar que la ventana muestre “\$ messages PRCM” en intervalos regulares.
- P6: La estación está encendida y funciona correctamente. El estado de error de la posición horizontal da una alarma.
- R6 :
 - Abra la ventana diferencial eLoran Monitor de posición.
 - Verificar umbral HPL no esté muy apretado (> 10m).
 - Verifique que el diagrama de dispersión se actualiza con nueva información de la posición de cada 5 segundos.
 - Verifique que el modo de datos actual es "diferencial".
 - Abrir la pestaña TOA y del monitor de correcciones diferenciales y seleccione Vista de TOA.
 - Compruebe que las pistas sean horizontales y la estadística es buena (<15 ns Std) [23]

11. Equipos de interferencia



Imagen 10.1 Equipo de interferencia GPS para coche [24]

- Características principales:
 - Aislamiento de ancho de banda de la señal: GPS 1500MHz-1600MHz).
 - Dispone de único un botón (encendido).
 - Cobertura típica: 2 ~ 10 Metros Cuadrados (dependen de la intensidad de la señal local).
 - Antena de alta ganancia extraíble.
 - Dimensiones: 105 x 70 x 30mm.
 - Voltaje de funcionamiento: 12V DC

Nota: Este bloqueador GPS se ajusta para pequeño vehículo solamente, no se recomienda vehículos grandes como camiones. Por favor, conecte el bloqueador GPS a la toma del encendedor del coche después de encender el motor. Si su antena GPS se instala fuera del coche, entonces no va a funcionar. Sólo funciona en los de la antena GPS en el interior del coche. [24]



Imagen 10.2 Equipo de interferencia GPS de 100W [25]

- Características principales:
 - Inhibidor GPS de 100W que alcanza una distancia de 500 ~ 1000M.
 - Simplemente se conecta a la toma corriente y se activa el bloqueo de inmediato todo tipo de seguimiento y dispositivos de navegación.
 - Evitará los registradores GPS y dispositivos GPS/GSM que obtienen las posiciones GPS de los satélites.
 - Alcance efectivo: hasta 500 ~ 1000 metros.
 - Energía de entrada: 110-240V.
 - Intensidad de la señal de salida: 100W.
 - Sistema: Todos los sistemas de todo el mundo.
 - Fuente de señal: Sintetizado.
 - Temperatura de funcionamiento: -10C a +50 C.
 - Humedad: 5% a 80%. [25]



Imagen 10.3 Equipo de interferencia GPS JAMM 6 [26]

El JAMM 6 es un equipo de uso militar especialmente diseñado con un sistema de interferencia de banda ancha totalmente integrado. JAMM 6 interfiere continua y simultáneamente las frecuencias de 20MHz a 6000MHz, que los terroristas están utilizando para detonar bombas borde de la carretera.

Está centrado en las necesidades militares o especiales de un gobierno. La potencia de salida es 500W el rango efectivo bloqueo puede ser de hasta 500 a 800 metros. El sistema está alojado racks de 19 " y montado en un módulo portátil.

- Especificaciones.
 - Alcance efectivo: 300 a 800 metros.
 - Frecuencia de TX: 25 - 5800MHz.
 - Interferencia simultanea de hasta 5 bandas de frecuencia seleccionadas.

- Interfiere: GSM TDMA IDEN UMTS 3G GPS WiFi WIMAX.
- Thuraya , Iridium.
- Antena Omni- dreicrectional: 9 dBi.
- Indicación en pantalla LCD de cada potencia de salida y banda de frecuencia.
- Cada módulo con función potencia ajustable, puede cambiar la tecla para cambiar el nivel de potencia de salida (30 -50- 60W).
- De peso ligero del caso, el peso de dispositivo hasta 40Kg. [26]



Imagen 10.4 Equipo de interferencia GPS para artificieros DZ101H -1000W [27]

- Descripción del Producto:

- El EOD (Explosive Ordinance Disposal) es un equipo utilizado por las unidades de desactivación de explosivos tanto civiles como militares/gubernamentales. El despliegue de una bomba de interferencia portátil protege la vida de la brigada de explosivos, así

como la propiedad (y tal vez vidas) de los demás evitando la posibilidad de una detonación por control remoto.

-

- Especificaciones técnicas:
 - Potencia de salida: 1000 Watts.
 - Rango de interferencia: 50m 1000m (Basado en -70 dBm de intensidad de la señal).
 - Fuente de alimentación: 220V AC / 27V DC.
 - Antena: Externa Antena omnidireccional.
 - Bandas de frecuencia que interfiere: 1. 20- 88MHz, 2. 136- 174MHz, 3. 300 -470MHz, 4. CDMA800 851-894MHz, 5. GSM900 925-960MHz, 6. DCS1800 1805- 1880MHz, 7. PCS1900 1930-1990MHz, 8. 3G2100 2100- 2170MHz, 9. GPS 1575MHz, 10. WiFi 2400- 2500MHz.
 - Potencia de salida de ajuste por banda hasta 100W.
 - Dimensiones: 595 X 400 X505mm.
 - Peso: 65kgs.
 - Temperatura de funcionamiento: -10 - + 65.
 - Humedad : 5 % - 80 % [27]

Conclusiones

El sistema eLoran, pese a sus múltiples ventajas frente al GPS como su mayor precisión y menor coste, su capacidad para ofrecer señal de posicionamiento donde no puede llegar GPS y su probada resistencia frente a las interferencias, solo se plantea como respaldo del GPS por la irrupción en el mercado de equipos de interferencia que cualquiera puede comprar, incluso los dispositivos militares y para artificieros vistos en el punto 11.

En el caso de la Unión Europea, se ha visto un gran interés en el desarrollo de este sistema, proponiendo su propia versión de protocolo de comunicación (Eurofix). Se han llevado a cabo reuniones de alto nivel y muchos países han dado su respaldo, unos adaptando sus viejos Loran-C (Francia, Gran Bretaña, Noruega, Arabia Saudí, etc.), otros adaptando sus propios sistemas (Chayka) al protocolo Eurofix y otros mediante contratos de servicio con otros países (casos de los sistemas franceses y alemanes con acuerdos con sus vecinos). En el caso concreto de los ingleses, han llegado a proponer a la OMI que el Eloran sea obligatorio en los buques. Supongo que la duda entonces era escoger el protocolo a seguir, pero como los americanos le han dado la espalda a su propio sistema (ellos lo crearon), el protocolo de noveno pulso ya ha pasado a la historia.

En el caso americano, lamentablemente han decidido acabar con el sistema. En mi opinión, se trata de una vieja aspiración de la Guardia Costera que ya venía avisando desde los 90 del siglo pasado; creo que, una vez operativa la red GPS, querían dedicar esa partida presupuestaria para otros fines. Incluso propusieron al Congreso que se ocupase otra agencia, pero fue rechazada. Creo que el Departamento de Seguridad Nacional, del que depende la Guardia Costera, omitió información sobre la necesidad de mantener el sistema operativo ignorando a todos los expertos de DOT, FAA, los fabricantes de equipos, y la propia ILA y que el cierre del Loran se debe exclusivamente a cuestiones presupuestarias, porque el Presidente Obama, al anunciar el apagado de la señal, hizo referencia a lo obsoleto del sistema.

Aparentemente, no tuvo en cuenta las millonarias inversiones que el Congreso de su país había dedicado a renovar y actualizar el sistema. Del viejo y obsoleto sistema Loran de la segunda guerra mundial no quedaba nada, todas las estaciones (salvo 4 en Alaska) estaban actualizadas en el 2006. Espero que no hayan dinamitado las torres como pedía la Guardia Costera, porque tarde o temprano se darán cuenta del error y resulta mucho más caro instalar nuevo.

De momento, no hay ninguna forma práctica para eliminar completamente la interferencia GPS, pero se pueden tomar medidas para reducirlas y en este caso, el sistema eLoran es el mejor aliado del GPS, existiendo equipos capaces de operar con ambas señales.

Conclusions

The eLoran system, despite its many advantages over GPS as its greater precision, lower cost, its availability to provide positioning signal where GPS can not reach and proven resistance to interference, it is considered only as a backup for GPS. Then the entry into the market of jamming equipment that anyone can buy, and even the military equipments and for bomb fighters seen in chapter 11 are the reason for adopting the eLoran system as a means to control the GPS interferences.

The European Union has always been interested in the development of this system, proposing their own version of the communication protocol (Eurofix). They have held high-level meetings to which many countries have endorsed, adapting their old Loran-C (France, Britain, Norway, Saudi Arabia, etc..). While some countries have adapted their own systems (Chayka) to the Eurofix protocol, others have done it through service contracts with other countries (cases of French and German systems agreements with its neighbours). In the case of the English, have come to propose to the IMO that eLoran compulsory on ships. I guess the question then was to choose the protocol to follow, but as the americans have turned their backs on their own system , the ninth pulse protocol has already passed into history.

In the American case, they have unfortunately decided to eliminate the system. In my opinion, this is an old aspiration of the Coast Guard which had already been warning since the 90s of last century; once operational GPS network is operative, they wanted to dedicate this budget to other purposes. Even the Coast Guard had proposed to the Congress to occupy another agency for eLoran, but it was rejected. I think the Department of Homeland Security, which oversees the Coast Guard, omitted information about the need to maintain the operating system, while ignoring the experts DOT, FAA, equipment manufacturers, and the IALA itself. The closure of Loran is solely due to budget issues, because President Obama, in announcing the shutdown signal, referred to an outdated system. Apparently, he did not take into consideration the huge investments that Congress had dedicated in his country to renew and upgrade the system. E-Loran system has nothing left of old and obsolete Loran system WWII, all stations (except 4 in Alaska) were updated in 2006. I do hope that the EE.UU. do not blow the towers as requested by the Coast Guard, because sooner or later they will realize that is an error and is much more expensive to install it again.

Nowadays, there is no practical way to completely remove the GPS interference, but some steps can be taken to reduce these interferences. In this case, the eLoran system is the best ally of GPS, existing equipments capable for operating with both signals.

Glosario de términos

3G	Third Generation
AIS	Automatic Identification System
ASF	Additional Secondary Factor
AtoN	Aid to Navigation
CDMA	Code Division Multiple Access
CIL	Commissioners of Irish Lights
CWI	Carrier Wave Interference
DCF-77	German 77 kHz timing service
DfT UK	Department for Transport
DGPS	Differential GPS
DHS US	Department of Homeland Security
DoT US	Department of Transport
DTI UK	Department of Trade and Industry
DWT	Dead Weight Tonne
e-ANSI	Electronic Aids to Navigation Service Information
EC	European Commission
ECD	Envelope to Cycle Differences
ECDIS	Electronic Chart Display Information System
eLORAN	Enhanced LORAN
EMRF	European Maritime Radionavigation Forum
ERNP	European Radionavigation Plan
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	European Union
FAA	Federal Aviation Administration
FERNS	Far East Radionavigation System
FRP	Federal Radionavigation Plan
GLA	General Lighthouse Authority
GLF	General Lighthouse Fund
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System

GRI	Group Repetition Interval
GSM	Global System for Mobile Communications
HEA	Harbour Entrance and Approach
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
ID	Identity
IEC	International Electrotechnical Commission
IHO	International Hydrographic Organisation
IMO	International Maritime Organisation
ITU	International Telecommunication Union
JIT	Just In Time
LORAN	Long Range Navigation
MAC	Measurement Advisory Committee
MSF	UK 60 kHz Timing Service
NELS	Northwest European LORAN System
NLB	Northern Lighthouse Board
NPA	Aviation Non Precision Approach
NPL	National Physical Laboratory
NTP	Network Time Protocol
OBU	On Board Unit
OCXO	Quartz (clock)
OOT	Out Of Tolerance
PNT	Position Navigation and Time
PPS	Pulse Per Second
PRC	Primary Reference Clock
RACON	Radar Beacon
Rb	Rubidium
RAIL	Remote Automated Integrated Loran
RNAV	Radionavigation
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Service
RUC	Road User Charging
SAM	System Area Monitor
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SOLAS	Safety of Life at Sea

SID	Sudden Ionospheric Disturbance
SONET	Synchronous Optical Network
SSX	Solid State Transmitters
TCS	Transmitter Control Subsystem
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
TFE	Timing and Frequency Equipment
TH	Trinity House
ToT	Time of Transmission
UK	United Kingdom
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
US	United States of America
USCG	US Coast Guard
UTC	Cordinated Universal Time
VAT	Value Added Tax
VHF	Very High Frequency
VLf	Very Low Frequency
VTS	Vessel Traffic Service
WWNWS	World-Wide Navigational Warning Service
WWRNS	World-Wide Radionavigation System
WWVB	US 60 kHz timing service

Bibliografía

- [1] WEBMAR, *Bitácora-Marinos Mercantes-Webmar*; “La Perdida del Argo Merchant”. [on line], 2009, [20-05-14].
<http://www.webmar.com/2009/12/perdida-del-argo-merchant.php>
- [2] C. GARCIA, M.E.; et al, “Sistema de Navegación Hiperbólico de Largo Alcance – LORAN-C”. [on line], [20-05-14],
<http://mecg.es/archivos/AST2%20-%20Bloque2.pdf>
- [3] WIKIPEDIA, “Loran-C”. [on line], [20-05-14].
<http://en.wikipedia.org/wiki/Loran-C>
- [4] NAVIGATION CENTER, *U.S. Department of Homeland Security*, “Loran-C General Information”, [on line], [actualizado en 06-08-12], [23-5-14].
<http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=loranMain>
- [5] UNITED STATES COAST GUARD, *U.S. Department of Homeland Security*, “Marine Safety, Security, Science & Environmental Protection”, [on line], [actualizado en 06-04-14], [20-05-14].
<http://www.uscg.mil/history/marinesafetyindex.asp>
- [6] INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION, “El sistema LORAN C y su desarrollo”. *Comunicaciones eléctricas*, volumen 45 (2), 1970, [Revista on-line], 1970 [27-04-14],
<http://archivodigital.coit.es/uploads/documentos/ec/1964-1970/vol45-1970-02.pdf>
- [7] BASKER, S.; CURRY, C., “Reliable Timing at the Edge?”, *Research & Radionavigation*, [on-line], 2007, [07-05-14],
<http://www.chronos.co.uk/files/pdfs/itsf/2007/21-SallyBaskar.pdf>

- [8] BASKER, S.; et al, "Enhanced Loran (eLoran) Definition Document". *International Loran Association*, [on-line], 2007, [08-04-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/eLoran%20Definition%20Document/eLoran%20Definition%20Document-1.0.pdf>
- [9] HELWIG, A.; et al, "eLoran System Definition and Signal Specification Tutorial". *UrsaNav*, [on-line], 2011, [03-04-14],
<http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/news/UrsaNav%20ILA-40%20eLoran%20System%20Definition%20%26%20Signal%20Specification%20Tutorial.pdf>
- [10] NATIONAL PNT ADVISORY BOARD, "Jamming the Global Positioning System - A National Security Threat: Recent Events and Potential Cures". [on-line], 2011, [03-04-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/Interference%20to%20GPS%20v10%5B1%5D.pdf>
- [11] L., JULIEN; "Un yacht détourné en toute discrétion via de fausses coordonnées GPS". *Numerama*, [on-line], 2013, [18-06-14],
<http://www.numerama.com/magazine/26648-un-yacht-detourne-en-toute-discretion-via-de-fausses-coordonnees-gps.html>
- [12] THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, *Cockrell Scholl of Engineering*, "U.T. Austin Researchers Spoof Superyacht at Sea", [on-line], 2014, [18-06-14], <http://www.engr.utexas.edu/features/superyacht-gps-spoofing#>
- [13] BOND, LANGHORNE, "The Age of Loran". *International Loran Association*, [on-line], 2005, [18-04-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/24TheAgeOfLoranOct2005.pdf>

- [14] BOND, LANGHORNE “Loran 2006 The State of Play” , [on-line], 2006, [20-04-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/25Loran2006-The%20State%20of%20Play.pdf>
- [15] DOHERTY, J. T., “Enhanced Loran (eLoran) History & Need”. *PNT Advisory Committee Meeting*, [on-line], 2009, [12-04-14],
<http://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2009-05/doherty.pdf>
- [16] KEEHNER, L., U.S. Department of Homeland Security; “Statement from DHS Press Secretary Laura Keehner on the Adoption of National Backup System to GPS”, *Homeland Security*, [on-line], 2008, [17-04-14],
http://www.loran.org/ILAArchive/LORAN_FINAL_Release%20191614.pdf
- [17] GENERAL LIGHTHOUSE AUTHORITIES OF THE UNITED KINGDOM AND Ireland, “The Case for eLoran”, *Research and Radionavigation*, [on-line], 2006, [08-05-14],
<http://www.loran.org/news/The%20Case%20for%20eLoran%201.0.pdf>
- [18] CHAPMAN-ANDREWS, P., “Editorial”. *Navigational News*, mayo-junio, [on-line], 2014, [23-06-14],
http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/news/navigation_news_may_june_Lo_Res.pdf
- [19] NAVIGATIONAL NEWS, “Massive GLONASS Outage Follows US eLoran Rethink”. *Navigational News*, mayo-junio, [on-line], 2014, [23-06-14],
http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/news/navigation_news_may_june_Lo_Res.pdf

- [20] LAST, D., “The Navigation of Navigation”. *Navigational News*, mayo-junio, [on-line], 2014, [23-06-14],
http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/news/navigation_news_may_june_Lo_Res.pdf
- [21] SHUE, C., “Resilience has a Name”. *Navigational News*, mayo-junio, [on-line], 2014, [23-06-14],
http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/news/navigation_news_may_june_Lo_Res.pdf
- [22] URSANAV, “UN-151B Low Frequency PNTF&D OEM Module”, *UrsaNav*, [on-line], [03-04-14],
<http://www.ursanav.com/sites/default/files/pdfs/lf-pnt/UN-151B.pdf>
- [23] REELEKTRONIKA, “Differential eLoran Reference Station Installation and operational manual”, *reelektronika*, [on-line], 2007, [13-06-14],
http://www.reelektronika.nl/images/stories/reelektronika_Differential_eLoran_Manual_v1.0.pdf
- [24] CELL-JAMMERS, “GPS Jammers”, [on-line], [27-06-14],
<http://www.cell-jammers.com/gps-jammers.html>
- [25] SHENZHEN C.T.S. TECHNOLOGY CO.,LIMITED, Made-in-China.com, “100W Super GPS Jammer”, [on-line], [27-06-14],
<http://thomasat.en.made-in-china.com/product/dvqJyUZrAxhg/China-100W-Super-GPS-Jammer.html>
- [26] SHENZHEN C.T.S. TECHNOLOGY CO.,LIMITED, Made-in-China.com, “High Power Bomb Jammer”, [on-line], [27-06-14],
<http://www.made-in-china.com/showroom/estchina/product-detailsqJQoefOMjkw/China-High-Power-Bomb-Jammer.html>

- [27] SHENZHEN C.T.S. TECHNOLOGY CO.,LIMITED, Made-in-China.com, “1000W High Power 20-2500 MHz VIP Jammer”, [on-line], [27-06-14], <http://www.made-in-china.com/showroom/alyzhou1021/product-detail/SAmbDIOgRkt/China-1000W-High-Power-20-500MHz-VIP-Jammer-Rcieds-Jammer-Anti-Bomb-Jammer.html>
- [28] BOND, LANGHORNE, “Overview of GPS Interference Issues”, Conference on GPS Interference and Mitigation techniques at John Volpe Center, [on-line], 1998, [05-04-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/07OverviewOfGPSInterferenceIssues.pdf>
- [29] JOHN VOLPE CENTER, “Vulnerability Assesment of the Transportation Infraestructure Relying on the Global Positioning System”. U.S. Department of Transportation, [on-line], 2001, [29-04-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/VolpeVulnerability/GPS%20Vulnerability%20Volpe.pdf>
- [30] BOND, LANGHORNE,“GPS Navigation and the Backup Issue”, Conferencia sobre “The Future of GPS: Commercial Opportunities”, [on-line], 1998, [17-05-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/06GPSNavigationAndTheBackupIssue.pdf>
- [31] BOND, LANGHORNE, “The Coming of Age of Aviation Loran”, Conferencia en Francia para Eurocontrol y FAA, [on-line], 2005, [22-04-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/23ComingOfAgeOfAviationLoran.pdf>

- [32] BOND, LANGHORNE, Correo para Michael Chertoff “RE: LORAN”. International Loran Association, [on-line], [16-04-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LB%20Letters%20July%202006/L%20Bond%20Letter%20to%20Secy%20Chertoff.pdf>
- [33] PARKINGSON, B.; et al, “Independent Assesment Team (IAT) Summary of initial Findings on eLoran”. *Institute for Defense Analyses*, [on-line], 2009, [08-04-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/IAT-Report-Jan09.pdf>
- [34] WILD GOOSE ASSOCIATION, “Facts you should know”. *Wild Goose Association*, [on-line], [23-05-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/WGA%20Facts%20You%20Should%20Know.pdf>
- [35] BOND, LANGHORNE, Correos a Michael Jackson, George Foresman y Stewart Baker “RE: LORAN”, [on-line], 2006, [29-05-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LB%20Letters%20July%202006/LBondJuly06Letters.htm>
- [36] LILLEY, R.; et al, “GPS Backup For Position, Navigation and Timing”. *Federal Aviation Administration*, [on-line], 2006, [21-05-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/GPS%20Backup/GPS-Backup-Released.pdf>
- [37] BOND, LANGHORNE, Convención anual “Global Positioning Sense”. *International Loran Association*, [on-line], 1996, [09-05-14], <http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/02GlobalPositioningSense1996.pdf>

- [38] BOND, LANGHORNE, “The Federal Radionavigational Plan and the FAA Air Traffic Control System of the Future”. *The Department of Transportation*, [on-line], 1998, [23-04-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/04FRPandATCforTheFuture.pdf>
- [39] BOND, LANGHORNE, “Loran and GPS in Aviation”. *The International Civil Aviation Organization*, [on-line], 2000, [26-05-14],
<http://www.loran.org/ILAArchive/LanghorneBondPapers/13LoranAndGPSInNavigation.pdf>