

DGPS

Ograniczenia GPS

Wiele ograniczeń występujących przy stosowaniu odbiorników GPS usuniętych może być poprzez wykonywanie pomiarów metodami różnicowymi. Ich realizacja może polegać na:

- wprowadzaniu do odbiornika w czasie rzeczywistym poprawek do pomiarów, dostarczanych przez równoległe pracujący odbiornik systemu GPS o znanych współrzędnych anteny, transmitowanych np. drogą radiową,
- dokonaniu korekcji przez program opracowujący a posteriori rezultaty pomiarów wykonanych przy użyciu pary odbiorników: ruchomego i bazowego, o znanych współrzędnych anteny.

Ograniczenia GPS

Przy stosowaniu metod różnicowych możemy w dużym stopniu ograniczyć błędy wspólne dla pary lub grupy odbiorników. Są to między innymi:

- błędy spowodowane zmiennością opóźnień:
jonosferycznego i troposferycznego,
- niedokładności efemeryd,
- błędy zegara satelity,

Błędy eliminowane przez system różnicowy

Ograniczony dostęp kodu S/A:

- Wpływ taki sam dla każdego użytkownika,
- Błąd można całkowicie wyeliminować,
- Różnica w czasie odebranych sygnałów stacja – obiekt ruchomy,
- Zwiększenie częstotliwości nadawania sygnału poprawek.

Opóźnienie jonosferyczne:

- Źródło błędów dla odbiorników pracujących na jednej częstotliwości,
- Wraz ze zwiększeniem odległości od stacji referencyjnej zwiększa się wpływ,
- Skuteczna kompensacja do odległości 250 km od stacji referencyjnej.

Opóźnienie troposferyczne:

- Powstaje w dowolnych warstwach atmosfery,
- Całkowicie kompensowane dla bliskich odległości.

Błędy eliminowane przez system różnicowy

Błąd efemeryd:

- Brak zakłóceń S/A, błąd efemeryd mniejszy niż 3m,
- Błąd eliminowany całkowicie

Błąd zegara satelity:

- Zarówno stacja referencyjna jak i odbiornik obarczone tym samym błędem zegara satelity,
- Błąd całkowicie kompensowany.

Błąd wielotorowości sygnału oraz błędy odbiornika:

- Różne dla odbiornika i stacji referencyjnej,
- W metodzie różnicowej nie są eliminowane.

Dokładność technik różnicowych kodowych

Podstawowym celem technik różnicowych (ang. DGPS - Differential GPS) jest określenie i poprawienie błędów występujących w systemie. Kodowa technika różnicowa GPS pozwala na osiągnięcie dokładności od 0,5 do 5m.

Zasady techniki różnicowej kodowej

Technika DGPS opiera się na :

- odbiorniku referencyjnym umieszczonym w punkcie o znanych współrzędnych,
- błędy obserwowane przez dwa odbiorniki znajdujące się w tym samym obszarze są skorelowane.
- znajomość położenia odbiornika bazowego umożliwia obliczenie poprawki do swych pomiarów.
- Poprawki te są różnicą między rzeczywistym wynikiem pomiaru a wynikiem obliczonym na podstawie znanego położenia.
- Mierzona może być np. pseudoodległość lub zintegrowana faza nośnej.

Odbiornik referencyjny jest częścią stacji referencyjnej umieszczonej w obszarze gdzie istnieje zapotrzebowanie na dokładny serwis pozycyjny. Swoistą odmianę techniki różnicowej, opartą o pomiary fazowe, stosuje się w geodezji, wykorzystując do obliczeń różnice wielkości pomiarowych, w rezultacie uzyskujemy dokładne współrzędne wzajemne.

Systemy różnicowe w czasie rzeczywistym

Poprawki są formatowane i wysyłane drogą radiową. Odbiornik bazowy wraz z nadajnikiem poprawek stanowią stację bazową DGPS. Odbiornik użytkownika odbiera poprawki i włącza je w swoje obliczenia nawigacyjne.

W 1983 Radio Technical Commission for Maritime Service (RTCM) powołała komitet SC-104 w celu ustanowienia standardu transmisji poprawek różnicowych i formatów przesyłanych danych.

Stacja referencyjna

Typowa stacja referencyjna składa się z:

- odbiornika GPS z anteną,
- procesora danych,
- nadajnika z anteną.

Stacja referencyjna

Odbiornik GPS użyty w stacji powinien być wielokanałowy i śledzić wszystkie satelity znajdujące się ponad horyzontem. Przy obecnej konstelacji oznacza to odbiornik 12 kanałowy.

Każdy z satelitów powinien być śledzony od momentu wzejścia do momentu zajścia za horyzont. Poprawki powinny być transmitowane zaraz po stwierdzeniu odpowiedniego poziomu sygnału do szumu i ustabilizowaniu się filtrów kodu i nośnej.

Stacja referencyjna powinna wspomagać śledzenie kodu pomiarami nośnej, które są mniej zaszumione.

Stacja referencyjna ma możliwość, poprzez porównanie pomiarów pseudoodległości ze znaną geometryczną odległością do satelity, natychmiastowej detekcji błędnych danych. Powinna ona poinformować o zaistnieniu takiej sytuacji odbiorniki ruchome wysyłając odpowiednią wiadomość. Sytuacja ta jest niezmiernie mało prawdopodobna, lecz możliwe jest, że satelita zacznie nadawać błędne dane zanim stacja kontrolna zdąży przesłać mu nowy status "zdrowia".

Sprzęt użytkownika

Typowy zestaw odbiorczy użytkownika składa się z:

- odbiornika GPS z anteną,
- procesora danych,
- odbiornika radiowego poprawek z anteną.

Sprzęt użytkownika

Mogą to być odbiorniki:

- wielokanałowe,
- jedno lub kilku kanałowe używające technik sekwencyjnych, równoległych, multipleksowania kanałów,
- rozwiązanie może być uzyskiwane na podstawie danych ze wszystkich satelitów lub najlepszego zestawu,
- użyte mogą zostać dowolne niezależne czujniki.

Łącze transmisyjne

Łącze transmisyjne może wykorzystywać dowolną częstotliwość i modulację. Istnieje tylko jeden warunek: szybkość transmisji powinna wynosić co najmniej 50 baud. Z punktu widzenia odbiornika ruchomego rodzaj łącza nie ma znaczenia tak długo jak dostarcza ono poprawek. W przypadku DGPS dostępnego publicznie łącze powinno być standardowe i jego parametry ogólnie dostępne. W instalacjach prywatnych możliwe jest kodowanie wiadomości a tym samym ograniczenie dostępu tylko do użytkowników autoryzowanych

Przegląd częstotliwości radiowych dla transmisji poprawek

Niskie i średnie częstotliwości :

- pasmo niskiej częstotliwości (LF): od 30 do 300 kHz,
- pasmo średniej częstotliwości (MF): od 300 kHz do 3 MHz.

Na częstotliwościach tych pracują m.in. morskie i lotnicze latarnie kierunkowe. US Coast Guard używa systemu swych latarni kierunkowych do transmisji poprawek w standardzie RTCM.

Zasięg w praktyce:

- ponad 150 kilometrów na morzu,
- 20 do 100 kilometrów w głąb lądu,

Prędkość transmisji wynosi od 50 do 100 bitów na sekundę. Obecnie na prawie całym wybrzeżu USA dostępne są poprawki różnicowe w tym właśnie systemie.

Również na polskim wybrzeżu działają trzy stacje nadające poprawki różnicowe na falach długich, doskonale wspomagają one nawigację morską, jednak ich zasięg na lądzie nie przekracza kilkudziesięciu kilometrów.

Komercyjne łącza ustanowione zostały w górnym zakresie pasma MF na częstotliwościach bliskich 2 MHz. Systemy te przeznaczone głównie do zastosowań morskich posługują się modulacją FSK, jeden ton przypisany jest zeru a drugi jedyńce. Łącza te wykorzystują z reguły protokół AX.25. Zasięg wynosi 400 kilometrów na morzu i 50 na lądzie.

Przegląd częstotliwości radiowych dla transmisji poprawek

Fale krótkie:

- **Pasmo fal krótkich rozciąga się od 3 do 30 MHz.**
- **Komunikacja w tym paśmie opiera się przede wszystkim na odbiciach od jonosfery dając zasięg transmisji do tysięcy kilometrów.**
- **Problem stanowią zaniki sygnału a także zatłoczenie pasma, które powodować może interferencje.**
- **W niektórych rejonach świata dostępne są komercyjne łącza HF DGPS podobne do łączy operujących w rejonie 2 MHz.**

Przegląd częstotliwości radiowych dla transmisji poprawek

Fale ultrakrótkie :

- Pasma wysokiej częstotliwości rozciąga się od 30 do 300 MHz,
- Pasma ultrawysokiej częstotliwości rozciąga się od 300 MHz do 3 GHz.
- Komunikacja na tych pasmach przy użyciu nadajników naziemnych w zasadzie ograniczona jest do linii widoczności.
- W rzeczywistości jednak troposfera przenosi fale nieco poza horyzont optyczny.
- Gdy obydwie anteny znajdują się na wysokości 10 metrów maksymalny zasięg transmisji wynosi 26 kilometrów. Zasięg ten może być nieznacznie większy na morzu, natomiast zasięg na lądzie może być mniejszy ze względu na ukształtowanie terenu i budowle.
- Rozszerzyć zasięg można posługując się siecią retransmiterów. Dane najczęściej przesyłane są z użyciem modulacji FSK i protokołu AX.25 przy szybkości 1200, 2400 i 9600 bitów na sekundę.
- Skorzystać można też z istniejących łączy. Przykładem mogą być sieci telefonii komórkowej. Mają one jednak ograniczenia innych systemów UHF/VHF, takie jak ograniczony zasięg, wrażliwość na przeszkody terenowe, a ponadto koszty ich użytkowania są znaczące.

Przegląd częstotliwości radiowych dla transmisji poprawek

Łączność satelitarna:

- **Podstawową zaletą łączności satelitarnych jest pokrycie dużych obszarów.**
- **Obecnie dostępne są komercyjne systemy oparte o satelity Inmarsat i Landsat.**
- **Opracowywane są także systemy oparte na satelitach niskich orbit (LEO).**
- **Zaletą ich w porównaniu z systemami opartymi na satelitach geostacjonarnych jest mniejszy rozmiar i koszt odbiornika**

Odmiany technologii różnicowych

Poprawki do położenia:

- **Starą, lecz niekiedy oferowaną metodą jest obliczanie poprawek jako różnicy pomiędzy zmierzoną a znaną pozycją stacji bazowej.**
- **Poprawki te są następnie dodawane do pozycji obliczanej przez odbiornik ruchomy.**
- **Podejście to jest pozornie prostsze, jednak błąd wyznaczonej pozycji silnie zależy od wykorzystanych do jej wyznaczenia satelitów.**
- **Odbiornik referencyjny musiałby więc obliczać i wysyłać poprawki do pozycji obliczonej z każdej możliwej kombinacji satelitów.**

Odmiiany technologii różnicowych

Poprawki do pseudoodległości:

- **Najczęściej stosowaną metodą jest obliczanie poprawek do pseudoodległości.**
- **Poprawki te są różnicą pomiędzy pseudoodległością obserwowaną przez stację bazową a odległością obliczoną na podstawie efemerydy i położenia stacji bazowej.**
- **Odbiornik ruchomy dodaje poprawki do swoich pomiarów pseudoodległości.**
- **Stacja bazowa powinna obserwować wszystkie widoczne satelity i obliczać dla nich poprawki różnicowe. Dzięki temu nie dochodzi do sytuacji, gdy odbiornik ruchomy nie może znaleźć rozwiązania różnicowego z powodu zbyt małej liczby satelitów z poprawkami.**
- **Błędy obserwowane przez stację bazową i odbiornik ruchomy są skorelowane do odległości około 400-500 km.**

Odmiiany technologii różnicowych

Poprawki do pseudoodległości:

- **Poprawki otrzymywane przez odbiornik ruchomy zawsze są opóźnione, chociażby ze względu na czas potrzebny do ich obliczenia i czas transmisji.**
- **Zasadniczą kwestią jest wielkość tego opóźnienia, która nie powodowałaby znaczącego pogorszenia dokładności.**
- **Dynamika zmian SA sięga do 0.2 m/s, więc po 5 sekundach poprawki obarczone będą błędem 1 m.**
- **Uznając 1 m za graniczny dopuszczalny błąd poprawki wymagane jest co najmniej jedno uaktualnienie na 5 sekund.**
- **Wymaganie to można złagodzić transmitując oprócz poprawek pseudoodległości także prędkość zmian pseudoodległości.**

Odmiany technologii różnicowych

Poprawki do pseudoodległości:

Poprawki transmitowane mogą być w dwojaki sposób:

- Ze stacji bazowej do odbiornika ruchomego - najczęściej spotykana sytuacja. Odbiornik ruchomy sam oblicza swoją pozycję.
- Odbiornik ruchomy transmituje surowe dane nawigacyjne do stacji bazowej, która oblicza pozycję odbiornika ruchomego. Dzięki takiemu podejściu obliczenia dokonywane przez odbiornik ruchomy ulegają uproszczeniu, prostsza może być więc i jego konstrukcja. Metoda ta wykorzystana jest w systemach automatycznej lokalizacji pojazdów (AVL - Automatic Vehicle Location).

Odmiany technologii różnicowych

Pomiar kodu wygładzony pomiarami fazy:

- Typowy błąd losowy pomiaru kodu ma wartość średniokwadratową rzędu jednego procenta długości kodu.
- Dla kodu C/A oznacza to około trzech metrów.
- Natomiast dla kodu P około 30 cm, kod ten dostępny jest jednak tylko użytkownikom autoryzowanym.
- W przypadku pomiarów fazy nośnej wartość błędu średniokwadratowego jest rzędu dziesiątych milimetra. Problemem jest jednak nieznaną odległość pomiędzy satelitą a stacją referencyjną w momencie rozpoczęcia pomiaru, związana z nieoznaczonością całkowitej liczby cykli.
- Pomiary kodu nie posiadają tej niedogodności - odległość do satelity jest znana.
- Łącząc cechy obydwu typów pomiarów. czyli:
 - absolutną znajomość odległości, lecz duże zaszumienie - w przypadku pomiarów kodu,
 - znajomość tylko przyrostów odległości, lecz minimalne zaszumienie - w przypadku pomiarów nośnej, otrzymujemy nowy typ pomiaru - pomiar kodu wygładzony pomiarem nośnej.

Odmiany technologii różnicowych

Pomiary kinematyczne w czasie rzeczywistym:

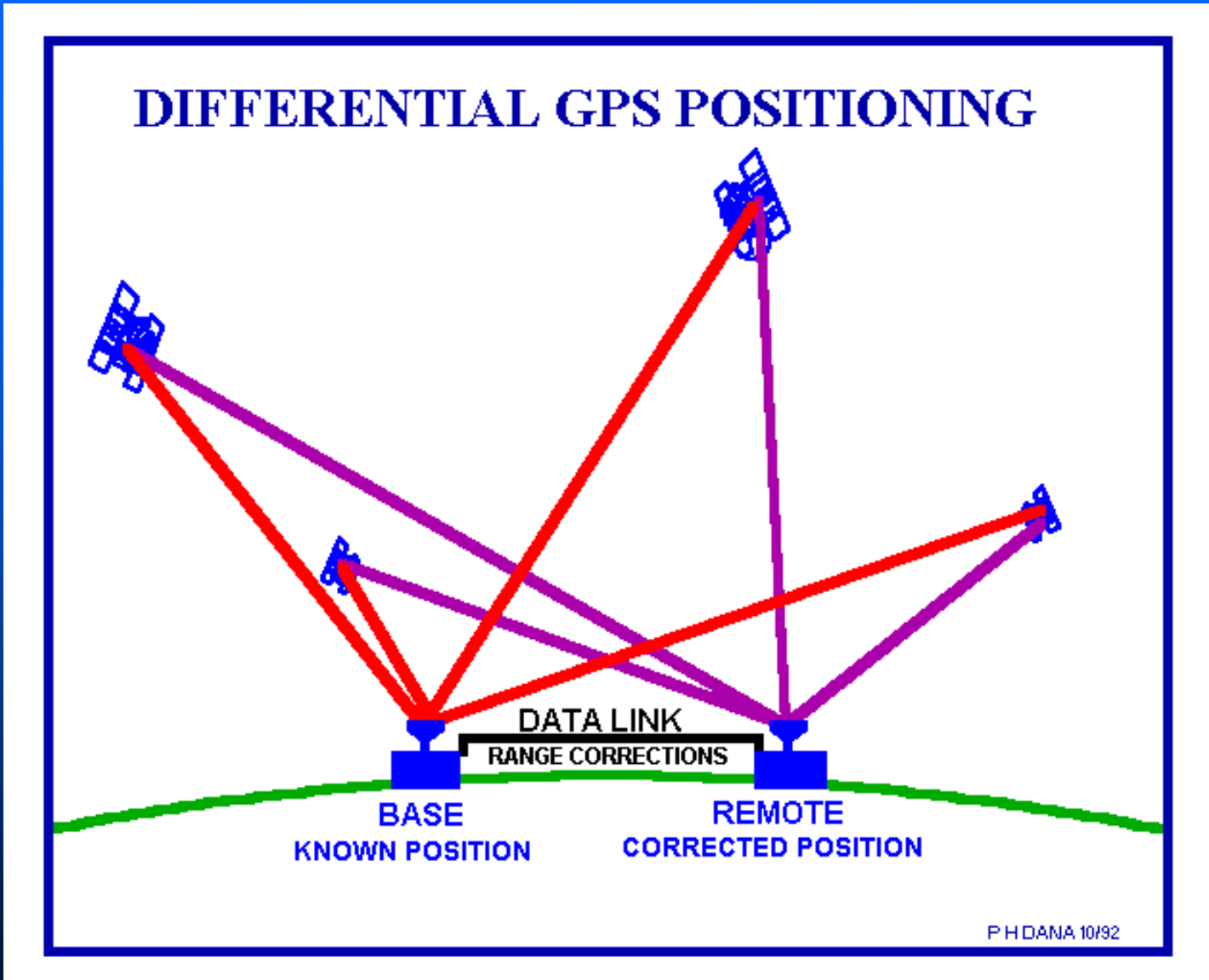
- **Pomiary fazy nośnej umożliwiają w trybach różnicowych osiągnięcie precyzji milimetrowej.**
- **Pomiary te są rutynowo używane do precyzyjnego określania położenia, z użyciem technik statycznych, kinematycznych i pseudokinematycznych.**
- **Wszystkie te metody wymagają zainicjowania pomiarów w punkcie o znanych współrzędnych lub zainicjowania przez kilkuminutowy pomiar w stałym punkcie.**
- **Ostatnie postępy zaowocowały powstaniem techniki "on-the-fly" nie wymagającej procesu inicjalizacji i umożliwiającej uzyskanie dokładności centymetrowej.**
- **Pomiary mogą być wykonywane również w czasie rzeczywistym i wtedy określane są nazwą Real-Time Kinematic.**
- **Standard RTCM przewiduje dla pomiarów RTK wiadomości typu 18 do 21. Konieczna jest jednak duża częstotliwość uaktualniania poprawek: 0.5 do 2 sekund.**

Odmiany technologii różnicowych

Pomiary w czasie rzeczywistym i postprocessing:

- W przypadku, gdy pomiar w czasie rzeczywistym nie jest konieczny, istnieje możliwość zapisywania danych generowanych przez odbiornik ruchomy i odbiornik referencyjny.
- Rozwiązanie różnicowe obliczane jest w późniejszym momencie na podstawie zapisanych danych.
- Zaletą tej metody jest rezygnacja z łącza radiowego.

Zasięg DGPS



Zasięg DGPS

Pojedyncza stacja referencyjna:

- Pojedyncza stacja dostarcza poprawek ważnych w obszarze o promieniu około 300 km.
- W praktyce obszar ten jest zazwyczaj mniejszy ze względu na ograniczenia środka transmisji.

Zasięg DGPS

Rozszerzony DGPS: LADGPS - Lokalny GPS różnicowy

- Tak jak w przypadku rozszerzonego DGPS, LADGPS obejmuje sieć stacji referencyjnych.
- W tym przypadku jednak odbiornik ruchomy oblicza wartość poprawki jako średnią ważoną poprawek transmitowanych przez różne stacje referencyjne, umożliwia to zwiększenie odległości między stacjami bez zmniejszenia precyzji.

Zasięg DGPS

Rozszerzony DGPS:

WADGPS - GPS różnicowy dla dużego obszaru

- Ideą WADGPS (Wide Area DGPS) jest zwiększenie obszaru na którym poprawki zachowują ważność, a przez to zmniejszenie liczby stacji bazowych potrzebnych do pokrycia danego regionu świata.
- Poprawki różnicowe zawierają połączony efekt wielu źródeł błędów.
- Dokładność ich spada wraz ze wzrostem odległości od stacji bazowej. Podejście stosowane w WADGPS polega na analizie poszczególnych źródeł błędów i modelowaniu ich zmian, a następnie przesłaniu poprawek dla każdego z satelitów do użytkownika.
- Użytkownik stosuje te poprawki uwzględniając odległość od stacji bazowej. WADGPS wymaga rozszerzenia obecnego standardu RTCM-104.

Zasięg DGPS

Rozszerzony DGPS:

WADGPS - GPS różnicowy dla dużego obszaru

- W skład WADGPS wchodziłaby sieć rozrzuconych po świecie stacji kontrolnych, które transmitowałyby swe obserwacje do stacji głównej. Stacja główna obliczałaby poprawki i transmitowała je do użytkowników. Efekt błędu położenia stacji bazowej i błędów efemerydy rośnie ze wzrostem odległości, tak więc w przypadku WADGPS współrzędne stacji kontrolnych powinny być znane wyjątkowo dokładnie, a efemerydy obliczane przez stację główną powinny być dokładniejsze od efemeryd zdegradowanych przez SA.
- Te nowe efemerydy byłyby częścią wiadomości WADGPS. Ze względu na różne dla różnych punktów opóźnienie jonosferyczne, powinno być ono modelowane, estymowane i przesyłane do użytkownika. Biorąc pod uwagę powyższe stacja bazowa wyposażona powinna być w odbiornik dwuczęstotliwościowy by umożliwić pomiar opóźnienia jonosferycznego. Pożądane jest też wykorzystanie częstotliwości pochodzącej ze wzorca atomowego. Znacząco redukuje to zaburzenia zegara odbiornika i umożliwia lepsze estymowanie błędu zegara satelity (SA oprócz degradowania dokładności efemeryd degraduje też stabilność zegara satelity).
- WADGPS ma potencjał zniesienia wpływu SA na dużym terenie oraz pokonania przestrzennych ograniczeń DGPS. Szczególne duże możliwości daje tu wykorzystanie do transmisji poprawek satelitów geostacjonarnych, takich jak Inmarsat.

Zasięg DGPS

Rozszerzony DGPS: Technika pseudosatelitów

- Transmisja poprawek DGPS odbywa się zazwyczaj przez specjalnie do tego celu przeznaczone łącze wykorzystujące oddzielną częstotliwość, różną od L1 czy L2.
- Sygnał pseudosatelity używa tej samej częstotliwości, modulacji, sposobu kodowania jak sygnał rzeczywistych satelitów.
- Kody poszczególnych pseudosatelitów choć mają tę samą długość co kody satelitów są od nich różne i wybrane tak by miały niski współczynnik korelacji z nimi.
- Transmitowana depesza zawiera między innymi poprawki różnicowe.

Zasięg DGPS

Rozszerzony DGPS: Technika pseudosatelitów

- Transmitując poprawki w ten sposób unika się konieczności stosowania oddzielnej anteny, łączy dany i interfejsu. Ponadto odbiornik uzyskiwać może dodatkowe pomiary pseudoodległości do pseudosatelity.
- Technika ta ma jednak podstawową wadę - propagacja sygnału o częstotliwości L1 ograniczona jest do linii widzialności. W konsekwencji może być ona stosowana z powodzeniem dla aplikacji lotniczych, w przypadku aplikacji morskich, a tym bardziej lądowych ograniczona jest do małego obszaru.
- Standard RTCM-104 rezerwuje dla pseudosatelitów wiadomości typu 8 i 12 - odpowiednio almanach i parametry stacji. Szczegóły tych typów nie zostały jednak jeszcze ustalone (w wersji 2.1 standardu).

Standard RTCM SC-104

- **Najszerzej stosowanym standardem transmisji poprawek jest standard zdefiniowany przez Radio Technical Commission For Marine Services.**
- **W technologii RTK, ze względu na wymaganą dużą prędkość transmisji danych stosuje się często inne, bardziej oszczędne formaty informacji, nie są one jednak objęte standaryzacją.**
- **Format RTCM SC-104 zawiera 63 typy wiadomości.**

Standard RTCM SC-104

Nr typu	Aktualny status zawartości	Nazwa depezy
1	Ustalona	Poprawki różnicowe DGPS
2	Ustalona	Poprawki delta-różnicowe DGPS
3	Ustalona	Parametry stacji referencyjnej
4	Wycofana	Geodezyjna
5	Ustalona	Status konstelacji
6	Ustalona	Ramka zerowa
7	Ustalona	Almanachy latarni morskich
8	Próbną	Almanachy pseudosatelitów
9	Ustalona	Poprawki różnicowe dla indywidualnych satelitów
10	Rezerwowa	Poprawki różnicowe kodu P
11	Rezerwowa	Delta poprawki kodu C/A L1 i L2
12	Rezerwowa	Parametry pseudosatelitów
13	Próbną	Parametry przekaźników naziemnych
14	Rezerwowa	Depesza pomocnicza geodezyjna
15	Rezerwowa	Depesza jonosferyczna (troposferyczna)
16	Ustalona	Depesza specjalna
17	Próbną	Almanach efemeryd
18	Próbną	Nieskorygowane pomiary fazy nośnej
19	Próbną	Nieskorygowane pomiary pseudoodległości
20	Próbną	Poprawki fazy nośnej RTK
21	Próbną	Poprawki pseudoodległości RTK
22-58	Niezdefiniowane	
59	Próbną	Depesza prywatna
60-63	Rezerwowe	

Standard RTCM SC-104

Typ 1 - Poprawki różnicowe GPS

- Jest to podstawowy typ wiadomości.
- Zawiera poprawkę różnicową i pochodną pseudoodległości. Z każdą poprawką związany jest parametr IOD (Issue of Data), określający moment na który wyznaczono efemerydę i parametry zegara satelity, na podstawie których z kolei wyznaczona jest poprawka dla tego satelity.
- Odbiornik ruchomy może stosować poprawkę tylko do pseudoodległości o tym samym IOD

Standard RTCM SC-104

Typ 2 - Poprawki delta-różnicowe

- Poprawki te przeznaczone są dla odbiorników które nie dekodują nowych efemeryd zaraz po otrzymaniu. Stacja referencyjna dekoduje efemerydy natychmiast, mogą więc zdarzyć się sytuacje gdy IOD danych przez nią użytych i IOD danych używanych przez odbiornik ruchomy różnią się. Rozwiązanie różnicowe będzie wtedy obarczone dodatkowym błędem wynikającym z różnicy użytych danych.
- Sytuacji takiej zapobiega uwzględnienie poprawki delta-różnicowej będącej różnicą poprawki wyznaczonej na podstawie danych o starym IOD i wyznaczonej na podstawie danych o nowym IOD: oraz delta-różnicowej poprawki prędkości zmian pseudoodległości.
- Wiadomość tego typu ma sens tylko gdy transmitowana jest wraz z wiadomością typu 1. Odbiornik ruchomy oblicza poprawkę do pseudoodległości jako sumę poprawki transmitowanej w wiadomości typu 1 i poprawki delta-różnicowej z typu 2.

Standard RTCM SC-104

Typ 3 - Parametry stacji referencyjnej

- **Wiadomość ta zawiera współrzędne ECEF anteny stacji referencyjnej z dokładnością decymetrową.**
- **Współrzędne podane są w układzie WGS-84**

Standard RTCM SC-104

Typ 4 - Parametry geodezyjne

- Wiadomość ta przeznaczona była dla pomiarów geodezyjnych z użyciem zintegrowanych pomiarów nośnej.
- Obecnie została ona wycofana i w przyszłej wersji standardu wykorzystana może być do zupełnie innych celów.
- Jej rolę przejęły wiadomości 18 i 21.

Standard RTCM SC-104

Typ 5 - Status konstelacji

- Wiadomość ta zawiera dane wspomagające działanie odbiorników ruchomych.
- Składają się na nie, dla każdego z satelitów: "zdrowie" takie jak transmitowane w depeszy nawigacyjnej, obserwowany przez stację referencyjną stosunek sygnału do szumu dla danego satelity, zezwolenie na użycie do nawigacji danego satelity choć transmituje on informację o braku "zdrowia", ostrzeżenie o przewidywanej utracie "zdrowia" przez satelitę.

Standard RTCM SC-104

Typ 6 - Ramka zerowa

- **Wiadomość ta nie zawiera żadnych parametrów.**
- **Może ona zostać użyta do wypełnienia transmisji, transmitowana w momencie, gdy inne wiadomości nie są jeszcze gotowe, lub używana do utrzymania synchronizacji przez odbiorniki ruchome.**
- **Pole danych tej wiadomości wypełnione jest sekwencją zer i jedynek.**

Standard RTCM SC-104

Typ 7 - Almanach latarni morskich

- **Wiadomość ta zawiera almanach latarni morskich wyposażonych w stacje różnicowe DGPS.**
- **Almanach zawiera dane o: położeniu latarni, częstotliwości, pokrywanym obszarze, typie modulacji, sposobie kodowania i „zdrowiu”. Informacje te wykorzystane mogą zostać przez odbiornik ruchomy do wyboru optymalnej stacji referencyjnej.**

Standard RTCM SC-104

Typ 8 - Almanach pseudosatelitów

- **Wiadomość ta wspiera technikę pseudosatelitów.**
- **Zawiera ona:**
 - **współrzędne pseudosatelity, przypisany mu kod Golda, czteroznakowy identyfikator, informację o „zdrowiu”.**
- **Cel jej transmisji jest taki sam jak w przypadku wiadomości typu 7.**

Standard RTCM SC-104

Typ 9 - Poprawki różnicowe dla podzbioru satelitów

- Wiadomość ta zawiera takie same poprawki jak wiadomość typu 1.
- Nie zawiera ona jednak poprawek dla wszystkich satelitów lecz dowolnego podzbioru.
- Przeznaczona jest ona dla użytkowników powolnych łączy radiowych w obecności skokowo pojawiających się zakłóceń.
- Odbiornik może zastosować poprawki nie czekając aż skompletowana zostanie cała wiadomość typu 1.
- Ponadto nagły wzrost zakłóceń zaburzy odbiór poprawek tylko dla pewnego podzbioru satelitów, a nie dla wszystkich jak by to miało miejsce w przypadku wiadomości typu 1.
- Wiadomość tego typu stosowana może być też wraz z wiadomością typu 1 dla zwiększenia częstotliwości przesyłania poprawek dla satelitów o wyjątkowo wysokiej prędkości zmian pseudoodległości. Stosowanie tej wiadomości ogranicza konieczność posiadania zegara o dużej stabilności, ponieważ używane poprawki mają różny czas odniesienia.

Standard RTCM SC-104

Typ 10 - Poprawki różnicowe dla kodu P

- Wiadomość ta zawierać ma poprawki różnicowe otrzymane dla pomiarów kodu P na częstotliwościach L1 i L2.
- Jej zawartość w obecnej wersji standardu nie jest ustalona.

Standard RTCM SC-104

Typ 11 - Poprawki różnicowe dla kodu C/A L2

- **Wiadomość ta zarezerwowana jest dla poprawek różnicowych do pomiarów kodu C/A na częstotliwości L2, w wypadku gdyby przyszłe satelity taki kod transmitowały.**
- **Jej format podobny będzie do formatu wiadomości typu 1.**

Standard RTCM SC-104

Typ 12 - Parametry stacji pseudosatelitów

- **Wiadomość ta zawierać ma offset zegara stacji pseudosatelitów oraz współrzędne środka fazowego jej anteny nadawczej.**
- **Jej format w obecnej wersji standardu nie jest ustalony.**

Standard RTCM SC-104

Typ 13 - Parametry przekaźnika naziemnego

- **Wiadomość ta zawiera położenie i szacunkowy zasięg naziemnego przekaźnika poprawek.**
- **Zawiera ona też informację o statusie przekaźnika, jeśli jest on równy jeden należy oczekiwać transmisji wiadomości typu 16 zawierającej dalsze szczegóły (np. planowane wyłączenie przekaźnika, nadchodząca zła pogoda mogąca powodować przerwy w transmisji).**

Standard RTCM SC-104

Typ 14 - Dodatkowe informacje geodezyjne

- **Zawartość i format pozostają do ustalenia.**

Standard RTCM SC-104

Typ 15 - Wiadomość jonosferyczna (troposferyczna)

- **Ostateczny format tej wiadomości nie został jeszcze ustalony.**
- **Zawierać ona będzie parametry modelu jonosfery, być może te same co podane w ICD-GPS-200 lecz oparte na bardziej aktualnych danych.**
- **Parametry troposfery obejmować będą: temperaturę, ciśnienie i wilgotność.**

Standard RTCM SC-104

Typ 16 - Wiadomość specjalna

- **Wiadomość ta zawiera dowolny tekst w ośmiobitowym kodzie ASCII, może ona zostać bezpośrednio wyświetlona lub wydrukowana**

Standard RTCM SC-104

Typ 17 - Almanach efemeryd

- **Wiadomość 17 zawiera efemerydy satelitów. Nadawana jest na wypadek gdyby IODC (Issue of Data, Clock) nie odpowiadał IODE (Issue of Data, Ephemeris).**
- **W takiej sytuacji stacja referencyjna obliczać będzie poprawki na podstawie starych efemeryd.**
- **Transmitowane efemerydy umożliwią szybkie skorzystanie z poprawek odbiornikowi zaczynającemu pracę w systemie.**

Standard RTCM SC-104

Typy 18 - 21 - Wiadomości RTK

- **Wiadomości 18 - 21 zawierają informacje przeznaczone przede wszystkim dla wysokodokładnych pomiarów geodezyjnych.**
- **Typ 18 zawiera nieskorygowane pomiary fazy nośnej, natomiast typ 19 zawiera nieskorygowane pomiary pseudoodległości.**
- **Wiadomości typu 20 i 21 zawierają odpowiednio: poprawki do fazy nośnej i poprawki do pseudoodległości.**
- **Wiadomość 21 jest podobna do wiadomości 1, lecz zawiera dodatkowe informacje o jakości danych.**

Standard RTCM SC-104

Typy 22 - 58 - Niezdefiniowane

Wiadomości 22 do 58 są obecnie niezdefiniowane

Standard RTCM SC-104

Typ 59 - Wiadomość prywatna

- **Wiadomość 59 zarezerwowana jest dla operatorów stacji referencyjnych, którzy chcieliby przekazywać swym użytkownikom specjalne wiadomości**

Standard RTCM SC-104

Typy 60 - 63 - Zarezerwowane

- **Wiadomości 60 - 63 zarezerwowane są dla celów testowania nowych typów wiadomości**

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Głównymi źródłami błędów w technologii GPS są:

- ograniczony dostęp - SA,
- błędy efemeryd,
- błąd zegara satelity,
- opóźnienie jonosferyczne,
- opóźnienie troposferyczne,
- odbiór sygnałów odbitych,
- szum kodu i nośnej.

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Ograniczony dostęp

- Segment nadzoru ma możliwość celowego wywołania błędów w sygnale transmitowanym przez satelity.
- Wprowadzane zaburzenie mają dwie składowe:
 - proces epsilon: zmieniane są parametry efemerydy by spowodować pozorną zmianę położenia satelity - amplituda do 100m, okres: godziny,
 - proces delta: zaburzana jest częstotliwość zegara satelity co powoduje błędy w określaniu momentu transmisji sygnału - amplituda do 50m, okres: minuty.
- Klucz pozwalający usunąć powyższe zaburzenia dostępny jest tylko autoryzowanym użytkownikom. Użytkownicy nieautoryzowani posłużyć się mogą techniką różnicową.
- Obserwowany wpływ SA na pomiar pseudoodległości jest taki sam dla każdego użytkownika. Dzięki temu poprawka różnicowa eliminuje SA całkowicie.
- Problemem jest duża szybkość zmian SA, co powoduje występowanie dekorelacji czasowej. Powoduje to konieczność zwiększenia częstotliwości transmisji poprawek.

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Opóźnienie jonosferyczne

- Opóźnienie w propagacji sygnału zmienia się zazwyczaj od 20-30 metrów w dzień do 3-6 metrów w nocy. Stanowi to problem dla odbiorników pracujących na jednej częstotliwości (L1, kod C/A). Odbiorniki pracujące na dwóch częstotliwościach mogą opóźnienie to zmierzyć.
- Efekt opóźnienia jonosferycznego wykazuje silną dekorelację przestrzenną. Wraz ze wzrostem odległości odbiornika ruchomego od stacji bazowej wzrasta różnica dróg, które muszą pokonać sygnały w jonosferze do każdego z tych odbiorników.
- Przyjmuje się, że opóźnienie jonosferyczne jest prawidłowo kompensowane do odległości 250 km.

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Opóźnienie troposferyczne

- **Opóźnienie to powstaje w dolnych warstwach atmosfery. Wynosi ono do 3 metrów.**
- **Zależy od temperatury, ciśnienia i wilgotności. Jest ono prawie całkowicie kompensowane.**

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Błąd efemeryd

- Błąd ten jest różnicą pomiędzy rzeczywistym położeniem satelity a położeniem przewidzianym na podstawie danych orbitalnych satelity.
- Błąd ten wynika z niedokładności modelu ruchu satelity oraz nieprzewidywalnych perturbacji.
- W nieobecności SA jest on mniejszy niż 3 metry.
- Poprawka różnicowa eliminuje ten błąd prawie całkowicie.

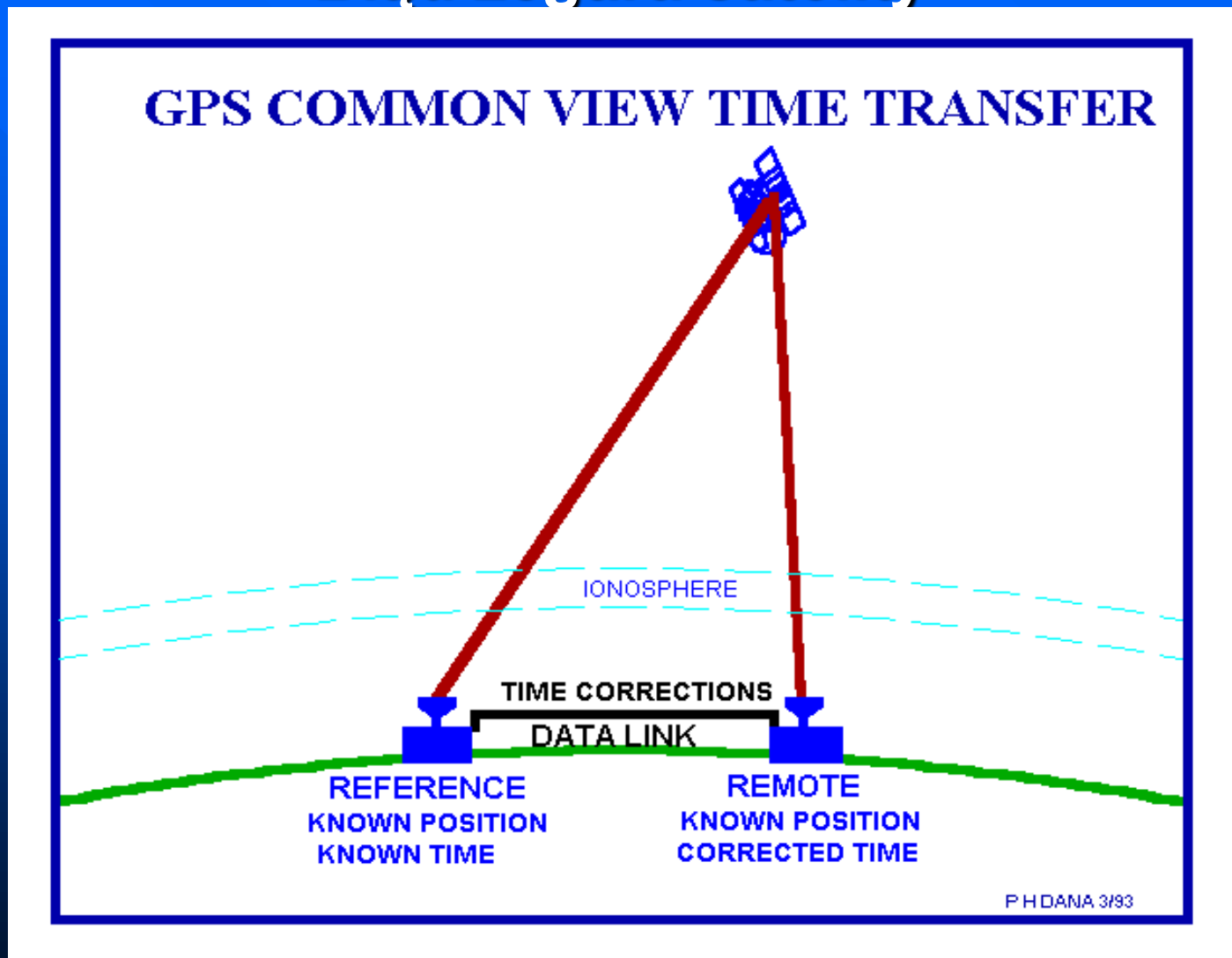
Redukcja błędów w technikach różnicowych

Błąd zegara satelity

- **Różnica pomiędzy rzeczywistym czasem GPS a wskazaniem zegara satelity.**
- **Obserwator ruchomy i stacja referencyjna obserwują taki sam błąd zegara satelity, dzięki czemu jest on całkowicie kompensowany.**

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Błąd zegara satelity



Redukcja błędów w technikach różnicowych

Odbiór sygnałów odbitych

Nieskorelowany pomiędzy odbiornikiem ruchomym a stacją referencyjną - nie jest eliminowany.

Redukcja błędów w technikach różnicowych

Szum kodu i nośnej

Nieskorelowany pomiędzy odbiornikiem ruchomym a stacją referencyjną - nie zostanie wyeliminowany.