

LORAN C

Long Range Navigation

Loran A – wcześniejsza wersja systemu

- Pracował na trzech kanałach: A1=1950 kHz, A2=1850 kHz i A3=1900 kHz;
- Łańcuch składał się z jednej stacji głównej i jednej podległej;
- Stacje nadawały swoje grupy impulsów (8 sztuk) z trzema częstotliwościami powtarzania: 33.3 Hz, 25 Hz i 20 Hz;
- Zasięg sygnałów wynosił do 800 NM przy odbiorze fali przyziemnej i do 1400 NM dla fal odbitych od jonosfery;
- Teoretyczna dokładność 130 stóp (około 40 m) w praktyce osiągnąć dokładność wyznaczania pozycji 1 NM dla fali przyziemnej i 6 NM dla odbitej.

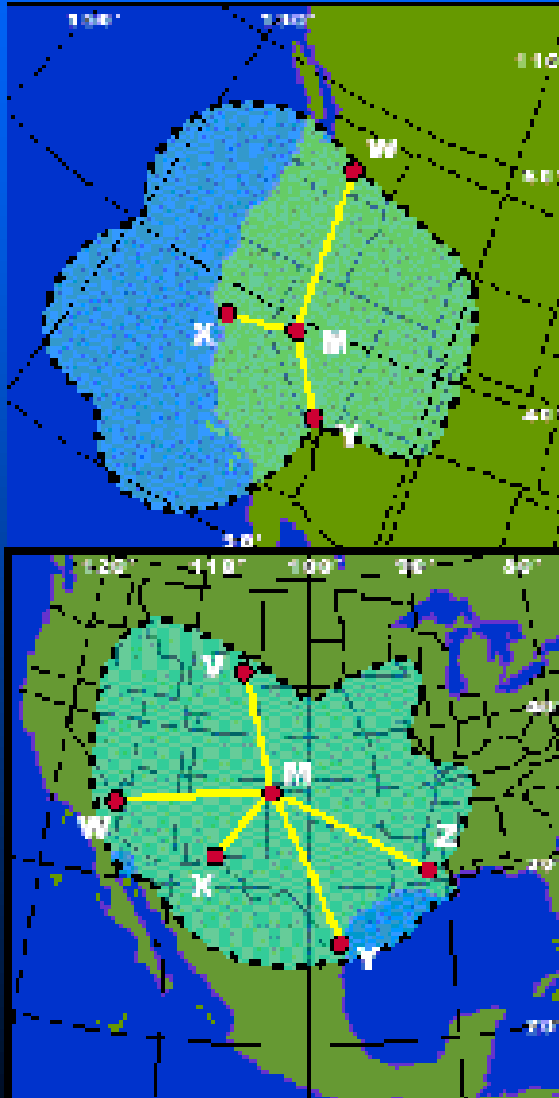
W trakcie ulepszania systemu LORAN A powstała seria "loranopodobnych" eksperymentalnych systemów hiperbolicznych: Loran-B, Cyclan, Cytac i w końcu LORAN C, który został oddany do użytku w roku 1957.

W 1974 roku ogłoszono decyzję o zastąpieniu systemu LORAN A LORAN-em C.

Parametry ogólne systemu

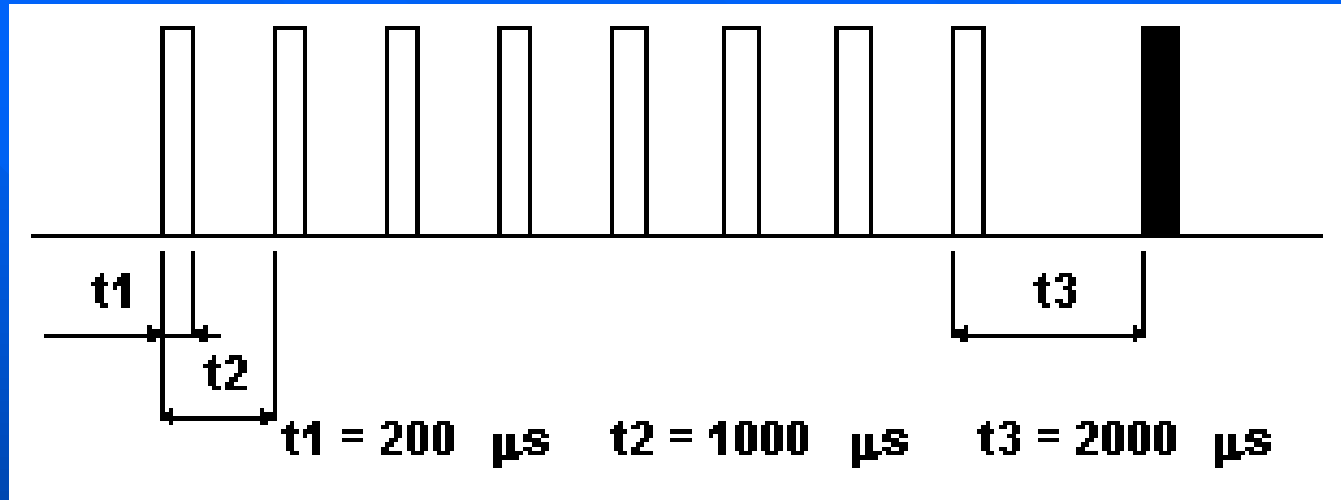
- Impulsowy system hiperboliczny dalekiego zasięgu (ok. 1200 Mm)
- Zasada działania oparta na pomiarze różnicy czasu pomiędzy impulsami odebranymi za stacji nadawczych.
- Częstotliwość nośna systemu 100 KHz
- Częstotliwość powtarzania $10 \div 34$ Hz

Zasada działania systemu Rozmieszczeniem stacji



- System zbudowano z łańcuchów w których skład wchodzi:
 - Stacja główna M (Master)
 - Dwie trzy lub więcej stacji podległych (Slave) oznaczanych W, X, Y, Z
- Lokalizacja jest funkcją geometrii i wielkości planowanego zasięgu
- W przypadku dwóch stacji podległych linie bazy najlepiej jeśli przecinają się pod kątem 150°
- W większej ilości tak aby pokrycie było w sektorze 360°
- Długość linii bazy równa 600 Mm jest kompromisem między geometrią siatki a mocą sygnału

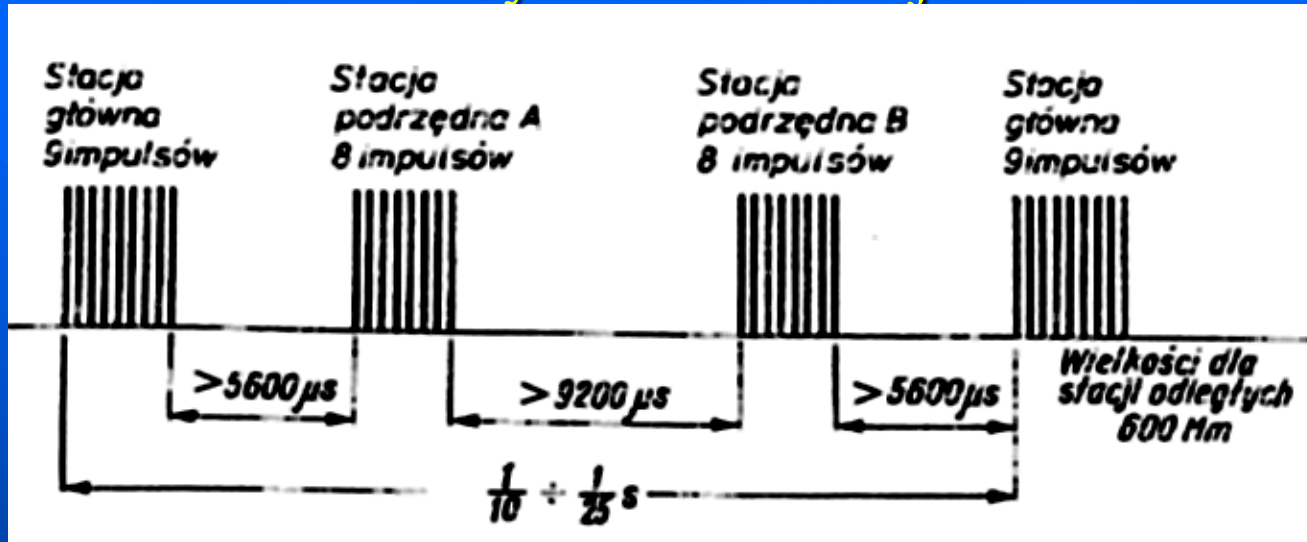
Zasada działania systemu Grupowanie impulsów



- Stacje emitują sygnał na częstotliwości nośnej 100 kHz grupy sygnałów:
 - 9 impulsów stacja główna
 - 8 impulsów stacja podległa
- Stacja Master emituje impuls 9 w celu jej identyfikacji

Zasada działania systemu

Cykliczność emisji



- *M* emituje grupę 9 impulsów umożliwiającą jej identyfikację
- *S* odbiera sygnał od *M* i po czasie zwanym opóźnieniem kodowym emituje grupę 8 impulsów
- Opóźnienie jest różne dla każdej stacji *S* i wydłuża się wraz z literą alfabetu
- Identyfikację *S* zapewnia odpowiednie zakodowanie sygnału

Zasada działania systemu

Cykliczność emisji

- Cykl powtarza się z charakterystyczną dla każdego łańcucha częstotliwością powtarzania (GRI Group Repetition Interval)
- Stacje emitują dwa typy sygnałów, różniące się wartościami częstotliwości powtarzania (GRI - *Group Repetition Interval*). Sygnał typu C ma 33.3 Hz, 25 Hz i 20 Hz (jak LORAN A), natomiast sygnał Cs 16.66 Hz, 12.5 Hz i 10 Hz
- Cykliczność sygnału i odpowiednie opóźnienie kodowe dla każdej stacji łańcuch pozwala odbiornikowi na odebranie sygnałów z poszczególnych stacji w ściśle określonej kolejności bez względu na pozycję odbiornika.

Zasada działania systemu

Kodowanie fazy

	Station																
	Master									Secondary							
First GRI Period	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Second GRI Period	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-

- **Kodowaniem fazy** nazywany jest proces modulacji fazy sygnału nośnego, polegający na odwróceniu fazy fali radiowej w usystematyzowany sposób.
- + faza 0°
- - faza 180°
- GRI – Group Repetition Interval

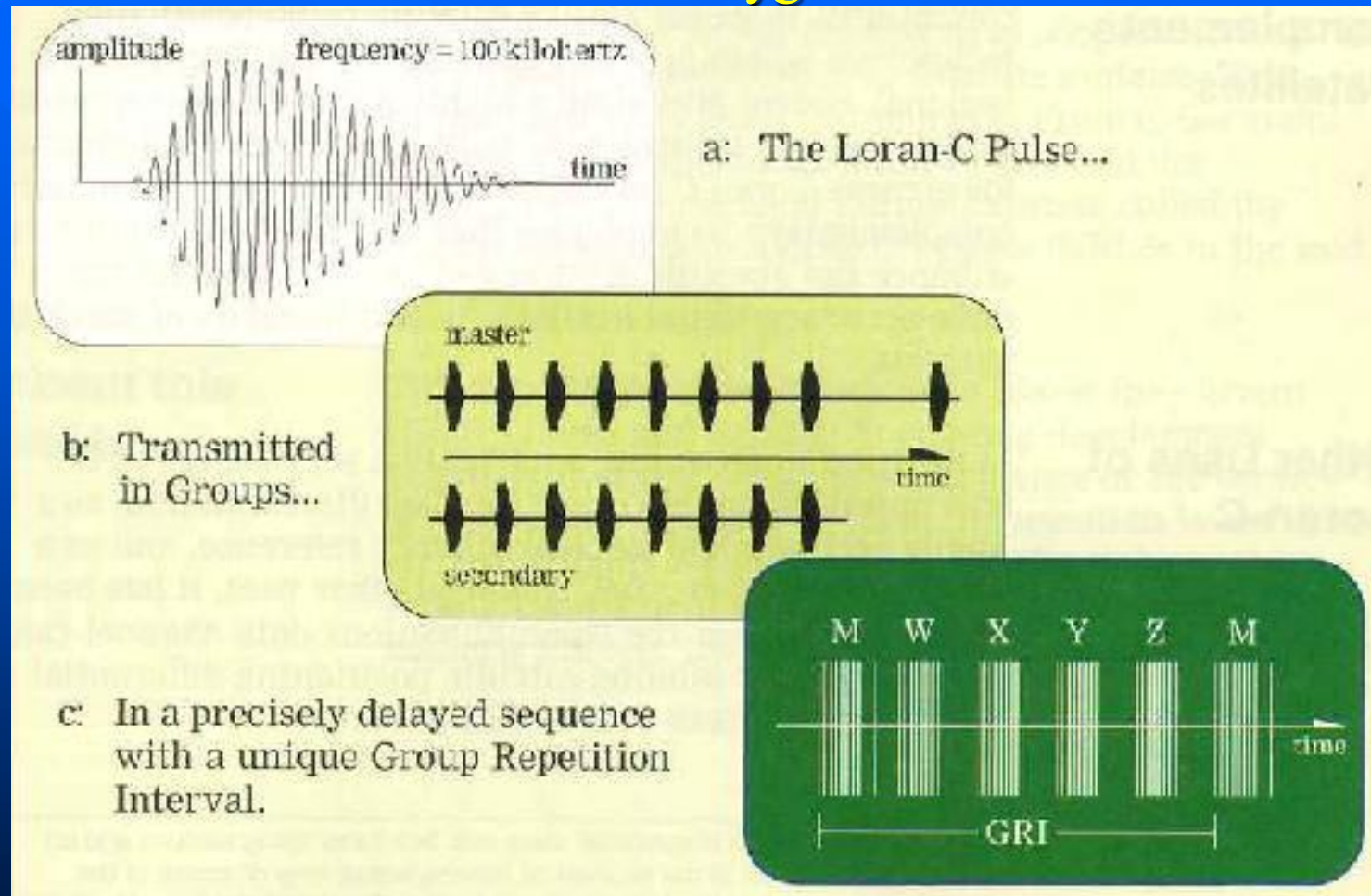
Zasada działania systemu

Zalety kodowania fazy

- Polepszenie zdolności identyfikowania i wyróżniania sygnałów z poszczególnych stacji łańcucha,
- Ułatwienie automatycznego śledzenia grup impulsów przez odbiornik,
- Wyeliminowanie interferencji fali powierzchniowej z falami jonosferycznymi.

Zasada działania systemu

Struktura sygnału



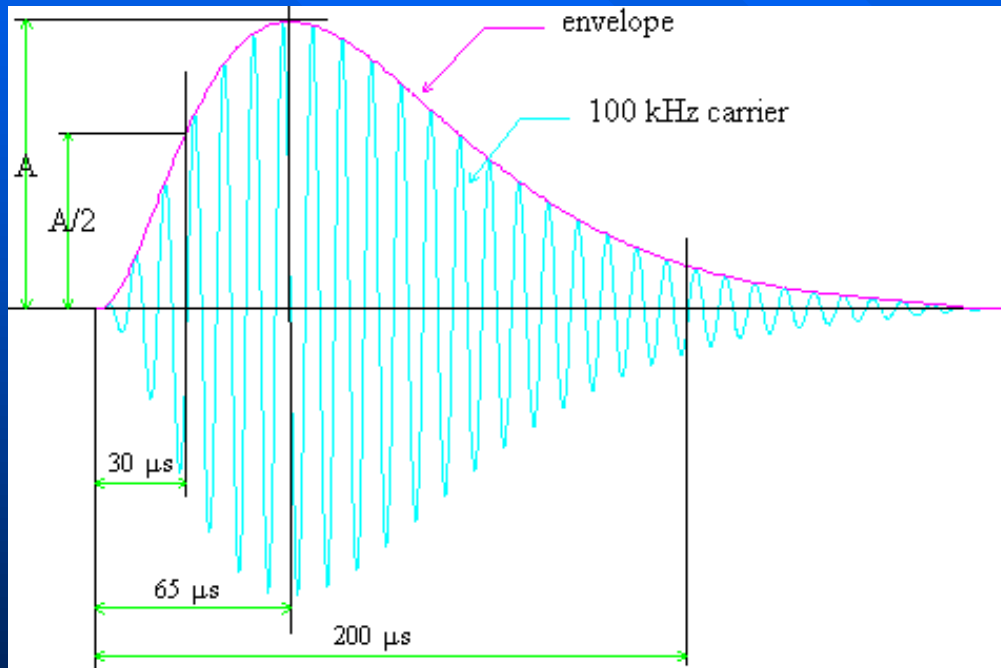
Zasada działania systemu

Oznaczanie łańcuchów

W skład symbolu opisującego linie pozycyjną wchodzi:

- Podstawowy okres powtarzania impulsów oznaczany symbolami literowymi H, L, S, SH, SL, SS co odpowiada okresom powtarzania 30000, 40000, 50000, 60000, 80000, 100000 μs ,
- Indywidualny okres powtarzania oznaczony jedna z cyfr od 0 do 7
- SS0-W-13500 oznacza:
 - SS –podstawowy okres powtarzania 100000 μs ,
 - 0 – indywidualny okres powtarzania impulsów równy 0,
 - W – dana stacja podległa,
 - 13500 – różnica czasu w μs

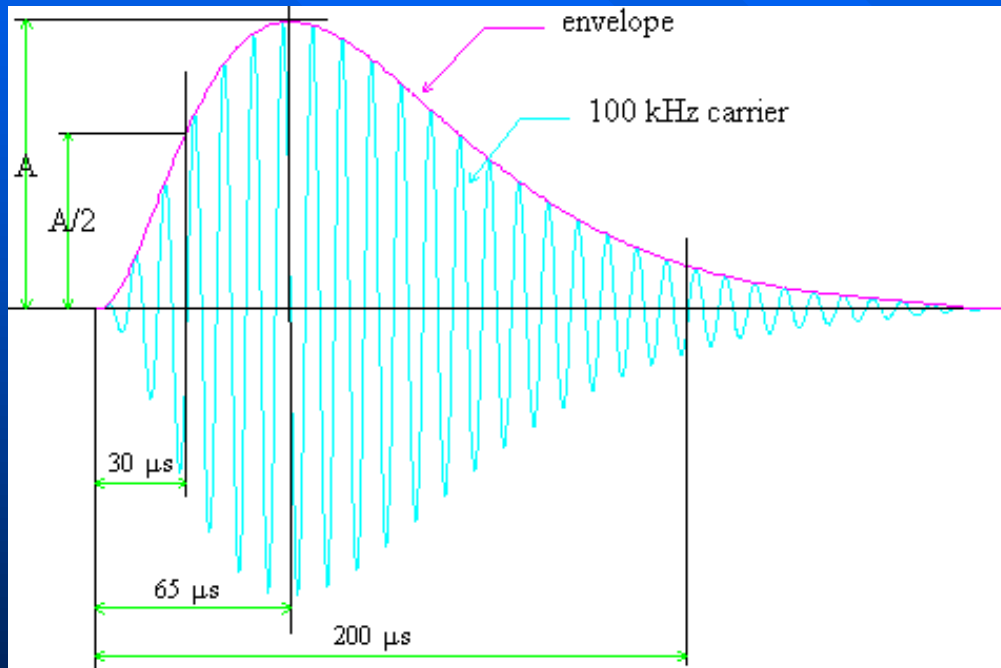
Zasada pomiaru przedziału czasowego



Pomiar dokonywany jest w dwóch etapach:

- Określenie opóźnienia czasu przybycia grupy impulsów ze stacji podległej względem impulsów przybywających ze stacji głównej,
- Zmierzenie przesunięcia fazowego fal nośnych sygnałów emitowanych ze stacji głównej i podległej.

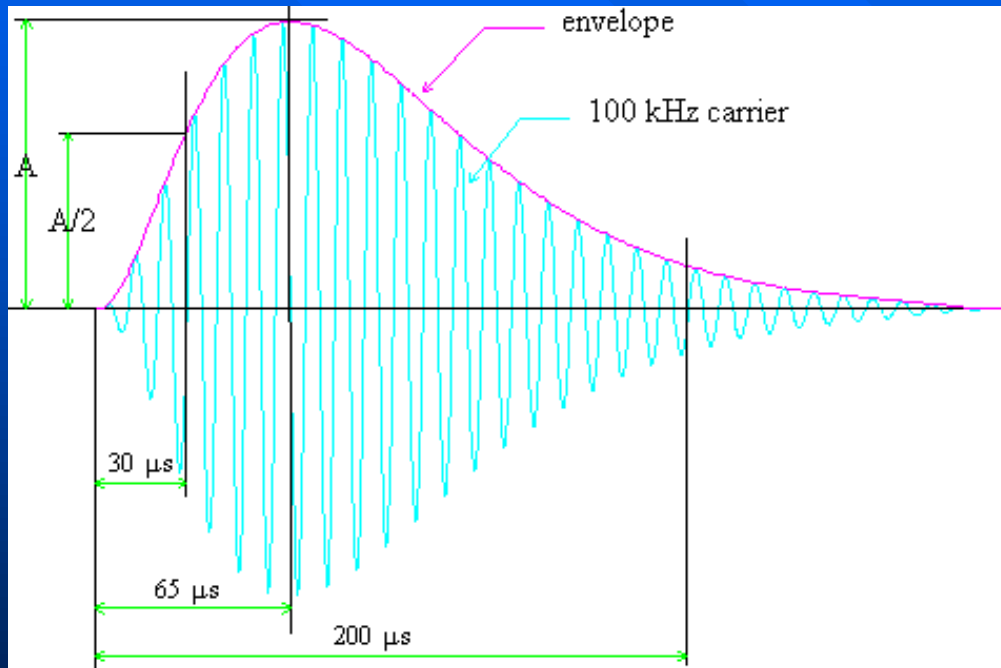
Zasada pomiaru przedziału czasowego



Dokonanie pomiaru metoda czasowa:

- Określenie punktu odniesienia impulsu.
- Opóźnienie między falą przyziemną a jonosferyczną dąży do $30 \mu s$
- Punkt odniesienia równy $30 \mu s$ od momentu pojawienia się impulsu.
- Punkt ten posiada połowę amplitudy obwiedni impulsu.

Zasada pomiaru przedziału czasowego



Dokonanie pomiaru metoda zliczenia okresów drgań fali nośnej:

- Identyfikacja fazy sygnału fali nośnej okresu najbardziej wyróżniającego się w ramach obwiedni śledzonego impulsu.
- Okres 2 – 3 i 3-4,
- Punkt odniesienia pomiarów okres trzeci
- Okres trzeci znajduje się ok. $30 \mu s$ jak w metodzie czasowej

Zasada pomiaru przedziału czasowego

Pomiar zgrubny



Podstawowe warunki:

- Zsynchronizowanie wszystkich układów odbiornika z momentem przyścia impulsów ze stacji głównej.
- Punktem odniesienia jest moment w którym obwiednia osiąga połowę swojej wartości maksymalnej (metoda czasowa lub zliczania impulsów).

Lokalny oscylator odniesienia dla poszczególnych impulsów generuje sygnały o fazie początkowej 90° .

Sygnał podawany jest na przesuwniki fazy co generuje sygnał o fazie odpowiedniej do dalszych porównań.

W efekcie otrzymuje się sygnał błędu.

Zasada pomiaru przedziału czasowego

Pomiar precyzyjny

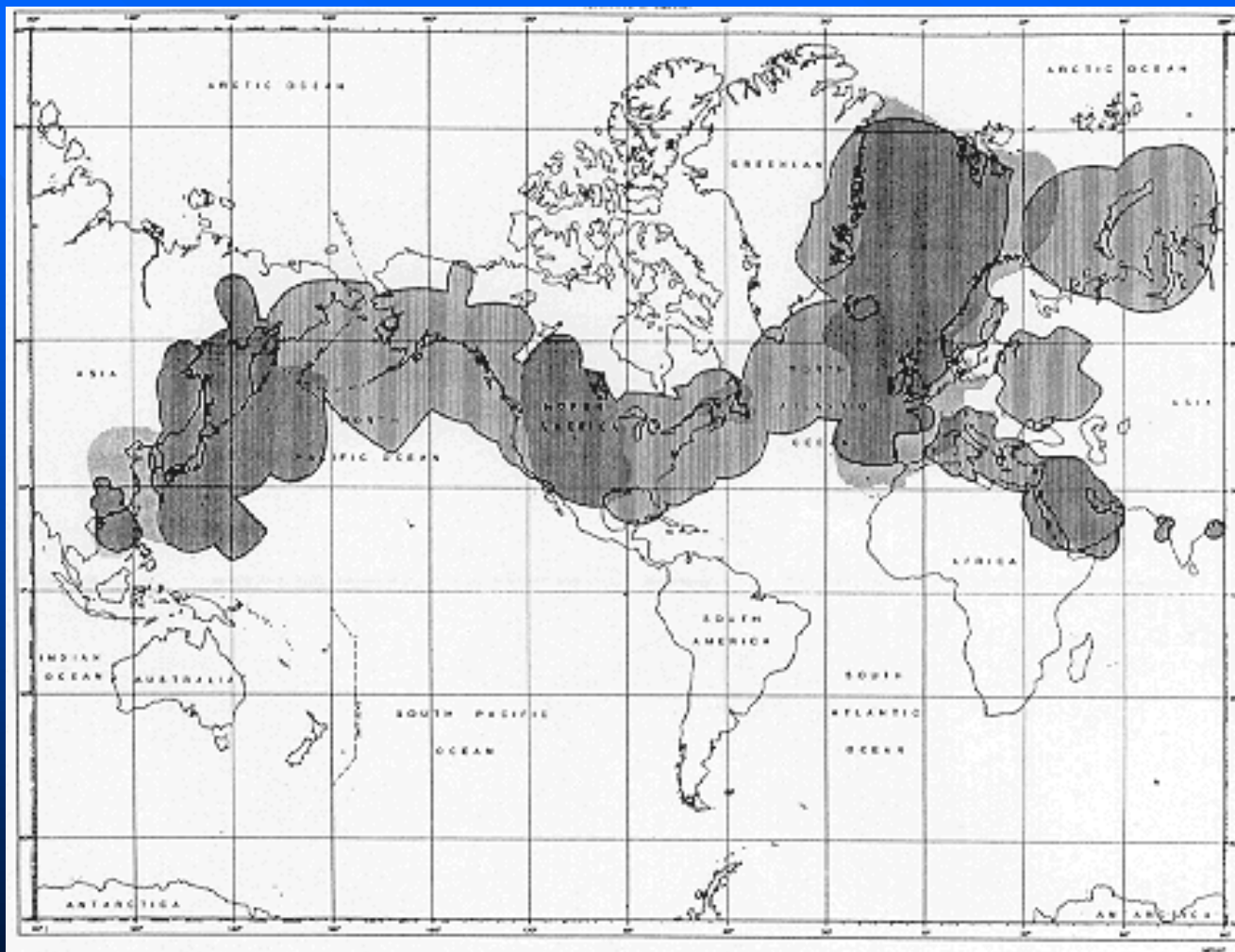


Polega na:

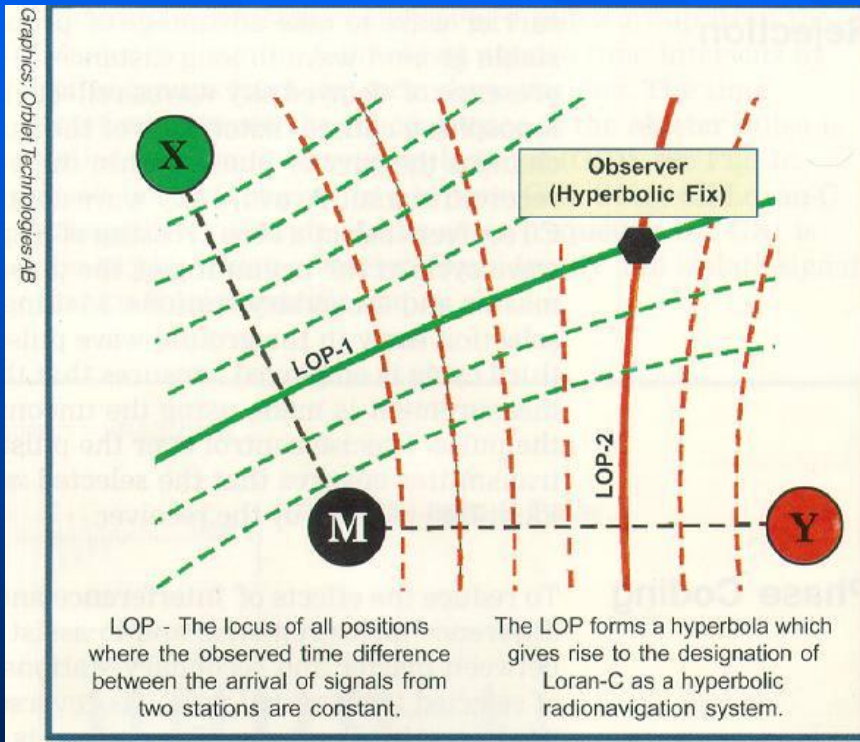
- Porównaniu fazy fali nośnej stacji głównej i danej stacji podległej.

Błąd cyklu

Eksploatacja systemu



Wyznaczanie pozycji



Linia pozycyjna układu hiperbolicznego:

- Linia stałej różnicy odległości od dwu punktów zwana hiperbolą.

Pozycja dwuwymiarowa:

- Dwie linie pozycyjne.
- Trzy radiolatarnie

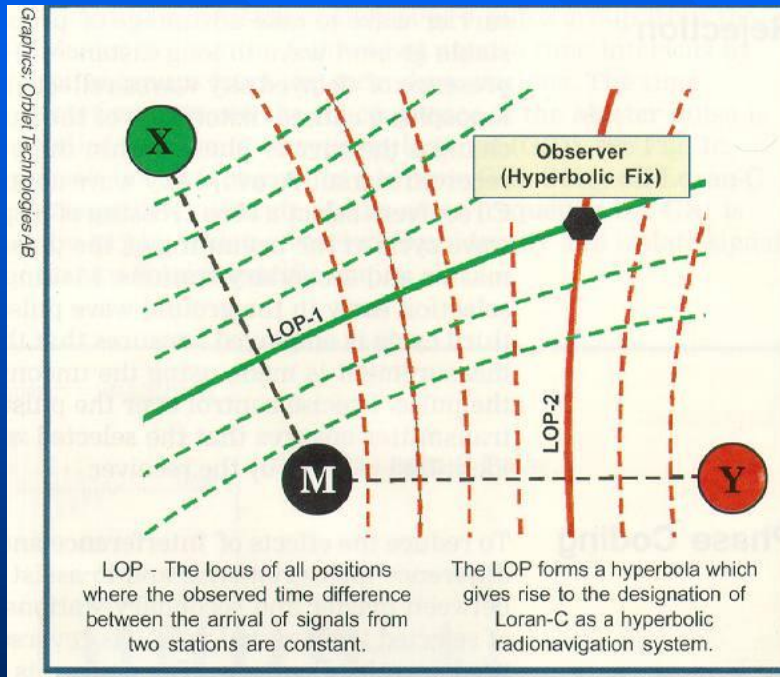
Linia pozycyjna wyznaczana jest:

- Na podstawie sygnałów stacji głównej i podrzędnej.

Linia łącząca M i S nazywana jest linią bazy d_b .

Obszar między dwoma liniami pozycyjnymi nazywany jest pasem hiperbolicznym.

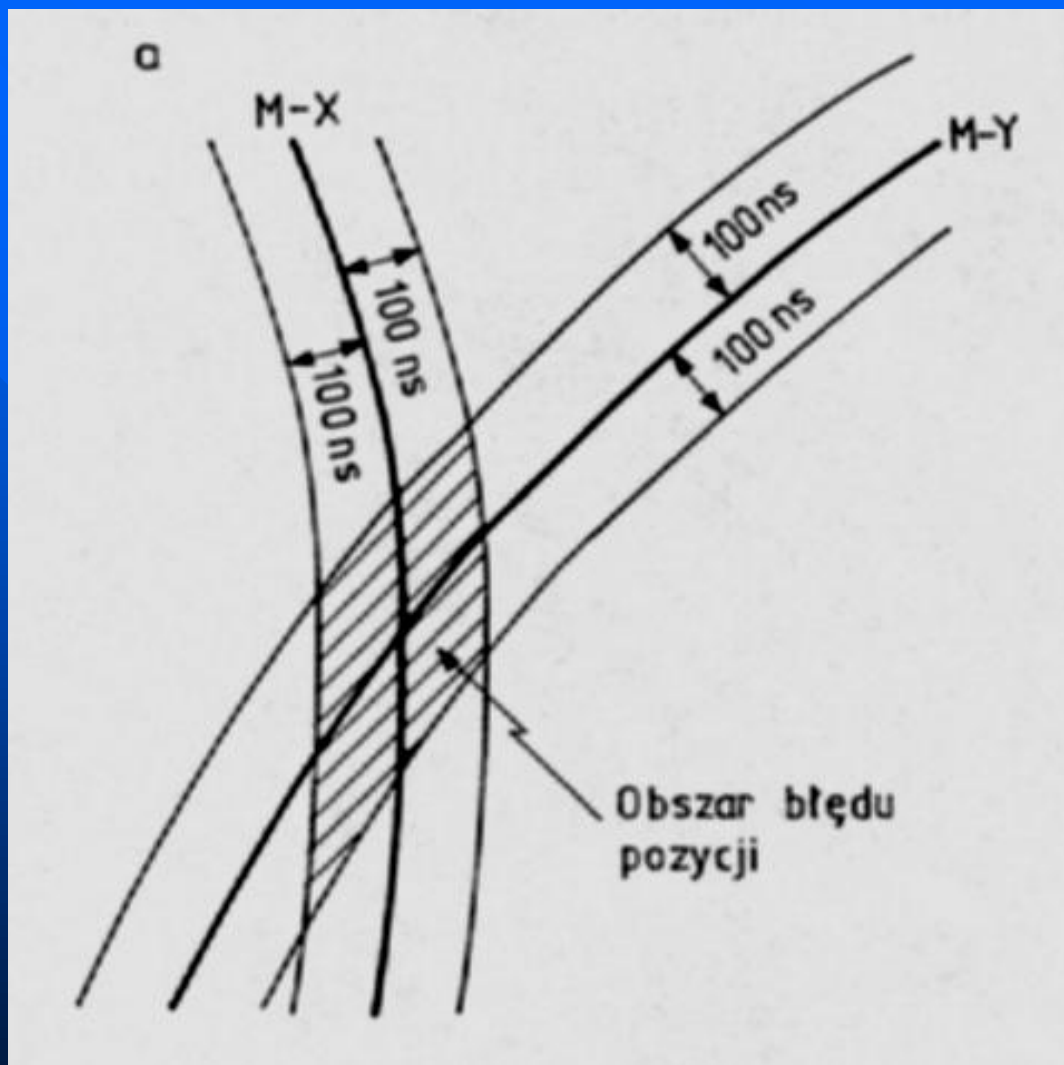
Wyznaczanie pozycji



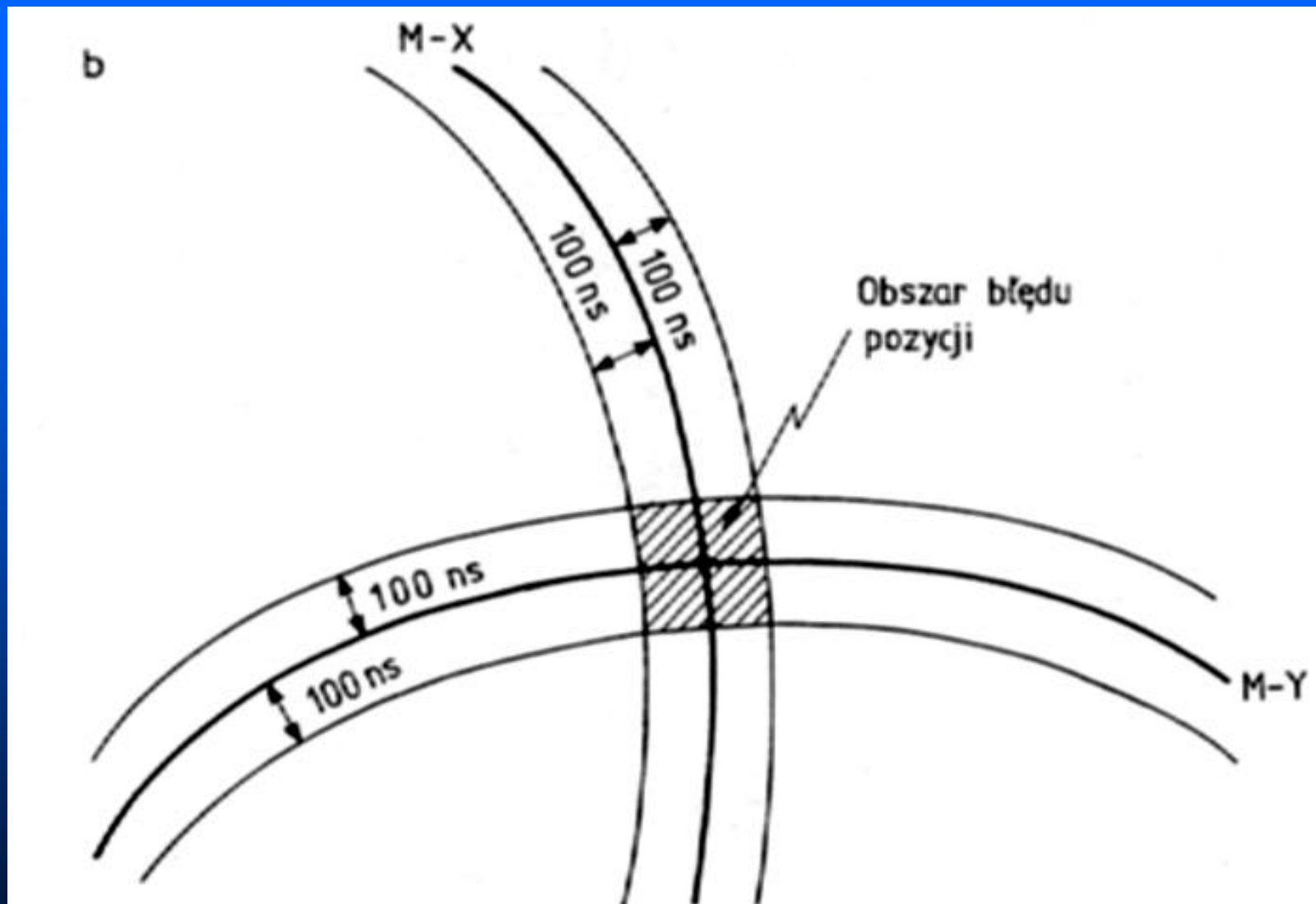
Położenie odbiornika względem linii bazy.

- Szerokość pasa hiperbolicznego zwiększa się w miarę oddalania od linii bazy.
- Ta sama różnica fazy sygnałów odpowiada większej odległości w terenie.
- Błąd wyznaczenia pozycji będzie wzrastał wraz z oddalaniem się od linii bazy.
- Sposób przecinania się linii pozycyjnych i wpływ na geometryczne rozmycie dokładności (GDOP)

Wyznaczanie pozycji



Wyznaczanie pozycji



Dokładność i zasięg systemu

Dokładność Loranu C zależy od:

- Warunków propagacji.
- Pory dnia – błąd rzędu dziesiątek ns.
- Zmian sezonowych – błąd rzędu kilku setek ns.
- Zmiana szybkości rozchodzenia się fali na skutek zmiany przewodności podłoża (***ADDITIONAL SECONDARY FACTOR (ASF)***)

Dokładność:

- Fala przyziemna 50-500 m
- Fala jonosferyczna odbita – dzień 3-5 Mm
- Fala jonosferyczna odbita – noc 5-8 Mm