

Positionsbestämmande system till havs innan GPS-system, är de förlegade?

Av. Simon Abrahamsson



EXAMENSARBETE

Författare: Simon Abrahamsson

Utbildning och ort: Utbildning i sjöfart - Åbo

Inriktningsalternativ/Fördjupning: sjökaptten

Handledare: Tony Karlsson

Titel: Positionsbestämmande system till havs innan GPS-system, är de förlegade?

Datum:

Sidantal:29

Bilagor: -

Abstrakt

Under 1900-talet har navigationen revolutionerats. Två världskrig och elektronikens införande ombord gjorde att navigationshjälpmedlen blev mer exakta och funktionsdugliga än någonsin tidigare. I dagsläget är GPS:en utan tvivel det mest använda positionsbestämningshjälpmedlet, och man kan med hjälp av en modern mobiltelefon få en säker positionsbestämning med en exakthet man tidigare endast kunnat drömma om.

I det här arbetet kommer vi att gå olika positionsbestämmande verktyg som kan eller har kunnat användas till havs, det vill säga utan sikt av land varesig visuellt eller med hjälp av radare, för att se ifall de fortfarande är användbara i dagsläget. Detta kommer att göras genom att gå i genom de olika positionsbestämmande system som har använts tidigare för att i slutligen se vilka system som kan nyttjas än i dagsläget.

Språk: svenska

Nyckelord: Radionavigation, Decca, Loran, Consol

Innehållsförteckning

<u>1Sextanten.....</u>	<u>3</u>
<u>1.1Tillvägagångssätt.....</u>	<u>3</u>
<u>1.2För- och nackdelar</u>	<u>4</u>
<u>1.3I dagsläget.....</u>	<u>4</u>
<u>2Radiopejling.....</u>	<u>4</u>
<u>2.1Historik.....</u>	<u>4</u>
<u>2.2Olika typer av radiofyrar.....</u>	<u>5</u>
<u>2.3Roterande radiofyr.....</u>	<u>6</u>
<u>2.4Consolfyrar.....</u>	<u>6</u>
<u>2.4.1För- och nackdelar med Conssolfyrar.....</u>	<u>7</u>
<u>2.5Felkällor och nackdelar med radiofyrar.....</u>	<u>8</u>
<u>3Hyperbelnavigeringssystem.....</u>	<u>8</u>
<u>3.1Funktion</u>	<u>8</u>
<u>3.2Gee.....</u>	<u>9</u>
<u>3.3Decca</u>	<u>9</u>
<u>3.3.1Funktion</u>	<u>10</u>
<u>3.3.2Utveckling</u>	<u>10</u>
<u>3.3.3För- och nackdelar</u>	<u>12</u>
<u>3.3.4Decca idag.....</u>	<u>13</u>
<u>3.4Hyperfix</u>	<u>13</u>
<u>3.4.1För- och nackdelar</u>	<u>13</u>
<u>3.5Minirangersystemet.....</u>	<u>14</u>
<u>3.5.1För- och nackdelar</u>	<u>14</u>
<u>3.6Syledis.....</u>	<u>14</u>
<u>3.6.1För- och nackdelar</u>	<u>14</u>
<u>3.7Loran C och Chayka.....</u>	<u>14</u>
<u>3.7.1Utveckling.....</u>	<u>15</u>
<u>3.7.2Funktionalitet.....</u>	<u>15</u>
<u>3.7.3För- och nackdelar</u>	<u>17</u>
<u>3.7.4Loran idag.....</u>	<u>17</u>
<u>3.8Omega och Alpha.....</u>	<u>19</u>
<u>3.8.1Funktion</u>	<u>20</u>
<u>3.8.2För- och nackdelar</u>	<u>21</u>
<u>3.8.3Omega i dagsläget.....</u>	<u>21</u>
<u>4Satellitnavigeringssystem.....</u>	<u>21</u>
<u>4.1Utveckling</u>	<u>21</u>
<u>4.2GLONASS</u>	<u>22</u>

<u>4.3BeiDou.....</u>	<u>22</u>
<u>4.4IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System).....</u>	<u>22</u>
<u>4.5Galileo.....</u>	<u>22</u>
<u>4.6GPS-SYSTEMET.....</u>	<u>22</u>
<u>5Slutsats.....</u>	<u>24</u>
<u>6Källförteckning.....</u>	<u>25</u>

1 Sextanten

Att utläsa sin position och navigera med hjälp av himlakroppar har människan gjort i otaliga år. En sådan basal riktgivare som att solen går upp i öster och ner i väster känner till exempel gemene man till. De äldsta uppgifterna om verklig navigation härstammar från ca. 1200-talet före kristus. På 1500-talet såg den första nautisk-astronomiska tabellen sitt ljus och år 1765 kom den första "The nautical almanac", med Greenwich mean time som utgångsläge för himlakropparnas position ut. Alltefter longitude problemets lösning i samband med kronometerens uppkomst 1773 har sextanten haft en central plats inom navigation. Än idag finns Browns Nautical Almanac och sextant ombord på fartyg.

1.1 Tillvägagångssätt

Positioneringen sker genom att man skapar ortlinjer, eller likahöjdcirklar från två (eller flera) olika himlakroppar, alternativt samma himlakropp vid olika tillfällen och då genom att flytta den första ortlinjen. En likahöjdcirkel får man ut genom att mäta vinkeln mellan en himlakropp och horisonten och där igenom även ortlinjer. Desto bättre vinkel på ortlinjerna, det vill säga närmare 90 grader, man får desto mer exakt position kan man utläsa.

Genom att därefter gå in i tabeller får man ut en teoretiskt beräknad höjd över var man bör vara och denna jämförs mot en mätt höjd, så kallad sann höjd. I den teoretiskt uppmätta höjden får man även ut en bäringslinje mot himlakroppen, och med hjälp av differansen mellan den sanna höjden och den mätta höjden får man ut var på bäringslinjen man befinner sig.

På sin utsatta position på bäringslinjen ritar man i sin tur in ortlinjen. Man upprepar samma procedur mot en annan himlakropp, alternativt väntar tills en bättre bäringslinje till den föregående himlakroppen uppstår, för att sedan upprepa proceduren och skapa en ny ortlinje. Där de två ortlinjerna skär varandra har man sin position.¹

1 Winberg, M (2002) *Astronomisk Navigation. (uo) AB Utbildning Sydväst*

1.2 För- och nackdelar

Fördelarna med astronomisk navigation är att man har möjlighet att positionsbestämma utan att vara beroende av landbaserade mål med en rätt bra noggrannhet. Till nackdelarna är att man dagtid endast kan nyttja solen och då kan få ut nya ortlinjer vartefter solen har rört sig för att få bäringslinjer med tillräckligt goda vinklar mot varandra. En nackdel till är att metoden kräver klart väder och god sikt för att ha möjlighet att observera himlakroppen och horisonten. Vidare så ska man undvika att ta höjder mot himlakroppar som befinner sig högre upp än ca 70 grader från horisonten. Detta eftersom att ortlinjen i sådana fall blir alltför krökt.

1.3 I dagsläget

I och med att sextanten är det enda oberoende systemet ute till havs existerar ännu sextanten ombord, och är därmed inte uttjänt. Än i denna dag lär man ut astronomisk navigation i navigationsskolorna.

2 Radiopejling

Radiopejling är något som sjöfarare började använda sig av redan under slutet av 1800-talet. Idén med radiofyrar är att lyssna efter fyrar som sänder ut radiovågor på frekvenser mellan ca. 285 och 315 kHz genom en mottagarstation ombord. Ombord tar man sedan ut en bäring i riktning mot sändarstationen, och på så sätt får man ut en ortlinje. Noggrannheten under goda förhållanden tillskrivs ± 2 grader.²

2.1 Historik

Gällande just radiopejling har Tyskland i tiderna varit väldigt framstående. Att just Tyskland blev ledande inom radiopejling hade mycket att göra med att två stora elektronikföretag arbetade med trådlösa sändningar, dessa var Telefunken (ägt av AEG, Siemens och Halske) samt C. Lorenz. Den tyska staten ville inte att någonsin skulle få monopol på marknaden och var en ivrig köpare för att hålla båda företag igång.³

I de stycken som är på kommande inom radiopejling är ett flertal navigationsapparater skapade av de tyska elektronikjättarna.

² Bergstrand, P-E & Rudberg, P *Navigation 3 1984.Sid 34,46*

³ Bauer, A *.Some historical and technical aspects of radio navigation, in Germany, over the period 1907 to 1945. Sid. 1*

2.2 Olika typer av radiofyrar

Här kommer vi lite kort att gå igenom några olika slags radiofyrar. Det är dock endast roterande radiofyrar och consolfyrar som vi kommer till i slutet av avsnittet som fyller kriterierna för att få en fördjupning i detta arbete.

Det fanns två huvudtyper av radarfyrar. Den cirkulära radiofyren, betecknad RC för Radiophare Cirulaire, som sänder ut likadana signaler åt alla håll. Sedan fanns det Riktade radiofyrar, betecknade RD för Radio Directionelle. För riktade radiofyrar skiljde man i sin tur på farledsradiofyrar, consolfyrar, roterande radiofyrar och talande radiofyrar.⁴

Farledsfyrarna användes för att utmärka en speciell kurslinje. Ifall fartyget befann sig på den bestämda kurslinjen hördes en jämn konstant ton. Ifall fartyget rörde sig mot fyren och kom för långt åt styrbord om kurslinjen hördes morsebokstaven A (en kort en lång) repetativt. Skulle fartyget röra sig för långt åt babord hördes istället morsebokstaven N (en lång en kort) repetativt.⁵

Farledsfyren kan jämföras med Scheller's virtuella A/N stig, som var den första patenterade radiofyren med samverkande radiosignaler. Den patenterades redan år 1907 och arbetade med två antenner som sände ut just A och N (en kort, en lång samt en kort, en lång) bokstäver och på de bäringar där signalerna blev att arbeta direkt mot varandra skapades morsebokstaven K (en lång, en kort, en lång).⁶

Lorenz landningssystem var en efterföljare till Scheller's virtuella A/N stig som fick en viktig roll under andra världskriget under namnet "sonne". Två sändare sände ut morse signaler, som mitt för de båda går in i varandra och tonen blir jämn.

Talande radiofyrar. Används främst inom flygtrafiken för att påvisa luftfartsleder eller inflygningsbäringar till flygfält. Principen är en antenn som vrider sig och sänder

⁴ Bolling, G & Holm, T *Lärobok i Navigation*.sid.114

⁵ Bolling, G & Holm, T *Lärobok i Navigation*. Sid. 118

⁶ Bauer, A *Some historical and technical aspects of radio navigation, in Germany, over the period 1907 to 1945* Sid. 2

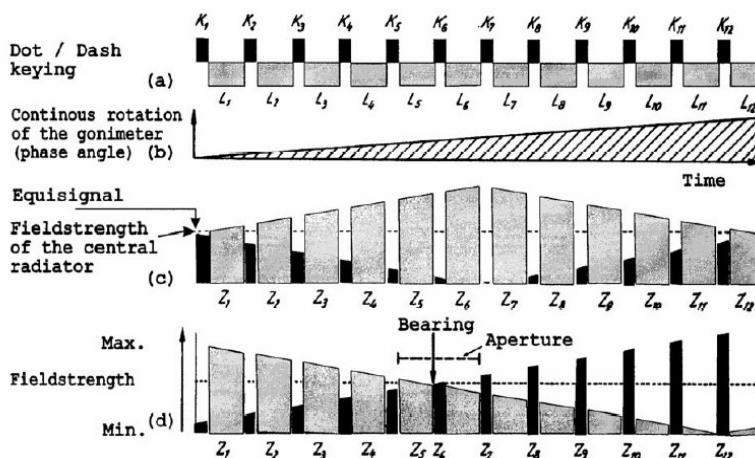
ut radiovågor under vridningen. Navigatören kan höra fyrens bärton hela tiden, och tillpå den en höra en modulerad ton för när man är i given sektor.⁷

2.3 Roterande radiofyr

Sände ut en jämn ton som försvagas i den riktning som fyren "riktade" mot. Försvagningen skapades med hjälp av så kallad dipolantenn som monterades på sändarenheten, vilken gör att signalen försvagas i mottagarenheten som den riktas mot.⁸ När sändarsignalen passerar nordmeridianen sändes en morsesignal i form av N ut, vilken kunde uppfattas ombord. När N signalen hördes, klockade man tiden ombord tills det att ett minimivärde av signalen uppfattas ombord. I och med att man kände till vridningshastigheten kunde man få ut hur långt från nordmeridianen som signalen hade vridit sig, och därigenom hade man nu bäringen mot radiofyren.

2.4 Consolfyrar

Consolfyrarna utvecklades av tyskarna under andra världskriget, då under namnen Sonne och Elektra.⁹ Systemet bestod av tre sändare, en central sändare och två lob sändare som stod med några våglängders avstånd på vardera sida om centralsändaren.



Systemet började *Illustration 1: Principen för Sonne och Consol.*

med att sända ut en igenkänningsignal i alla riktningar så att man ombord skulle kunna få en ungefärlig pejlbearing, detta gjordes genom att slå av de två lobsändarna. Sedan arbetade den med virtuellt riktade sändningar i olika sektorer bestående av 60 punkter eller 60 streck i en jämn hastighet. Denna virtuella rundsändning skapas genom att de två lobsändarna arbetar i olika fas mot varandra, men bibehåller samma fasskillnad. I och med att alla sändare i systemet arbetar i samma fas spelar

⁷ Bolling, G & Holm, T *Lärobok i Navigation*. Sid. 124

⁸ Bauer, A *Some historical and technical aspects of radio navigation, in Germany, over the period 1907 to 1945* Sid. 3

⁹ Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic*. Sid. 254

mittantennen in en viktig roll här, det är den som nollar faserna när de är i motvåg mot varandra. Mittantennen, som är starkare än de båda lobsändarna, är kopplad till en goniometer som ändrar fasen hos den detta gör att de båda lobsändarna "stryks av" i punkter och streck.¹⁰

Som navigatör kunde man nu räkna antalet punkter eller streck innan nästa sektorgräns, i och med att varannan sektor blev att utge punkter och varannan streck, och därigenom få hur långt från en sektorgräns man befann sig och utifrån det en bäringslinje mot Consolfyren. De gjorda observationerna för man i sin tur in i ett så kallat consolkort, som markerar ortlinjer för olika antal punkter eller streck.

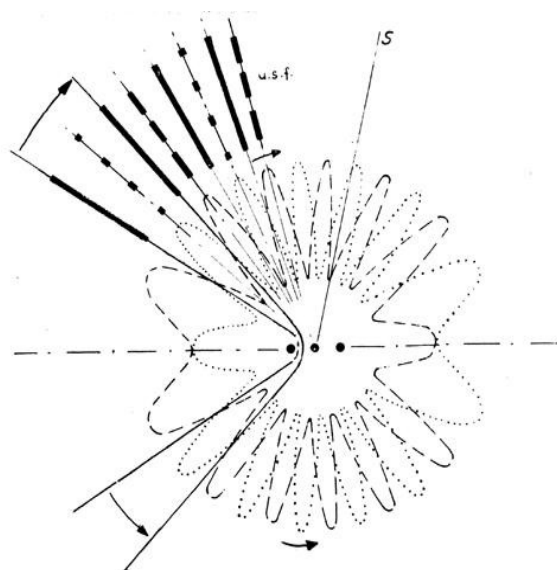


Illustration 2: Consolfyrens funktion, med de tre sändarna i mitten. Här ser man principen för de olika punkt och streck tonerna, samt där mitsändaren tar över för en "mellanton".

2.4.1 För- och nackdelar med

Conssolfyrar

Dagtid hade en consolfyr en räckvidd på uppemot 1200 sjömil, nattetid betydligt längre. Dagtiden var dock noggrannheten högre och uppgår till plus minus 0,5 grader på ett avstånd av 400 sjömil.¹¹

Enligt en representant från sveabolaget var en nackdel med consolfyrar att en omusikalisk person kunde ha svårt att uppfatta punkter och streck.¹² Efter att ha lyssnat till dessa punkter och streck så måste man säga att man ska vara synnerligen omusikalisk för att inte uppfatta skillnaden mellan punkt och streck.

I dagsläget är inte consolfyrar i bruk. Den sista norska Consolfyren stängdes till exempel den 19nde april år 1995 och gjordes om till en rundstrålande radiofyr.¹³

¹⁰ Bauer, A *Some historical and technical aspects of radio navigation, in Germany, over the period 1907 to 1945.* Sid 17-20.

¹¹ Bolling, G & Holm, T *Lärobok i Navigation.* Sid. 123

¹² Kungliga Örlogsmanna Sällskapet *Tidskrift i Sjöväsende, Nr. 6, Sid.277*

¹³ Statens Kartverk, *Etterretninger for sjøfarande nr 11.* Sid. 302

2.5 Felkällor och nackdelar med radiofyrrar

Felkällor och nackdelar med radiofyrrar.

Liksom fartyget reflekterar andra radiovågor, t.ex. Radarekon, reflekteras även radiofyrradiovågor vilket skapar störningar ombord. För att upphjälpa detta fanns en så kallad radiodeviationstabell ombord som behövde följas.

Vidare kan man räkna med att jonosfärskiktet mer påtagligt natttid. I och med att skiktet inte är något plant skikt, utan mer likt ett rörligt hav, kan radiobäringarnas fel bli väldigt stora. Jonosfärvågen skapar även en sådan felkälla som fading. Fading ger problem ifall man ska lyssna efter ett minimum vid en roterande radiofyr i och med att man ofta fick in både markvåg och jonosfär våg.

Kustfraktion, eftersom att radiovågor rör sig i olika hastigheter över land och hav blir radiobäringen förskjuten ifall bäringen går över land.¹⁴

I dagsläget, för fartygsnavigation, används endast så kallade svarande fyrrar, även kallade racons. Dessa arbetar på samma frekvenser som en radare gör, och de kan därmed ge ut karaktäristiska signaler när den aktiveras av en fartygsradarsignal.¹⁵

3 Hyperbelnavigeringssystem

Hyperbelnavigering räknas som en av de största revolutionerna inom navigation sen kronometerns tillverkning.

Med hjälp av hyperbelnavigering mäter man fasskillnader eller gångtidmätning mellan olika stationers utsända pulser och får därigenom ortlinjer, eller så kallade hyperblar från stationerna.

3.1 Funktion

Andvändningsprincipen är att när mottagarstationen, fartyget, tar emot signaler från två sändarstationer, beräknar tiden mellan de inkommande signalerna och får därigenom differensen. Där som differensen i tid, eller fas, mellan två signaler är den

¹⁴ Bergstrand, P-E & Rudberg, P (1984) *Navigation 3, 1984. Sid. 34-35.*

¹⁵ Defence Mapping Agency Hydrographic Centre *Pub. No. 9 American Practical Navigator, Bowditch. Sid. 960-961,*

samma får vi en hyperbel linje och man kan nu veta i vilken hyperbel man befinner sig. Får man nu ytterligare en gångtidsdifferens eller fasdifferens till ännu ett sändarpar får man ut en hyfsat noggrann position.

Systemet arbetar med en masterstation och två till tre slavstationer som samarbetar. En sändningssekvens börjar med att masterstationen sänder en puls, masterstationen påbörjar sekvensen för att undvika att två pulser ska komma in samma tid till mottagarstationen och där igenom skapa förvirring. Genast när masterstationens puls har nått slavstationerna så sänder slavstationerna ut signaler. Mottagarstationen mottar först masterstationens puls och räknar därefter tiden, eller faser, tills slavstationens puls mottas. Härigenom får man ut i vilken hyperbel, eller så kallad lane, man befinner sig.

Eftersom att fasvinkeln är en funktion av tiden och avståndet till stationen, är det i praktiken samma sak vare sig ett system använder sig av tid- eller fasmätning.¹⁶

Vi ska nu gå igenom några instrument som använt sig av hyperblar.

3.2 Gee

Ett brittiskt system som var en föregångare för Loran och decca systemen. Gee sände dock på en högre frekvens än de senare och hade därmed inte samma räckvidd, utan var mer ett så kallat "line of sight" instrument. Det fanns som mest 7 Gee kedjor, fyra i Stor-Britannien, två i Frankrike och en i Tyskland. I och med sin korta räckvidd uppnådde inte Gee systemet samma utbredning som sina efterföljare och i den utsträckning det användes var det främst inom flygtrafiken. Gee stängdes ner under 1970-talet.¹⁷

3.3 Decca

Decca systemet hade en viktig roll under andra världskriget och fick stor uppmärksamhet när man rörde upp fartygsleder i de tyska minfälten inför

¹⁶ Försvarmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel* 1999. Sid. 23-26.

¹⁷ Groves, P *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Sid.10-11.

landstigningen vid Normandie. Strax efter andra världskrigets slut lanserades den första Decca kedjan för civilt bruk, närmare sagt redan 1946.¹⁸

3.3.1 Funktion

Systemet arbetade i så kallade Decca kedjor som bestod av en masterstation och två eller tre slavstationer som stod i "stjärnformation" mot varandra. Slavstationerna står mellan 60 till 120 sjömil från masterstationen.¹⁹ Tillsammans med masterstationen bildar varje slavstation i en kedja ett hyperbelnät med en egen färg, röd grön eller violett. Genom fasdifferensmätning mellan varje master och slavstation kunde Deccamottagaren hålla räkning på var i en våglängd, en så kallad lane, på varje färg man befann sig. Nogrannheten med ett Decca system berodde lite på var i förhållande mot stationerna man befann sig och vilken frekvens stationerna arbetade på. På baslinjen, mitt i mellan två sändare, var nogrannheten rätt hög. Vartefter som hyperblarna, eller lanerna, blev bredare minskade även nogrannheten. Räckvidden för en Deccakedja dagtid tillskrevs cirka 240 sjömil, räknat från huvudsändaren. Nattetid något längre.²⁰

För att beteckna de olika kedjorna var varje Deccakedja namngiven med en siffra från 1-10. Till på det var varje masterstation tilldelad en bokstav från A-F.²¹

3.3.2 Utveckling

Utvecklingen av Decca systemen gick väldigt fort den första tiden, och en rad nya innovationer tillfördes de olika nya modellerna. Utöver att utveckla produkten gav tillverkarna även ut en tidning, Decca Navigator News, som gavs ut mellan åren 1950 och 1980. I det här arbetet ska vi gå igenom några av de viktigaste tillskotten till Deccasystemen. För den som är intresserad av att fördjupa sig i Deccas historiska ögonblick finns Decca Navigator News att läsa på internet.

Redan år 1947 demonstrerades den första Deccamottagaren med Lane identifierare, även kallad Deccometer. Den tillkom tillsammans med mottagarenheten Mk5.²²

¹⁸ Bergstrand, P-E & Rudberg, P *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984. Sid.52.*

¹⁹ Defence Mapping Agency Hydrographic Centre *Pub. No. 9 American Practical Navigator, Bowditch. Sid. 1008*

²⁰ Bolling, G & Holm, T *Lärobok i Navigation . Sid.144.*

²¹ Defence Mapping Agency Hydrographic Centre *Pub. No. 9 American Practical Navigator, Bowditch. Sid.1012*

²² Proc, J. *Hyperbolic Radionavigation Systems*

1959 visades Decca Trackplotter upp, även kallad Dectra. Med hjälp av Decca Trackplotter ritades fartygets tillryggalagda rutt ut på en sjökortsremsa som var inmatad i Decca trackplottern. Under en testresa med HMCS Bonaventure konstaterar man att trackpilot generellt är inom 2 sjömil från den astronomiskt utsatta positionen, samt att den som mest avviker 7 sjömil.²³ Denna kom senare att heta Decca rollermap, vilken lanserades redan 1960.²⁴

Vartefter som Decca Trackplotter utvecklades angav de nyare versionerna även längd- och breddgrader.²⁵

Decca företaget talade redan 1960 om Decca Omnitrack som skulle vara ett stort framsteg för Decca. Med en "push-button" navigation skulle man med ett knapptryck ta sig från position till position i och med att systemet var kopplat till en autopilot. Systemet kunde köra mellan två punkter, oberoende av vilka landstationer som användes. Omnitrac gav även ut en längd- och breddgrad. Det fanns även möjlighet att koppla ihop Omnitrack med Loran C²⁶



Delrac, Decca Long Range Area Cover, var Decca företagets försök på ett långvägsnavigationssystem. Redan år 1946 kom Decca ut med ett förslag på en kedja som skulle vara grundstenen för ett sådant system i Nord-Atlanten och totalt räknade man med att det skulle behövas mellan 14 och 21 sändarstationer runt världen.²⁷ Dock föll hela Delrac projektet i mellan, dels på grund av Dectra som tog mark men även i och med amerikanernas egna utvecklande av långvägsystem.²⁸

Bild 3: Reklam för Decca omnitrac 2, som lanserades 1963. "Flickor, underkläder, parfym, kosmetika" Med ett enkelt knapptryck kunde man komma till den valda destinationen. http://www.deccanavigator.com/pdfs/D_N_News_38_Jun_1_1963.pdf

²³ Decca Navigator News Nr. 25, sid. 6-7

²⁴ Decca Navigator News Nr. 27, sid. 13

²⁵ Bergstrand, P-E & Rudberg, P *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel* 1984. Sid.75-76

²⁶ Decca Navigator News Nr. 27, sid. 6.

²⁷ Decca Navigator News Nr. 11, Sid 2-4

²⁸ Proc, J. *Hyperbolic Radionavigation Systems*

Dectra, Decca Track, var Deccas navigationssystem för oceanöverfarter. Till skillnad från Delrac använde sig Dectra av de "vanliga" decca frekvenserna, men dessa var ordentligt förstärkta. Genom att använda sig av två kedjor, en i vardera änden av den planerade rutten, skapade Dectra en hyperbel navigering mellan dessa.²⁹

Decca Lambda, var ett tvåvägs system som lanserades 1959. Deccas första tvåvägssystem hade lanserats redan sex år tidigare och var i sig ingen nyhet. Ett tvåvägssystem innebar att ett fartyg kunde användas som masterstation och därav behövdes endast två landstationer. Detta gjorde att det gick fort att sätta upp stationer och systemet blev populärt inom hydrografi. Vidare var systemet inte byggt på hyperbler, utan snarare cirklar som "skapades" kring slavstationerna.³⁰

3.3.3 För- och nackdelar

När vi ser på fördelarna med Decca Systemet ska vi ha i åtanke att det är första systemet som man kunde läsa ut lite parametrar ur en apparat och därefter få ut en position med en väldigt låg arbetsinsats. Betänker man de nyare Decca mottagarna med automatisk positions angivelse, var det något man inte kunde föreställa sig 100 år tidigare. Ett stort plus till var att i och med att deccakedjorna arbetade dygnet runt, kunde man nu få en position med god tillförlitlighet dygnet runt.

Till nackdelarna var att deccakedjorna täckte relativt få områden i världen. Vidare sker även ett fel i och med att signalerna rör sig med olika hastighet över land och vatten, vilket ger en förskjutning av hyperbelmönstret. Vissa decca sjökort kompenserade dock för detta fel. Decca mottagaren kunde även få ett så kallat laneslip fel. Det innebär att laneräknaren missar i räkningen av lanes som man passerar. Detta fel kunde uppkomma genom ett strömbavbrott i mottagaren, ett avbrott i landstationerna, störningar från andra deccastationer eller vid kraftiga åskoväder. Nattetid kunde även störningar i form av interferens mellan mark och rymdvågor (jonosfärslikts reflektioner) uppkomma.³¹

²⁹ Flight. *Developments in Decca*.

³⁰ Decca Navigator News Nr. 25, Sid. 12

³¹ Bergstrand, P-E & Rudberg, P *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984. Sid.66-73.*

3.3.4 Decca idag

Under 1990-talet monterades de flesta stationerna ner och i mars 2001 stängdes den sista Decca kedjan i Hokkaido, Japan, ner.³²

3.4 Hyperfix

Ett system tillverkat av Racal, det vill säga samma tillverkare som tillverkade Decca, är ett hyperbelnavigeringssystem som arbetar med fasdifferensmätning mellan två stationer.

Systemet arbetar på frekvenser mellan 1,6- 3,4 Mhz, och uppnår därav inte samma räckvidd som Loran. Finns förutom med det traditionella hyperbelsystemet med "range-to-range-modul" och "compound-modul". Med Range-to-range-modulen utrustades fartyget med en sekundärstation. Nu arbetar fartyget endast med avståndsmätning mot landsändarna, detta sker genom att fartyget sänder en signal mot en lanstation, och därefter väntar på svar för att därefter räkna tiden och avståndet när svaret från landstationen kommer tillbaka.

När Hyperfixen arbetar i Range-to-range läget är det ett begränsat fartyg som kan använda denna metod, eftersom att landstationen inte hinner svara alla stationer annars. Vid Compound läget arbetar Hyperfixen med både hyperboliska- och Range-to-range metoden.³³

3.4.1 För- och nackdelar

Fördelarna med hyperfix var hög positionsnoggrannhet, närmare 1-2 meter vid bra mottagning. Den höga frekvensen gav dessvärre inte bara en hög noggrannhet, utan även en relativt kort räckvidd. En nackdel till var att det kunde vara endast ett begränsat antal fartyg under range-to-range användningen.³⁴

³² Proc, J. *Hyperbolic Radionavigation Systems*

³³Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 56-63.*

³⁴ Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 56-63.*

3.5 Minirangersystemet

Ett system tillverkar av Motorola. Arbetar på höga frekvenser, 5,4-5,6 Ghz, och med hjälp av avståndsmätning mot två landstationer. Masterstationen finns ombord på fartyget och den som navigerar väljer ut landstationer som man vill arbeta mot.

3.5.1 För- och nackdelar

Räckvidden är väldigt låg med Minirangersystemet.³⁵

3.6 Syledis

Syledis, ett system tillverkat av Sercel. Arbetar i likhet med Hyperfix i tre olika lägen. Range-to-range, Hyperbolisk metod och Compound-metoden.

3.6.1 För- och nackdelar

Fördelar med den hyperboliska metoden är att ingen sändarenhet krävs ombord. Därav kan obegränsat antal fartyg arbeta mot en och samma landstation. Till nackdelarna hör att minst tre landstationer krävs och att de dessutom bör vara inom en bra räckvidd från varandra.

Vidare blir positionsnoggrannheten påtagligt lägre desto längre från en baslinje man kommer. Även laneslip fel kan förekomma. Vid Range-to-range metoden har man istället en hög noggrannhet samt att man endast behöver ha signal mot två landstationer. Men vid range-to-range kan endast ett begränsat antal fartyg kan använda sig av den här metoden under samma tid..³⁶

3.7 Loran C och Chayka

Loran C är det amerikanska systemet och Chayka den ryska motsvarigheten. Vi kommer här att fördjupa oss i Loran systemet, Long Range Navigation.

35 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 64-71*

36 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 72-75*

3.7.1 Utveckling

Loran C är en utvecklad version av ett system som kallades Cyclan, som utvecklades av företaget Sperry 1946. Cyclan evolverade till Cytec som senare blev Loran C.³⁷

Det fanns även Loran A och Loran B. Loran A, eller standard Loran, utvecklades och prövades av amerikanerna redan från år 1940.³⁸ År 1942 öppnade den första fullskaliga testkedjan och redan 1945 var 72 olika platser utrustade med Loran A sändare. Loran A arbetade på frekvenser mellan 1750 och 1950 kHz. På sjuttioalet började utvecklingen av Loran A i och med att Loran C tog över. De sista Loran A stationerna monterades ned i början av nittioalet.³⁹

Loran B var ett försökssystem som var i drift mellan åren 1948 och 1955. Det arbetade på samma frekvenser som Loran A, men mätte fasskillnader snarare än tidsskillnaden så som Loran A. Loran B fick aldrig mark, utan fick se sig passerat av Loran C.⁴⁰

I början av femtioalet var man intresserad av ett system med bättre räckvidd än Loran A. Man gjorde försök med att använda sig av en lägre sändningsfrekvens på Loran A, men stötte på problem med synkronisering och igenkänning av mark- eller rymdvåg. År 1957 öppnades den första kedjan med lösningen på problemen, Loran C. Till skillnad från sina föregångare, Loran A och Loran B, arbetar Loran C på frekvensen 100 kHz. Utöver den lägre frekvensen arbetar Loran C med både tidsskillnadsmätning och fasjämförelse.⁴¹

3.7.2 Funktionalitet

Landstationerna sänder ut pulsgrupper varefter Loran C enheten ombord mäter tidsskillnader mellan det att pulserna mottas. Mer ingående går en sändningsfrekvens

³⁷Groves, P. *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Sid.7

³⁸Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic*. Sid. 229

³⁹Groves, P. *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Sid.6-7

⁴⁰Groves, P. *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. Sid.7

⁴¹Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic*. Sid. 243

till som så, att masterstationen sänder ut nio pulser. Mellan de åtta första pulserna är det 1000 mikrosekunder. Mellan den åttonde och nionde pulsen går det 2000 mikrosekunder. Slavstationerna sänder ut åtta pulser med 1000 mikrosekunder mellan varje puls. Mätstationen ombord mäter tidsskillnaden med två olika mätmetoder i en sändningsfrekvens för att öka noggrannheten. En tidsmätning sker en bit, vanligen 25 mikrosekunder, in i en puls. Och vidare sker även en mätning som baseras på vågens tredje nollgenomgång, alltså en fasmätning.⁴²

Som tidigare har nämnts så får man med hjälp av skillnaden mellan en masterstation och en slavstation en hyperbellinje. Med hjälp av ytterligare en slavstation få man ytterligare en hyperbellinje och därigenom en position.

För att undvika att slavstationens puls ska nå en mottagare före masterstationens puls använder sig Loran C av så kallad Secondary Coding Delay. Det innebär att slavstationen väntar med att sända ut sin sändning med en förbestämmd tidsrymd.⁴³

För att ytterligare göra systemet mindre påverkat av yttre störningar ändrar man faskodningen i de olika pulsgrupperna. Detta gäller såväl masterstation som de olika slavstationerna.⁴⁴

I och med att Loran C sände på en lägre frekvens och med både fas- och tidsmätning var då problemet med dålig räckvidd och störningar från rymdvågor löst. Räckvidden för Loran C var uppemot 1000 sjömil.⁴⁵

När mottagarstationen har fått signalerna sätter man in de angivna värden på ett Loran sjökort. På de senare modellerna fick man en längd- och breddgrad direkt angiven i stationen.⁴⁶

42 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 38-39*

43 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 40*

44 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 41*

45 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 43*

46 Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic. Sid. 248*

3.7.3 För- och nackdelar

Dock had även Loran C vissa brister. Skulle det till exempel ha varit något fel med tidsmätningen så kunde felen bli väldigt påtagliga. Ett tidsfel på 1 mikrosekund kunde nämligen ge ett fel på upp emot 180 meter. Vi ska hålla tidsfelet i bakhuvudet, eftersom att vi i de kommande felen kommer att återge felmarginalen i mikrosekunder.

Synkroniseringsfel, innebär att masterstationen och slavstationerna inte synkroniserar rätt med varandra. Om felet uppgår till över plus minus 0,2 mikrosekunder anger mottagarstationen ett blinkfel. Vidare har Loran C även kustfraktionsproblemet, även kallat vågutbredningsfel. Det vill säga att radiovågorna rör sig med olika hastighet över land och vatten. I värsta fall kan kustfraktion fel på uppemot 10 mikrosekunder, dvs. 1800 m, men normalt sett överstiger felet inte 3 mikrosekunder.

Pulsen som sänds ut påverkas även i viss mån av det medium som den rör sig i. Vissa delar av pulsen rör sig med olika hastighet än övriga delar. I regel överstiger ett sådant fel inte 2 mikrosekunder, men mottagarenheten kan även göra hopp till felaktiga mätpunkter och därigenom ge felvärden på uppemot 10 mikrosekunder tillfälligt.

Vid goda förhållanden fungerar mottagarstationen väl och fel i stationen ger då inte fel över 0,1 mikrosekunder. Ifall mottagarförhållanden är dåliga kan vissa mottagarenheter ge mätfel som skulle vara uppemot 30 mikrosekunder.

Ifall mottagarstationen arbetar med jonosfärvåg kan, trots användning av jonosfärvågs korrektioner, ge väldigt stora fel. Ett osäkerhetsområde på uppemot 10 sjömil kan vara då apparaten använder sig av jonosfärvåg. Detta kan jämföras mot Loran C:s "markvåg över hav" osäkerhetsområde som var på 0,25 sjömil.⁴⁷

3.7.4 Loran idag

I september 2001 diskuterades det i USA om GPS:ens sårbarhet och om att vidarebygga eLoran, enhanced Loran.⁴⁸ eLoran Systemet är nämligen svårare för främmande makter att störa än GPS-systemet är. Detta eftersom att systemet arbetar

⁴⁷ Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 46*

med flera gånger kraftigare signaler. I USA valde man dock år 2010 att inte vidare utveckla eLoran systemet ⁴⁹ I Syd korea valde man en annan väg. Efter ett flertal störningar i GPS-nätet från någon annan krigsmakt bestämde man sig för att vidarebygga sitt eLoran nät. I en av störningsattackerna stördes över 1000 flygplan och 700 fartyg under nästan en vecka av störningar.⁵⁰

Syd Korea är heller inte ensamt i att vidarebygga eLoran. Indien planerar att bygga en egen kedja, Stor-Britannien och Ryssland samarbetar för att få Chayka och eLoran kompatibla med varandra. Vidare så har även Saudi Arabien presenterat planer på att utveckla sitt Loran C system till eLoran.⁵¹

I de senaste nyheterna gällande eLoran verkar det som om USA har en viss ånger i sin nedläggning av Loran systemet. I september passerade ett lagförslag över att återinföra eLoran som backup för GPS-systemet. Detta system skulle gälla för både militären och för civilt bruk. Så vem vet, kanske en eLoran station kommer att finnas på fartyg i framtiden.⁵²

Edloran, det vill säga Enhanced Differential Loran med flera referens stationer i land, har testats med goda resultat i Holland. Det moderna edLoran sänder sina differential rättelser till mottagarstationen på vanligt GSM nätverk. I tester fyllde edLoran de holländska lotsarnas nogrannhetskrav för hamnavigering, det vill säga en nogrannhet på minst 5 meter.⁵³ Även i brittiska hamnar har man utfört tester med Edloran.⁵⁴

I och med att de moderna eLoran systemen är såpass utvecklade, så att de kan göra en sömlös övergång från GPS positionering till eLoran, är de väldigt bra backup-

48 International Loran Association. *Enhanced Loran (eLoran)*. Sid. 7

49 Inside GNSS (2014) *Proposal for U.S. eLoran Service Gains Ground*

50 GPS-World *South Korea to build eLoran system after jamming incident*.

51 Inside GNSS (2014) *Proposal for U.S. eLoran Service Gains Ground*

52 Burgess, R (2016) *House Passes Bill for GPS Backup System, Icebreaker Study*.

53 Narins, M. *The Global Loran / eLoran Infrastructure Evolution*, sid.24

54 Morelle, R (2014) *GPS back-up: World War Two technology employed*

system. Vidare så är eLoran även möjligt att nyttja för undervattensfarkoster, vilket gör systemet militärt intressant.⁵⁵

Trots de goda resultaten som eLoran uppvisat samt uppgradering av systemet runt om i världen har västvärlden mer eller mindre valt sin väg. I USA slutade de sista Loran C stationerna att sända år 2010.⁵⁶ Den färöiska och de övriga europeiska stationerna stängdes ner den sista januari år 2015.⁵⁷

Loran C systemet täckte aldrig hela världen, men dock större delen av norra halvklotet.⁵⁸

3.8 Omega och Alpha

En stor nackdel med de tidigare nämnda navigationssystemen som har använt sig av hyperbel navigering har varit de relativt korta räckvidderna samt dålig täckning runt världen. Detta ändrades dock i och med ibruktagandet av navigationssystemen Alpha och Omega, den förstnämnda det sovjetiska systemet och den sistnämnda det västerländska. Omega räknas som det mest utvecklade hyperbel navigationssystemet. Det utvecklades och användes av den amerikanska marinen redan så tidigt som 1947.⁵⁹

Vi kommer i den här texten endast att snabbt nämna Alpha systemet i och med att bägge system arbetar enligt samma princip, samt att man i västvärlden har använt Omega systemet i större grad. Alpha, även kallat RSDN-20, arbetade enligt samma princip som Omega, fast med 5 sändarstationer som alla var belägna i Sovjetunionen. Ursprungligen användes tre stationer, men 1991 utvidgades systemet med två till. Alpha systemet arbetade på frekvenser mellan 11 och 16kHz.⁶⁰

55 GPS-World, *eLoran-progresses-toward-gps-back-up-role-in-u-s-europe*

56 U.S. Department of Homeland Security. *Loran-C Status Information*

57 Danish Maritime Authority (2015) *Shutdown of Ejde Loran Station on Faroe Islands*

58 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999. Sid. 38*

59 Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic. Sid. 256-257*

60 Groves, P (2008) *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems. Sid. 4*

3.8.1 Funktion

Omega var det amerikanska systemet som arbetade på frekvenser mellan 10 och 14 kHz. Det arbetade med 8 olika sändarstationer som fanns placerade runt om i världen. Arbetar likt Decca och Loran Systemen med att mäta fasskillnader i signaler och därav avståndet till de olika sändarstationerna. Sändarstationerna sänder ut i perioder om 10 sekunder, och varje period är i sin tur indelad i 8 segment, omkring 0,9-1,2 sekunder, då varje enskild station sänder ut signaler på olika frekvenser. För att förhindra tvetydigheter mellan de olika signalerna sker en paus på 0,2 sekunder mellan varje stations sändning. Alla stationer är utrustade med en atomklocka och sänder ut på tidsslag med stor noggrannhet.⁶¹

Själva mottagern räknade "lanes" in i mellan hyperblarna, med 10,2 kHz var en lane 8 sjömil. I och med att man mätte fasskillnaden visste man var i lanen man befann sig men inte i vilken lane man rörde sig i, därför behövde man nolla lanemätaren i början av en resa.

Ifall laneräknar uret skulle falla ur fas på grund av dålig mottagning eller elavbrott hade Omega systemet ett äss i rockärmen. Det kunde mäta fasskillnader på en lägre frekvens än den normala frekvensen 10,2 Khz och därmed få en längre våglängd för att få ut en ungefärlig position. Den lägre skillnaden fick man genom att mottagern räknade skillnads frekvensen mellan 13,6 kHz (den lägsta frekvensen) och den vanliga ortlinjebestämaren 10,2 kHz. Då fick man ut en mätfrekvens på 3,4 kHz som gav en zonbredd på ca 24 sjömil vid baslinjen, vilket gav att systemet kunde finna sin position på halva det mätområdet, det vill säga 12 sjömil. Skulle systemet finna att det inte visste inom vilken 24 sjömils lane man befann sig i kunde det jämföra mellan 11,33 kHz och 10,2 kHz och därmed mäta på 1,33 Khz och få en lane bredd på ca. 72 sjömil invid baslinjen, vilket gav att systemet kunde hitta sin position inom ett 36 sjömils område.⁶²

Likt som vid påbörjandet av en resa så kunde man naturligtvis ställa in sin lane manuellt ifall man hade en given position ute på havet. Laneslip felet som existerade på Decca och Loran utrustning var därmed löst.

61 Bergstrand, P-E & Rudberg, P. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984. Sid. 90-93*

62 Naval History and Heritage (2011) *The Omega Navigation System (1969)*[Youtube]

3.8.2 För- och nackdelar

Med Omega systemets låga frekvens reflekterades radiovågorna mot jonosfärsskiktets lägre skikt, det så kallade D-skiktet. Höjden på D-skiktet varierar dock beroende på dag/natt, de olika årstiderna samt latitude. En radiovåg kan få en viss fasskillnad med skillnader i jonosfärsskiktet. Därför krävs en rättning som kunde läsas ur "Omega Propagation Correction Tables", även kallade PPC. Modernare mottagare rättade detta automatiskt.⁶³

För att få så noggranna rättelser som möjligt användes differential Omega användes inom vissa områden. Det var då en landmottager som befann sig på en given position, i en given lane och given ortlinje, och därmed kunde sända ut aktuella PPC-rättelser i radiolänkar till fartygen.

Noggrannheten med Omega systemet var ca. 2 till 4 sjömil. I de områden som använde differential Omega gavs en noggrannhet på 0,2 till 0,4 sjömil.⁶⁴

3.8.3 Omega i dagsläget

Den 30nde september 2003 stängdes och monterades Omega systemet ner.⁶⁵

4 Satellitnavigeringssystem

I och med att satellitnavigeringssystemen har en central roll i detta arbete, som den nya regenten inom navigering, så kommer vi kort att gå igenom dessa system.

4.1 Utveckling

Utvecklingen av satellitnavigering startade så tidigt som 1957 då amerikanska forskare märkte att man kunde fastställa en bana för den ryska satelliten Sputnik. Redan 1959 sände amerikanerna upp den första navigations-satteliten, som lade grunden för navigationssystemet Transit, eller NNSS (Navy Navigation Satellite System) som togs i operativt bruk år 1964. Utvecklingen stoppade dock inte här, utan fortsatte genom påbörjade av Navstar GPS (NAVigation System with Time And

63 Bergstrand, P-E & Rudberg, P. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984. Sid. 94-96*

64 Bergstrand, P-E & Rudberg, P. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984. Sid. 109*

65 Ocean Navigator (2003) *Omega system to be shut down*

Ranging Global Positioning System). Den första satelliten sköts upp 1978 och systemet togs i operativt bruk 1995.

4.2 GLONASS

I Sovjetunionen och Ryssland skedde en utveckling av systemet Tsicada parallellt med Transit NNSS, för att senare utvecklas till GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema or Global Navigation Satellite System). GLONASS är funktionellt i dagsläget och arbetar parallellt med GPS-Systemet.

Både Transit NNSS och Tsicada har varit nedstängda sedan 1996.⁶⁶

4.3 BeiDou

Är det kinesiska systemet. I dagsläget är det inte ett globalt täckande system, men man strävar efter att få det globalt täckande till 2020.⁶⁷

4.4 IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System)

Är ett regionalt satellitnavigeringssystem och fungerar således enbart i Indien. Systemet består av sju satelliter.⁶⁸

4.5 Galileo

Uppkallat efter Galileo Galilei, är det europeiska satellit navigeringssystemet. Det är inte operativt i dagsläget, men antas vara i drift år 2020.⁶⁹

4.6 GPS-SYSTEMET

I likhet med hur vi har gjort när vi har gått i genom tidigare system så ska vi fokusera på det som är eller har varit mest utbrett i västvärlden, i det här fallet GPS. Men satellit navigeringssystem använder sig av samma principer för en positionsbestämning.

66 Försvarsmakten. *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel* 1999. Sid. 77-78

67 BeiDou Navigation Satellite System Website Editorial Department, *System Introduction*.

68 Department of Space Indian Space Research Organisation, *irnss-programme*.

69 European Global Navigation Satellite Systems Agency, *Galileo*.

GPS systemet upprätthålls av den amerikanska staten, som har utlovat att ha 24 satelliter tillgängliga för 95% av tiden. För att kunna uppnå detta har man totalt 31 satelliter tillgängliga hela tiden. Satelliterna går i omloppsbanor kring jorden på en höjd av ca 20200 kilometer. Dessa omloppsbanor är utformade så att man var som helst på jorden ska kunna sikta 4 satelliter samtidigt.⁷⁰

⁷⁰ U.S Governance, *The Global Positioning System*

5 Slutsats

Andra positionsbestämmande system är inte utdöda, men väl begränsade. Även om GPS- och GLONASS-Satellitnavigeringssystem i dagsläget är de system som har högst funktionalitet och är de mest användbara så existerar och utvecklas fortfarande andra system i vissa delar av världen.

E-Loran är ett sådant. I och med att E-Loran är ett svårare system att blockera och störa än satellitnavigeringssystem, så har man valt att utvidga systemet på vissa håll i världen. Noggrannheten hos eLoran med differentialkorrigering har dessutom en såpass hög noggrannhet att det på vissa håll i världen till och med möter lotsarnas krav för hamnavigering.

I och med att man tidigare hade en högre felmarginal på utrustningen, så litade man inte på utrustningen på samma sätt som man gör i dagsläget. Detta ledde till att man i högre grad nyttjade fler system än bara ett. I da

Vidare så är även astronomisk navigation något som fortsättningsvis finns på läroplanen i navigationsskolor. Det är också ett krav på att det ska finnas en sextant ombord på fartyg

6 Källförteckning

Bauer, A (2004) *Some historical and technical aspects of radio navigation, in Germany, over the period 1907 to 1945*. Diemen, NL.

BeiDou Navigation Satellite System Website Editorial Department (uå) *System introduction*.(uo) <http://en.beidou.gov.cn/introduction.html> (09.03.2017)

Bolling, G & Holm, T (1956) *Lärobok i Navigation*. Stockholm.

Bergstrand, P-E & Rudberg, P (1984) *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1984*. Stockholm. Försvarets läromedelscentral (FLC)

Burgess, R (2016) *House Passes Bill for GPS Backup System, Icebreaker Study*. (uo) <http://seapowermagazine.org/stories/20160927-elorán.html> (29.11.2016)

Danish Maritime Authority (2015) *Shutdown of Ejde Loran Station on Faroe Islands*. (uo) <http://www.dma.dk/news/Sider/ShutdownofEjdeLoranstationontheFaroeIslands.aspx> (29.11.2016)

Decca Navigator News Nr 25 (1959) London, UK, the Decca Navigator Company Ltd

Decca Navigator News Nr 27 (1960) London, UK, the Decca Navigator Company Ltd

Decca Navigator News Nr 46 (1966) London, UK, the Decca Navigator Company Ltd

Defence Mapping Agency Hydrographic Centre (1977) *Pub. No. 9 American Practical Navigator, Bowditch*.(uo). Defence Mapping Agency Hydrographic Centre

Department of Space Indian Space Research Organisation (uå) *irnss-programme*. (uo) <http://www.isro.gov.in/irnss-programme> (09.03.2017)

European Global Navigation Satellite Systems Agency. (uå) *Galileo*.(uo) <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/faq#abletouse> (09.03.2017)

Flight (1956) *Developments in Decca*. (uo)

<https://www.flightglobal.com/FlightPDFArchive/1956/1956%20-%200386.PDF>

(5.12.2016)

Försvarsmakten (2004) *Navigation 3, Navigering med teletekniska hjälpmedel 1999*.

(uo). Försvarsmakten

GPS-World (2015) *eLoran-progresses-toward-gps-back-up-role-in-u-s-europe* -

<http://gpsworld.com/eloran-progresses-toward-gps-back-up-role-in-u-s-europe/>

(19.11.2017)

GPS-World (2016) *South Korea to build eLoran system after jamming incident*. (uo)

<http://gpsworld.com/south-korea-to-build-eloran-system-after-jamming-incident/>

(29.11.2016)

Groves, P (2008) *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation*

Systems. (uo)

Hobbs, R R (1974) *Marine Navigation 2, Celestial and Electronic*. Annapolis, Maryland.

Naval Institute Press.

Inside GNSS (2014) *Proposal for U.S .eLoran Service Gains Ground*. (uo)

<http://www.insidegnss.com/node/3853> (29.11.2016)

International Loran Association (2007) *Enhanced Loran (eLoran)*. (uo)

<http://www.loran.org/news/eLoran%20Definition%20Document%200%201%20Released.pdf>

(29.11.2016)

Kungliga Örlogsmanna Sällskapet (1950) *Tidskrift i Sjöväsende, Nr. 6 1950*. (uo). Kungliga

Örlogsmanna Sällskapet.

Morelle, R (2014) *GPS back-up: World War Two technology employed*. (uo)

<http://www.bbc.com/news/science-environment-29758872> (29.11.2016)

Narins, M (2014) *The Global Loran / eLoran Infrastructure Evolution*. (uo)
<http://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2014-06/narins.pdf> (29.11.2016)

Naval History and Heritage (2011) *The Omega Navigation System (1969)*[Youtube]
<https://www.youtube.com/watch?v=7mFAemn1pSw> (29.11.2016)

Ocean Navigator (2003) *Omega system to be shut down*. (uo)
<http://www.oceannavigator.com/January-February-2003/Omega-system-to-be-shut-down/> (29.11.2016)

Proc, J (2016) *Hyperbolic Radionavigation Systems* – <http://jproc.ca/hyperbolic/>
(29.11.2016)

Statens Kartverk Sjøkartverket (1995), Etterretninger for sjøfarande nr 11. Sid. 302.
Stavanger. <http://kartverket.no/efs-documents/editions/1995/efs11-1995.pdf>

U.S. Department of Homeland Security (uå) *Loran-C Status Information*. (uo)
<http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=loranStatus> (29.11.2016)

U.S. Governance (2017) *The Global Positioning System* (uo)
<https://www.gps.gov/systems/gps/>
(19.11.2017)

Winberg, M (2002) *Astronomisk Navigation*. (uo) AB Utbildning Sydväst