
LORAN

Autor:

Data de publicació: 20-12-2021

Aquest article tracta sobre Loran. No s'ha de confondre amb Loran-C.

L'AN/APN-4 va ser un receptor LORAN aerotransportat utilitzat en la dècada de 1960. Va ser construït en dues parts per coincidir amb el sistema Gee del Regne Unit, i es va poder intercanviar amb Gee en pocs minuts.

LORAN, abreviatura de navegació de llarg abast, va ser un sistema hiperbòlic de radionavegació desenvolupat als Estats Units durant la Segona Guerra Mundial. Era similar al sistema Gee del Regne Unit, però operava a freqüències més baixes per tal de proporcionar un abast millorat de fins a 2.400 km amb una precisió de desenes de quilòmetres. Va ser utilitzat per primera vegada per a combois de vaixells que creuaven l'Oceà Atlàntic, i després per avions de patrulla de llarg abast, però va trobar el seu ús principal en els vaixells i avions que operaven al teatre del Pacífic durant la Segona Guerra Mundial.

LORAN, en la seva forma original, era un sistema car d'implementar, que requeria una pantalla de tub de raigs catòdics (CRT). Aquest ús limitat als militars i als grans usuaris comercials. Els receptors automatitzats van estar disponibles en la dècada de 1950, però la mateixa electrònica millorada també va obrir la possibilitat de nous sistemes amb major precisió. La Marina dels Estats Units va començar el desenvolupament de Loran-B, que oferia precisió de l'ordre d'unes poques desenes de peus, però es va trobar amb problemes tècnics significatius. La Força Aèria dels Estats Units va treballar en un concepte diferent, Cyclan, que la Marina va prendre el relleu com Loran-C, que oferia un abast més llarg que LORAN i una precisió de centenars de peus. La Guàrdia Costanera dels Estats Units es va fer càrrec de les operacions d'ambdós sistemes el 1958.

Malgrat la dramàtica millora del rendiment de Loran-C, LORAN, ara conegut com Loran-A (o "Standard LORAN"), es tornaria molt més popular durant aquest període. Això es va deure en gran part a la gran quantitat d'excedents d'unitats Loran-A alliberades de la Marina, ja que els vaixells i avions van reemplaçar els seus conjunts per Loran-C. La introducció generalitzada de microelectrònica barata durant la dècada de 1960 va fer que els receptors Loran-C caiguessin en el preu dramàticament, i l'ús de Loran-A va començar a disminuir ràpidament. Loran-A va ser desmantellat a partir de la dècada de 1970; va romandre actiu a Amèrica del Nord fins al 1980 i a la resta del món fins al 1985. Una cadena japonesa va romandre en l'aire fins al 9 de maig de 1997, i una cadena xinesa encara estava catalogada com a activa a partir de 2000.

Loran-A utilitzava dues bandes de freqüència, a 1,85 i 1,95 MHz. Aquestes mateixes freqüències van ser utilitzades pels radioaficionats, en la banda de radioaficionat de 160 metres, i els operadors aficionats estaven sota regles estrictes per operar a nivells de potència reduïts per evitar interferències; depenent de la seva ubicació i distància a la costa, els operadors nord-americans estaven limitats a màxims de 200 a 500 watts durant el dia i de 50 a 200 watts a la nit.

?Història?

?Projecte 3?

?En una reunió de l'1 d'octubre de 1940 del Comitè Tècnic del Cos de Senyals de l'Exèrcit dels Estats Units, ??Alfred Loomis, ??president del Comitè de Microones, va proposar la construcció d'un sistema de navegació hiperbòlic. Va predir que aquest sistema podria proporcionar una precisió d'almenys 300 m en un rang de 320 km i un abast màxim de 480-800 km per a avions d'alt vol. Això va conduir a l'especificació "Equip de navegació de precisió per guiar avions", que va ser enviat de nou al Comitè de Microones i es va formar com a "Projecte 3". ?? ??[3]??[b]?? ?? Les comandes de sistemes inicials es van enviar en una reunió de seguiment el 20 de desembre de 1940. ??Edward George Bowen, ??desenvolupador dels primers sistemes de ??radar aerotransportats, ??també va estar a la reunió del 20 de desembre. Va declarar que era conscient d'un treball similar al Regne Unit, però no en sabia prou per oferir cap suggeriment. ?? ??[4]?? ?

?El projecte 3 es va traslladar al recentment format Grup de Navegació del Laboratori de ??Radiació??el 1941. ?? ??[5]?? ?? Els primers sistemes operaven al voltant de 30 MHz, però més tard es va decidir provar experiments amb diferents equips que es podien sintonitzar de 3 a 8 MHz. ??[5]?? ?? Es va trobar que aquests sistemes de freqüència més baixa eren molt més estables electrònicament. Després de considerar per primera vegada establir transmissors en pics de muntanya, l'equip es va establir en dues estacions abandonades de la Guàrdia Costanera a ??Montauk Point, ??Nova York, i ??Fenwick Island, Delaware.?? ?? ??[6]?? ?? A l'extrem receptor, un ??vagó de l'estació?? va ser equipat amb un simple receptor i enviat per tot el país a la recerca de senyals sòlids, que es van trobar tan lluny com ??Springfield, Missouri.?? ?? ??[5]?? ?

?Per a un sistema de producció, l'equip va començar a treballar amb un sistema utilitzant una pantalla circular ??d'abast J?? per millorar la precisió. L'abast A més comú representa distàncies a través del diàmetre del tub, mentre que l'abast J presenta això com l'angle al voltant de la cara del tub de ??raigs catòdics.?? ?? ??[7]?? ?? Això augmenta la quantitat d'espai a l'escala en un factor de ? per a qualsevol mida de visualització donada, millorant la precisió. Tot i utilitzar l'abast J, i adoptar el canvi de freqüència més baix per a més estabilitat, l'equip va trobar mesures precises del rang bastant difícils. En aquell moment, el procediment per generar polsos aguts de senyals estava en la seva infància, i els seus senyals es van estendre considerablement en el temps, cosa que dificultava les mesures. ?? ??[3]?? ?

?En aquest moment, l'equip havia notícies dels esforços de ??Gee?? del Regne Unit, i eren conscients que Gee utilitzava un sistema de ??strokes?? generats electrònicament que produïen pips a la pantalla que estaven alineats amb precisió amb el temps del sistema. Van enviar un equip al Regne Unit per aprendre sobre el concepte estroboscòpic, i immediatament el van adoptar per al seu treball. Com a part d'aquest intercanvi, l'equip del Projecte 3 també va trobar que Gee era gairebé idèntic al seu propi sistema en concepte i rendiment desitjat. A diferència del seu sistema, Gee havia completat en gran mesura el desenvolupament i estava procedint a la producció. Es va prendre la decisió d'abandonar els esforços ??actuals, [8]?? ?? utilitzar Gee en els seus propis avions i tornar a desenvolupar el seu sistema per al paper de llarg abast. ?? ??[9]?? ?

LORAN

?AN/APN-4 LORAN en avions RCAF Canso (PBY).?

?La decisió de canviar al paper de llarg abast significava que no era necessària l'alta precisió del sistema Gee, cosa que va reduir considerablement la necessitat d'abordar els problemes de temps. Aquest canvi de propòsit també exigia l'ús de freqüències encara més baixes, que podrien reflectir-se fora de la ??ionosfera?? a la nit i així proporcionar un funcionament sobre l'horitzó. Inicialment es van seleccionar dues bandes de freqüència, 1,85 i 1,95 MHz per a ús nocturn (160 metres), i 7,5 MHz (40 metres). Els 7,5 MHz, etiquetats com a "HF" en els primers receptors, mai es van

utilitzar operacionalment. ?? ??[9]?? ?

?A mitjans de 1942, ??Robert Dippy,??el desenvolupador principal del sistema Gee a l'Establiment ??d'Investigació de Telecomunicacions?? (TRE) al Regne Unit, va ser enviat als Estats Units durant vuit mesos per ajudar amb el desenvolupament de LORAN. En aquell moment el projecte estava sent impulsat principalment pel capità Harding de la Marina dels Estats Units, i es concentraven completament en un sistema de vaixells. Dippy els va convèncer que una versió aerotransportada era definitivament possible, el que va portar a cert interès per part de la ??Força Aèria de l'Exèrcit dels Estats Units.?? La Marina no estava satisfeta amb aquest gir dels esdeveniments. Dippy també va instituir una sèrie de canvis senzills que resultarien extremadament útils en la pràctica. Entre aquests, va exigir obertament que els receptors LORAN aerotransportats es construïssin físicament similars als receptors Gee, de manera que poguessin ser canviats en servei simplement substituint la unitat receptora. Això resultaria extremadament útil; ??Els?? avions del Comandament de Transport de la RAF podien canviar els seus receptors quan es movien cap a o des del teatre ??australià.?? Dippy també va dissenyar l'equip de cronometratge de l'estació terrestre. ?? ??[9]?? ?

?Va ser en aquesta època quan el projecte es va unir tant a la Guàrdia Costanera dels Estats Units com a la ??Royal Canadian Navy.?? El projecte encara era secret en aquest moment, i es va compartir poca informació real, especialment amb la Guàrdia Costanera. ?? ??[10]?? ?? Es requeria l'enllaç canadenc, ja que la col·litació ideal per a les estacions requeriria diverses estacions en diversos llocs de les ??províncies marítimes canadenques.?? Un lloc a ??Nova Escòcia?? va resultar ser una batalla; el lloc era propietat d'un pescador la dona dominant del qual ??era teetotaler,?? que estava morta, en contra de tenir res a veure amb els homes pecadors de la Marina. Quan el comitè de selecció del lloc de J.A. Waldschmitt i el tinent cdmr Argyle estaven discutint l'assumpte amb el marit, va arribar un tercer visitant i va oferir als homes cigarrets. S'hi van negar i l'amfitriona els va preguntar si bevien. Quan van dir que no, la terra es va assegurar ràpidament. ?? ??[11]?? ?

?LORAN aviat estava a punt per al desplegament, i la primera cadena es va posar en marxa el juny de 1942 a Montauk i Fenwick. Això es va unir poc després per dues estacions a ??Terranova,??a ??Bonavista?? i ??Battle Harbour,??i després per dues estacions a Nova Escòcia, a ??Baccaro?? i Deming Island. ?? ??[12]?? ?? Es van instal·lar estacions addicionals al llarg de la costa est dels Estats Units i canadà fins a l'octubre, i el sistema va ser declarat operatiu a principis de 1943. A finals d'aquest any s'havien instal·lat estacions addicionals a ??Groenlàndia,?? ??Islàndia,?? ??les illes Fèroe?? i les ??Hèbrides,??oferint cobertura contínua a través de l'Atlàntic Nord. ??El Comandament Costaner de la RAF?? tenia una altra estació instal·lada a ??Shetland,??oferint cobertura sobre Noruega, un important terreny d'escenificació per als submarins alemanys i els vaixells capitals. ?? ??[9]?? ?

?Expansió?

?Les enormes distàncies i la manca de punts de navegació útils a ??l'oceà Pacífic?? van portar a un ús generalitzat de LORAN tant per a vaixells com per a avions durant la ??Guerra del Pacífic.?? En particular, la precisió oferta per LORAN va permetre als avions reduir la quantitat de combustible addicional que d'una altra manera haurien de portar per assegurar-se que podrien trobar la seva base després d'una llarga missió. Aquesta reducció de la càrrega de combustible va permetre augmentar la càrrega de la bomba. Al final de la ??Segona Guerra Mundial?? hi havia 72 estacions LORAN, amb més de 75.000 receptors en ús. ?? ??[9]?? ?

?Es van afegir cadenes addicionals al Pacífic en l'era de la postguerra. Un impuls en la construcció va seguir a l'obertura de la Guerra de ??Corea,??incloent noves cadenes al Japó i una a ??Busan,??Corea. Les cadenes també es van instal·lar a la Xina, abans del final final de la ??Revolució Comunista Xinesa,??i aquestes estacions van romandre en l'aire almenys fins a la dècada de 1990. Una última gran expansió va tenir lloc a Portugal i les Açores el 1965, oferint cobertura addicional a l'Atlàntic mitjà. ?? ??[2]?? ?

SS LORAN

?Durant els primers experiments amb les ones celestes de LORAN, Jack Pierce es va adonar que a la nit la capa reflectant de la ionosfera era bastant estable. Això va portar a la possibilitat que dues estacions LORAN poguessin ser sincronitzades utilitzant senyals d'ones de cel, almenys a la nit, permetent separar-les a distàncies molt més grans. La precisió d'un sistema hiperbòlic és una funció de la distància de línia de base, de manera que si les estacions es poguessin distribuir, el sistema es tornaria més precís, de manera que es necessitarien menys estacions per a qualsevol tasca de navegació desitjada. ?? ??[13]?? ?

?Un sistema de proves es va intentar per primera vegada el 10 d'abril de 1943 entre les estacions LORAN a Fenwick i Bonavista, a 1.800 km de distància. Aquesta prova va demostrar una precisió d'1/2 milla, significativament millor del loran normal. Això va conduir a una segona ronda de proves a finals de 1943, aquesta vegada utilitzant quatre estacions, Montauk, ??East Brewster, Massachusetts,?? ??Gooseberry Falls, Missouri,??i ??Key West, Florida.?? Els vols d'avaluació extensius van revelar un error mitjà d'1-2 milles (1,6-3,2 km). ?? ??[14]??[13]?? ?

El mode d'operació nocturn era un ajust perfecte per al Comandament de Bombarbers de la RAF. Les quatre estacions de prova van ser desmantellades i enviades a través de l'Atlàntic, i instal·lades per formar dues cadenes, Aberdeen-Bizerta, i Oran-Bengasi. Conegut com Skywave-Synchronized LORAN, el sistema proporcionava cobertura en qualsevol lloc al sud d'Escòcia i tan a l'est com Polònia amb una precisió mitjana d'una milla. El sistema va ser utilitzat operativament a l'octubre de 1944, i el 1945 es va instal·lar universalment en el Grup 5 de la RAF.

El mateix concepte bàsic també va ser provat després de la guerra per la Guàrdia Costanera en un sistema conegut com "Skywave Long Baseline LORAN". L'única diferència va ser la selecció de diferents freqüències, 10.585 MHz durant el dia, i a 2 MHz a la nit. Les proves inicials es van dur a terme al maig de 1944 entre Chatham (Massachusetts) i Fernandina (Florida), i un segon set entre Hobe Sound, Florida, i Point Chinato, Puerto Rico, entre desembre i gener de 1945-46. El sistema no es va posar en funcionament, a causa de la manca d'assignacions de freqüència adequades.

Loran-B i C?

Article principal: Loran-C?

LORAN era un sistema senzill que comparava els temps d'arribada dels polsos per fer una mesura. Idealment, els blips rectangulars perfectament formats es mostrarien al CRT, la vora davantera del qual es podria comparar amb un alt grau de precisió. A la pràctica, els transmissors no es poden encendre i apagar a l'instant, i a causa d'una varietat de factors, els blips resultants s'estenen en el temps, formant un "sobre". La nitidesa de l'embolcall és una funció de la freqüència, el que significa que els sistemes de menor freqüència com LORAN sempre tindran sobres més llargs amb punts d'inici i parada menys ben definits, i per tant generalment tenen menys precisió que els sistemes de freqüència més alta com Gee.

Hi ha una manera completament diferent d'aconseguir la mateixa mesura de temps, no comparant el temps dels sobres de pols, sinó cronometrant la "fase" dels senyals. Això és en realitat bastant fàcil de realitzar utilitzant electrònica simple i es pot mostrar directament utilitzant un simple punter mecànic. El truc d'aquest sistema és assegurar que les estacions primàries i secundàries siguin coherents amb fase, una proposició complexa durant la Segona Guerra Mundial. Però aïllant les parts cares del sistema en les poques estacions de difusió, el Sistema de Navegació Decca que utilitzava aquesta tècnica va entrar en actiu el 1944, oferint una precisió similar a Gee, però utilitzant pantalles mecàniques de baix cost que també eren molt més fàcils d'utilitzar.

L'inconvenient del sistema de comparació de fases és que no és possible saber a partir d'un senyal d'ona contínua, com el de Decca, quina part del senyal està mesurant. Podríeu comparar la primera forma d'ona d'una estació a la primera d'una altra, però la segona forma d'ona sembla idèntica i l'operador pot alinear aquestes dues ones. Això condueix a un problema en què l'operador pot generar una mesura precisa, però la solució real podria estar en una àmplia varietat d'ubicacions. Aquestes ubicacions estan separades radialment al voltant de l'estació, el que significa que una solució pot estar dins d'una direcció radial donada o una distància fixa a cada costat. Decca es va referir a aquestes àrees radials com a "carrils", i va utilitzar un sistema mecànic per fer un seguiment del qual es trobava el receptor.

Combinant els dos conceptes, el temps de l'embolcall i la comparació de fases, es podrien eliminar tots dos problemes. Atès que la comparació de fases és generalment més precisa a baixes freqüències a causa dels detalls de l'electrònica, prendre correccions precises es basaria en aquesta tècnica. Però en lloc de transmetre un senyal continu, com en el cas de Decca, el senyal seria en forma de polsos. Aquests s'utilitzarien per fer una solució aproximada utilitzant la mateixa tècnica que Gee o LORAN, identificant positivament el carril. L'únic problema des del punt de vista del desenvolupament seria seleccionar freqüències que permetessin sobres de pols raonablement precisos mentre encara tenien formes d'ona mesurables dins dels polsos, així com desenvolupar pantalles capaces de mostrar tant els polsos en el seu conjunt, com les ones dins d'ells.

Aquests conceptes van conduir a experiments amb LORAN de baixa freqüència el 1945, utilitzant una freqüència molt més baixa de 180 kHz. Es va instal·lar un sistema amb tres transmissors a la costa est dels Estats Units utilitzant llargues antenes suportades per globus. Els experiments van demostrar que la inexactitud inherent al disseny mentre es treballava a freqüències tan baixes era simplement massa gran per ser útil; factors operatius van introduir errors que van desbordar les capacitats. No obstant això, els tres transmissors van ser instal·lats al nord del Canadà i Alaska per a experiments en navegació polar, i van funcionar durant tres anys fins que es van tancar de nou al març de 1950. Aquests experiments van demostrar una precisió de l'ordre de 0,15 microsegons, o uns 50 metres, un gran avanç sobre LORAN. L'abast màxim utilitzable era de 1.600 km sobre terra i 2.400 km al mar. Utilitzant coincidències de cicles, el sistema va demostrar una precisió de 49 m a 1.210 km. Però també es va descobrir que el sistema era molt difícil d'utilitzar i les mesures seguien subjectes a confusió sobre quins cicles

s'igualaven. ?? ??[19]?? ?

?Durant aquest mateix període, la Força Aèria de l'Exèrcit dels Estats Units es va interessar per un sistema de precisió molt alt per bombardejar objectius puntuals. ??Raytheon?? va guanyar un contracte per desenvolupar un sistema anomenat "Cytac", que utilitzava les mateixes tècniques bàsiques que LF LORAN, però incloïa una automatització considerable per manejar el temps internament sense intervenció de l'operador. Això va resultar ser extremadament reeixit, amb proves col·locant l'avió a menys de 10 iardes de l'objectiu. A mesura que la missió va passar de bombardejos tàctics de curt abast a lliurament nuclear sobre el pol, la ??Força Aèria dels Estats Units?? (recentment formada) va perdre l'interès en el concepte. No obstant això, van continuar experimentant amb l'equip després d'adaptar-lo per treballar en freqüències LF LORAN i canviar-li el nom de "Cyclan", reduint la precisió en comparació amb l'original, però proporcionant una precisió raonable en l'ordre d'una milla a distàncies molt més grans. ?? ??[1]?? ?

?La Marina també havia estat experimentant amb un concepte similar durant aquest període, però utilitzant un mètode diferent per extreure el moment. Aquest sistema, més tard conegut com ??Loran-B,?? va tenir problemes significatius (igual que un altre sistema de la Força Aèria, ??Whyn?? i un sistema britànic similar, ??POPI).?? ?? ??[20]?? ?? El 1953 la Marina es va fer càrrec del sistema de les Cíclades i va començar una àmplia sèrie d'estudis que van des del Brasil, demostrant una precisió d'uns 100 metres. El sistema va ser declarat operatiu el 1957, i les operacions de LORAN i Cyclan van ser lliurades a la Guàrdia Costanera dels Estats Units el 1958. ?? ??[17]?? ?? En aquell moment, el LORAN original es va convertir en ??Loran-A[21]?? ?? o ??LORAN?? estàndard,[22]?? ?? i el nou sistema es va convertir en ??Loran-C.?? ?? ??[c]?? ?

?Ús comercial, desmantellament?

?Malgrat l'augment de la precisió i la facilitat d'ús de Loran-C, Loran-A es va mantenir en un ús generalitzat. Això es deu, en gran part, a dos factors importants. Una era que l'electrònica necessària per llegir un senyal Loran-C era complexa, i en l'era de l'electrònica basada en tubs, físicament molt gran, generalment fràgil i cara. A més, a mesura que els vaixells militars i els avions es movien de Loran-A a Loran-C, els receptors més antics es van fer excedents. Aquestes unitats més antigues van ser capturades per pescadors comercials i altres usuaris, mantenint-la en un servei generalitzat. ?? ??[23]?? ?

?Loran-A va continuar millorant a mesura que els receptors eren transistoritzats i després automatitzats utilitzant sistemes basats en ??microcontroladors?? que descodificaven la ubicació directament. A principis de la dècada de 1970, aquestes unitats eren relativament comunes, encara que seguien sent relativament cares en comparació amb dispositius com ??els cercadors de direcció de ràdio.?? La millora de l'electrònica a través d'aquest període va ser tan ràpida que només van passar uns anys abans que les unitats Loran-C de mida i cost similars estiguessin disponibles. Això va portar a la decisió d'obrir Loran-C a l'ús civil el 1974. ?? ??[24]?? ?

?A finals de la dècada de 1970, la Guàrdia Costanera estava enmig de l'eliminació gradual de Loran-A a favor de cadenes loran-C addicionals. Les cadenes Aleutianes i Hawaii van tancar l'1 de juliol de 1979, les cadenes restants d'Alaska i la Costa Oest el 31 de desembre de 1979, seguides pels transmissors Atlàntic i Carib el 31 de desembre de 1980. ?? ??Diverses?? ?? cadenes estrangeres tant al Pacífic com a l'Atlàntic van seguir el seu exemple, i el 1985 la majoria de les cadenes originals ja no estaven operatives. Els sistemes japonesos van romandre en l'aire més temps, fins a 1991, servint a la seva flota pesquera. Els sistemes xinesos van estar actius en la dècada de 1990 abans de la seva substitució per sistemes més moderns, i les seves nou cadenes encara estaven llistades com a actives en el volum 6 (edició de 2000) de la ??Llista de Senyals de Ràdio de l'Almirallat.?? ?

?Operació?

?Una sola pota d'un sistema LORAN es troba al llarg de la "línia de base" de les estacions A a B. En qualsevol punt entre aquestes estacions, un receptor mesurarà una diferència de temps dels dos polsos. Aquest mateix retard es produirà en molts altres llocs al llarg d'una corba hiperbòlica. Un gràfic de navegació que mostra una mostra d'aquestes corbes produeix un gràfic com aquesta imatge.?

¿Concepte bàsic?

¿Article principal: ¿¿Navegació hiperbòlica?

¿Els sistemes de navegació hiperbòlics es poden dividir en dues classes principals, les que calculen la diferència de temps entre dos polsos de ràdio, i les que comparen la diferència de fase entre dos senyals continus. Per il·lustrar el concepte bàsic, aquesta secció només considerarà el mètode de pols. ¿

¿Penseu en dos transmissors de ràdio situats a una distància de 300 quilòmetres l'un de l'altre, el que significa que el senyal de ràdio d'un trigarà 1 ¿¿mil·lisegon?? a arribar a l'altre. Una d'aquestes estacions està equipada amb un rellotge electrònic que periòdicament envia un senyal gallet. Quan s'envia el senyal, aquesta estació, la "primària", envia la seva transmissió. 1 ms més tard aquest senyal arriba a la segona estació, la "secundària". Aquesta estació està equipada amb un receptor, i quan veu arribar el senyal des de la primària, activa el seu propi transmissor. Això assegura que el primari i el secundari enviïn senyals amb precisió a 1 ms de distància, sense que el secundari necessiti un temporitzador precís propi o per sincronitzar el seu rellotge amb el primari. A la pràctica, s'afegeix un temps fix per tenir en compte els retards en l'electrònica del receptor. ¿¿ ¿¿[26]?? ¿

¿Un receptor que escolti aquests senyals i els mostri en un oscil·loscopi veurà una sèrie de "blips" a la pantalla. Mesurant la distància entre ells, es pot calcular el retard entre els dos senyals. Per exemple, un receptor pot mesurar la distància entre els dos blips per representar un retard de 0,5 ms. Això implica que la ¿¿diferència?? en la distància a les dues estacions és de 150 km. Hi ha un nombre infinit de llocs on es podria mesurar aquest retard: 75 km d'una estació i 225 de l'altra, a 150 km de l'una i 300 de l'altra, i així successivament. ¿¿ ¿¿[26]?? ¿

¿Quan es dibuixa en un gràfic, la col·lecció de possibles ubicacions per a qualsevol diferència de temps determinada forma una corba hiperbòlica. La col·lecció de corbes per a tots els retards mesurats possibles forma un conjunt de línies d'irradiació corbades, centrades en la línia entre les dues estacions, coneguda com la "línia de base". ¿¿ ¿¿[26]?? ¿¿ Per tal de prendre una solució, el receptor pren dues mesures basades en dos parells primaris / secundaris diferents. Les interseccions dels dos conjunts de corbes normalment donen lloc a dues possibles ubicacions. Utilitzant alguna altra forma de navegació, ¿¿el càlcul mort,?? per exemple, una d'aquestes possibles posicions pot ser eliminada, proporcionant així una solució exacta. ¿¿ ¿¿[27]?? ¿

¿Estacions LORAN?

¿El senyal d'un únic transmissor LORAN es rebrà diverses vegades des de diverses direccions. Aquesta imatge mostra la feble ona de terra que arriba primer, després senyals després d'un i dos salts de la capa E de la ionosfera, i finalment un i dos salts de la capa F. Es necessitava l'habilitat de l'operador per distingir-los.¿

¿Les estacions LORAN van ser construïdes en cadenes, una primària i dues secundàries (mínimament, algunes cadenes estaven constituïdes de fins a cinc estacions) típicament separades per uns 970 km. Cada parell emetia en una de les quatre freqüències, 1,75, 1,85, 1,9 o 1,95 ¿¿MHz?? (així com els 7,5 MHz no s'han fet servir). ¿¿ ¿¿[d]?? ¿¿ En qualsevol lloc donat era comú poder rebre més de tres estacions alhora, de manera que es necessitaven altres mitjans per identificar les parelles. LORAN va adoptar l'ús de variar la freqüència de ¿¿repetició de polsos?? (PRF) per a aquesta tasca, amb cada estació enviant una cadena de 40 polsos a 33,3 o 25 polsos per segon. ¿¿ ¿¿[9]?? ¿

¿Estació de la torre LORAN a Sand Island a ¿¿l'atol Johnston,??1963?

?Les estacions es van identificar amb un codi simple, amb un número que indica la banda de freqüència, una lletra per a la freqüència de repetició de polsos i un número per a l'estació dins de la cadena. Per exemple, les tres estacions de les illes hawaianes estaven disposades com dos parells 2L 0 i 2L 1. Això indicava que estaven al canal 2 (1,85 MHz), utilitzaven la taxa de repetició "L" ow (25 Hz), i que dues de les estacions estaven a la velocitat de repetició base, mentre que les altres dues (primària i tercera estació) utilitzaven la taxa de repetició 1. ?? ??[28]?? ?? El PRF es podia ajustar de 25 a 25 i 7/16 per Low, i 33 1/3 a 34 1/9th per High. Aquest sistema compartia la torre central, que s'emetia en ambdues freqüències. ?? ??[29]?? ?

?En el cas de Gee, els senyals eren directes des del transmissor fins al receptor, produint un senyal net que era fàcil d'interpretar. Si es mostra en una sola traça CRT, l'operador veuria una cadena de "blips" aguts, primer la primària, després una de les secundàries, la primària de nou, i després l'altra secundària. Els CRTs de Gee van ser construïts per poder mostrar dues traces, i mitjançant l'afinació de diversos circuits de retard, l'operador podria fer que el primer senyal primari-secundari aparegués a la pantalla superior i el segon a la inferior. A continuació, podrien prendre una mesura dels dos retards al mateix temps. ?? ??[9]?? ?

?En comparació, LORAN va ser dissenyat deliberadament per permetre l'ús d'ones de cel, i el senyal rebut resultant era molt més complex. L'ona de terra es va mantenir bastant aguda, però només es podia rebre a distàncies més curtes i es va utilitzar principalment durant el dia. A la nit, fins a trenta ones de cel diferents podrien ser rebudes d'un sol transmissor, sovint superposat en el temps, creant un patró de retorn complex. Atès que el patró depenia de l'atmosfera entre el transmissor i el receptor, el patró rebut era diferent per a les dues estacions. Un podria rebre una ona de cel de dos rebots d'una estació al mateix temps que una ona de tres rebots d'una altra, fent que la interpretació de la pantalla sigui bastant difícil. ?? ??[13]?? ?

?Tot i que LORAN va utilitzar deliberadament la mateixa pantalla que Gee per compartir equips, els senyals eren molt més llargs i complexos que Gee que la mesura directa dels dos senyals simplement no era possible. Fins i tot el senyal inicial de l'estació primària es va estendre a temps amb el senyal inicial d'ona de terra agut (si es rep), mentre que les recepcions d'ones del cel podien aparèixer en qualsevol lloc de la pantalla. En conseqüència, l'operador LORAN va establir els retards de manera que el senyal primari va aparèixer en una traça i la secundària en la segona, permetent comparar els patrons complexos. Això significava que només es podia fer una mesura primària / secundària alhora; per produir una "solució", tot el procediment de mesurament s'havia de repetir per segona vegada utilitzant un conjunt diferent d'estacions. Els temps de mesura de l'ordre de tres a cinc minuts eren típics, requerint que el navegador tinguí en compte el moviment del vehicle durant aquest temps. ?? ??[9]??[30]?? ?

?Mesurament?

?La unitat receptora aerotransportada original era la unitat AN/APN-4 de 1943. Era físicament idèntic al conjunt gee de dues peces del Regne Unit, i es podia intercanviar fàcilment amb aquestes unitats. La unitat principal amb la pantalla també albergava la majoria dels controls. L'operació general va començar seleccionant una de les nou estacions, etiquetades de 0 a 8, i establint la velocitat d'escombrat a 1, la configuració més baixa. A continuació, l'operador utilitzaria els controls d'intensitat i enfocament per ajustar el senyal i proporcionar una pantalla nítida. ?? ??[31]?? ?

?A la velocitat d'escombrada més baixa, el sistema també va produir un senyal local que es va alimentar a la pantalla i va produir un "pedestal" definit bruscament, una forma rectangular que es mostra al llarg de les dues traces. ?? ??[e]?? ?? El senyal amplificat de les estacions també apareixeria a la pantalla, altament comprimit en el temps de manera que es mostrava com una sèrie d'espigues afilades (blips). A mesura que el senyal es repetia, aquests pics van aparèixer moltes vegades a través de l'amplada de la pantalla. Com que la pantalla estava configurada per escombrar a la velocitat de repetició de polsos del parell d'estacions seleccionat, altres estacions de l'àrea, a diferents velocitats de repetició, es mourien a través de la pantalla mentre que la seleccionada romandria estacionària. ?? ??[32]?? ?

?Utilitzant l'interruptor "esquerra-dreta", l'operador movia el pedestal superior fins que un dels pics de senyal se centrava dins d'ell, i després movia el pedestal a la traça inferior per centrar un segon senyal utilitzant controls de retard gruixuts i fins. Un cop fet això, el sistema es va establir per escombrar la velocitat 2, que va accelerar les traces de manera que la secció esbossada pels pedestals omplia tot el rastre. Aquest procés es va repetir a velocitat d'escombrat 3, moment en què només una part seleccionada del senyal era visible a la pantalla. El gir a la velocitat d'escombrat 4 no va canviar el temps, sinó que va superposar els senyals en una sola traça perquè es pogués dur a terme l'afinació final, utilitzant els controls d'equilibri de guany i amplificador. L'objectiu era alinear perfectament les dues traces. ?? ??[33]?? ?

?En aquest punt comença la mesura. L'operador canvia a velocitat d'escombrat 5, que torna a una pantalla amb dues traces separades, amb els senyals invertits i funcionant a una velocitat d'escombrat més baixa de manera que apareguin múltiples repeticions del senyal a les traces. Barrejat en el senyal és una escala electrònica produïda en un generador de base de ??temps, ??fent que una sèrie de petits pips apareguin sobre els senyals originals ara invertits. En

establir 5, els pips en l'escala representen diferències de 10 microsegons, i l'operador mesura la distància entre posicions. Això es repeteix per establir 6 a 50 microsegons, i de nou per establir 7 a 500 microsegons. La diferència mesurada en cadascun d'aquests paràmetres s'afegeix per produir el retard total entre els dos senyals. ?? ??[33]?? ?? Tot aquest procediment es va repetir per a un segon conjunt primari-secundari, sovint el segon conjunt de la mateixa cadena, però no sempre. ?

?Les unitats receptores van millorar molt amb el temps. L'AN/APN-4 va ser ràpidament substituït per l'AN/APN-9 de 1945, una unitat tot en un que combinava el receptor i la visualització de pes molt reduït. ?? ??[2]?? ?

?Rang i precisió?

? Durant el dia, la ionosfera només reflecteix feblement els senyals d'ona curta, i LORAN era utilitzable a 500-700 milles nàutiques (930-1.300 km) utilitzant les ones terrestres. A la nit, aquests senyals van ser suprimits i l'abast va caure a 350-500 milles nàutiques (650-930 km). A la nit, les ones del cel es van convertir en útils per a les mesures, que van estendre l'abast efectiu a 1.200-1.400 milles nàutiques (2.200-2.600 km). ?? ??[30]?? ?

?A llarg termini, les línies hiperbòliques s'aproxien a les línies rectes que irradien des del centre de la línia de base. Quan es consideren dos senyals d'una sola cadena, el patró resultant de línies es torna cada vegada més paral·lel a mesura que la distància de la línia de base es fa més petita en comparació amb l'interval. Així, a distàncies curtes, les línies es creuen en angles propers als 90 graus, i aquest angle es redueix constantment amb el rang. Com que la precisió de la solució depèn de l'angle de pas, tots els sistemes de navegació hiperbòlics es tornen cada vegada més inexactes amb un rang creixent. ?? ??[34]?? ?

¶A més, la complexa sèrie de senyals rebuts va confondre considerablement la lectura del senyal LORAN, requerint una certa interpretació. La precisió era més una qüestió de qualitat del senyal i experiència de l'operador que qualsevol límit fonamental de l'equip o senyals. L'única manera d'expressar la precisió era mesurar-la a la pràctica; La precisió mitjana en la ruta des del Japó fins a Tinian, una distància de 2.300 km, era de 45 km, el 2% de l'abast. ?? ??[2]??

?AT i Mòbil LORAN?

?AT LORAN, per "Air Transportable", era un conjunt de transmissors LORAN lleugers que es podia configurar ràpidament a mesura que es movia la part davantera. Les operacions eren idèntiques a LORAN "normal", però sovint s'assumia que els gràfics no estarien disponibles i haurien d'estar preparats al camp. Loran mòbil era un altre sistema lleuger, muntat en camions. ?? ??[28]?? ?

Notes

^ ?Segons algunes??fonts,? ? això originalment representava "Loomis Navigation System", o LRN, abans de ser ??retornat?? a LORAN.?

^ ?Diverses fonts citen un dels investigadors de LORAN afirmant que l'esforç es coneixia en realitat com a "Projecte C", no 3. No obstant això, altres fonts il·lustren que altres projectes al Rad Lab eren coneguts per nombre, per exemple, l'esforç per desenvolupar un radar aire-aire de microones era el Projecte 1, i un sistema antiaeri terrestre era el Projecte 2. Els "dies del radar" de Bowen, p. 183.?

^ ?Tot i que el nom oficial es va establir des del principi, ??moltes?? referències utilitzen majúscules per a tots aquests sistemes. Això inclou molts documents oficials de la Guàrdia Costanera dels Estats Units.?

^ ?Quatre freqüències figuren en la documentació de la Marina, però gairebé totes les fonts es refereixen a només tres. El membre desaparegut sembla ser 1.75 MHz.?

^ ?La nomenclatura britànica utilitzava "cursor" en lloc de "pedestal".?

?Referències?

?Cites?

^ ?Salta a: ??un? b ?Dickinson, 1959.?

^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ?? ?? ?? ?? ?? ??d?? ?? ?? ? ?Proc 2012.?

^a ?Salta a: ??un? b Blanchard 1991, p. 305.

^ ?Halford, Davidson &Waldschmitt 1948.??p. 19.?

^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ? ?Halford, Davidson &Waldschmitt 1948.??p. 21.?

^ ?Halford, Davidson &Waldschmitt 1948,??pàg.?

^ ?Blanchard 1991,??pàg.?
 ^ ?Halford, Davidson &Waldschmitt 1948,??p. 22.?
 ^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ?? ??d?? ?? ?? ?? ??e?? ?? ?? ?? ??f?? ?? ?? ?? ??g?? ?? ?? ?? ??h?? ?? ?? ? Blanchard 1991, p. 306.
 ^ Parrott 1944, §1, p.1.
 ^ ?Parrott 1944,??§1, p.12.?
 ^ ?Parrott 1944,??§1, pp. 11–12.?
 ^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ? Blanchard 1991, p. 307.
 ^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ? ?Dickinson 1962,??pp. 8–9.?
 ^ ?Blanchard 1991,??pp. 307-308.?
 ^ ?McElroy 2004.?
 ^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ? ?Sand, Dammann & Mensing 2004,??pp. 4–6.?
 ^ ?Salta a: ??un? b ?Pierce 1948,??pp. 433–434.?
 ^ ?Dickinson 1959,??B.1.?
 ^ ?Hefley 1972,??pp. 95–97.?
 ^ ?Helfrick 2012,??pp. 66–67.?
 ^ ?Dickinson 1962,??p. 18.?
 ^ Denny 2012, pp. 214–216.
 ^ ?Peterson 2005,??p. 1854.?
 ^ ?Hollister 1978,??p. 10.?
 ^ ?Salta a: ??un? ? ?? ?? ??b?? ?? ?? ?? ?? ??c?? ?? ?? ? Blanchard 1991, p. 298.
 ^ Blanchard 1991, p. 297.
 ^ ?Salta a: ??un? b ?Cuiner 1945,??p. 134.?
 ^ ?Cuiner 1945,??p. 135.?
 ^ ?Salta a: ??un? b ?Cuiner 1945,??p. 130.?
 ^ ?Cuiner 1945,??p. 137.?
 ^ ?Cooke 1945,??pp. 137–140.?
 ^ ?Salta a: ??un? b ?Cuiner 1945,??p. 140.?
 ^ Haigh 1960, p. 245.

?Bibliografia?

?Blanchard, Walter (setembre de 1991). "Ajudes hiperbòliques de radionavegnaves aerotransportades". ??Diario de la navegación.?? ??44?? (3).?? ?? ?? . ?

? ??Proc 2012?? és una versió modificada d'aquí.?

?Cooke, C.M.; et al. (1945), ??"L'ús tàctic del radar en avions",??Butlletí de ??Radar, N° 2 A,??Washington, DC: Departament? ?Naval.?

?Denny, Mark (2012), ??La ciència de la navegació: del càlcul mort al GPS,??Baltimore: Johns Hopkins University Press, ??ISBN?? ?? ??978-1-4214-0512-4? ??

?Dickinson, William T. (1959), ?? ??Avaluació d'enginyeria del sistema de navegació LORAN-C?? ?? ??(PDF)??, Washington, DC: Jansky & Bailey / Guàrdia Costanera dels EUA?

?Dickinson, William T. (1962), ?? ??El sistema loran-C de navegació?? ?? ??(PDF),??Washington, Dc: Jansky & Bailey?

?Halford, J. H.; Davidson, D.; Waldschmitt, J. A. (1948), ??"Història de LORAN"?? ??(PDF),??a Pierce, J. A.; McKenzie, A. A.; Woodward, R. H. (eds.), ??LORAN: Long Range Navigation,??Nova York: McGraw Hill, pp. 19–51?

?Hefley, Gifford (1972), ?? ??El desenvolupament de la navegació i el temps Loran-C??, NBS Monograph 129, Boulder, CO: U.S. National Bureau of Standards, ??hdl:??2027/mdp.39015006077989??.

?Helfrick, Albert (2012). ??Principis de l'aviònica?? (7a ed.). Leesburg, Va: Comunicacions aviòniques. ??Isbn?? ?? ??978-1-885544-27-8?? ?? ?? . ?

?Hollister, Jane (agost de 1978). "Notícies informatives". ??Navegació.?? ??44?? (2): 10, N4f.?

?McElroy, Gil (2004), ??"Loran-C History",??a Proc, Jerry (ed.), ??Hyperbòlic Radionavigation Systems,??Etobicoke, Ontario??.

?Parrott, D'Arcy Grant (desembre de 1944), "Loran, Vol 1: Early Electronic History", ?? ??The Coast Guard at War, Vol. IV,??Washington, DC: U.S. Coast Guard, arxivat de ??l'original el?? 26 de novembre de 2020?

?Peterson, Benjamin B. (2005), "Sistemes de Navegació Electrònica", a Whitaker, Jerry C. (ed.), ??The Electronics Handbook?? (2a ed.), Taylor & Francis / IEEE Press, pp. 1847–1877, ??ISBN?? ?? ??0-8493-1889-0?? ?

?Pierce, John Alvin (1948), "Ajudes electròniques a la navegació", a Marton, Ladislaus (ed.), ??Avenços en Electrònica i Física Electrònica, Vol. 1??, Nova York: Premsa Acadèmica, pp. 425–451,

doi:10.1016/S0065-2539(08)61098-7, ISBN 978-0-12-014501-4 ?
Proc, Jerry (2012), "Loran-A", *Sistemes de Radionavegació Hiperbòlica*, Etobicoke, Ontario ?
Sorra, Stephan; Dammann, Armin; Mensing, Christian (2004), *Posicionament en sistemes de comunicacions sense fils*, Hoboken: John Wiley & Sons, ISBN 978-1-118-69409-0 ?

Més lectura?

Instruccions de funcionament per RADAR SET AN/APN-9", U.S. Navy, 1944?
"Tècniques operatives de LORAN Skywaves", pel·lícula d'entrenament de la Força Aèria dels Estats Units FTA-356, que mostra el procediment per prendre una solució?

A Wikimedia Commons hi ha contingut multimèdia relatiu a: LORAN?