

Marcin CHRZAN¹
Jerzy WOJCIECHOWSKI²

PROJEKTY W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII SATELITARNEJ W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

W artykule przedstawiono charakterystykę głównych projektów Europejskich w zakresie wykorzystania sygnałów pozyskiwanych z systemu GALILEO w celu wyznaczenia położenia pociągu na szlaku kolejowym. Przedstawiono także możliwość wykorzystania odmiany różnicowej systemu GPS do zwiększania dokładności określania pozycji pociągu względem elementów infrastruktury kolejowej.

PROJECTS FOR THE USE OF SATELLITE TECHNOLOGY IN THE RAIL TRANSPORT

This paper presents the characteristics of major European projects on the use of signals derived from the Galileo system in order to determine the location of the train along the railway. It also provides the possibility to use a variety of differential GPS system to increase the accuracy of determining the position of the train against elements of the rail infrastructure.

1. WSTĘP

GALILEO w transporcie kolejowym jest przewidziany dla powiązania funkcji sterowania i nadzorowania a także zwiększenia bezpieczeństwa w oparciu o istniejące systemy ERTMS/ETCS. Może być także wykorzystany do zapewnienia wysokiej stabilności systemów serwerowych [1] oraz systemów zasilania[5]. Wysoki wymóg bezpieczeństwa w pracy sektora kolejowego może być zaspokojony przez wykorzystanie sygnałów pozyskiwanych z systemu nawigacji GALILEO w powiązaniu z innymi czujnikami zainstalowanymi na pojazdach trakcyjnych takimi jak liczniki kilometrów, balisy czy żyroskopy. Wprowadzenie nawigacji satelitarnej w europejski system kolejowy

¹Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-00, 361-77-02, Fax: + 48 48 361-77-42

E-mail: m.chrzan@pr.radom.pl

²Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-00, 361-77-67, Fax: + 48 48 361-77-42

E-mail: j.wojciechowski@pr.radom.pl

ETCS/ERTMS głównie może poprawiać wydajność połączeń na liniach wysoko obciążonych (magistrale kolejowe) i obniżyć koszty na liniach małoobciążonych i połączeniach regionalnych.

Galileo może przyczynić się do wysokiego poziomów bezpieczeństwa przewozów na całym świecie, szczególnie gdzie nie ma odpowiedniego wyposażenia w urządzenia przytorowe przekazywania informacji. Zmieniające się wymagania odnośnie zabezpieczenia ruchu kolejowego powodują, że nie wszystkie kraje mogą realizować prowadzenie ruchu kolejowego w oparciu o nowoczesne systemy srk. Wiele linii kolejowych nie jest przygotowanych do kontroli i automatycznego prowadzenia pociągu. Wprowadzenie systemu Galileo w transporcie kolejowym umożliwi:

- zarządzanie pociągami i przesyłkami;
- zarządzanie informacjami dla pasażerów;
- optymalizację zużycia energii;
- budowanie rozkładów jazdy.

Oczywiście funkcje, które oferuje system Galileo dla swoich użytkowników w pełni pokrywają się z funkcjami oferowanymi przez system GPS. Należy jednak dodać, że Galileo oferuje znacznie precyzyjniejszy serwis nawigacyjny oraz serwis ratunkowy SAR, czego dotychczasowe systemy GPS i GLONASS nie oferowały[2].

W ramach projektów badawczych prowadzonych dla kolejnictwa a opartych o system Galileo można wyróżnić:

- PROJEKT GADEROS,
- PROJEKT APOLO.

2. PROJEKT GADEROS

Globalny system nawigacji satelitarnej GNSS jako technologia został już wprowadzony w transporcie kolejowym poprzez takie podsystemy jak GPS, GLONASS, EGNOS i realizowany obecnie (2010 rok) Galileo. Do tej pory większość aplikacji satelitarnych wdrażanych na kolei nie jest związanych z bezpieczeństwem, ale raczej funkcjonalnością - pomoc w kontroli ruchu, zarządzaniem zasobami oraz obsługą klienta. Zasadnicza trudność pojawia się przy próbie wprowadzenia tej nowej technologii w aplikacjach związanych z bezpieczeństwem, takimi jak automatyczne zabezpieczenia i sterowania ruchem pociągów. Jest to spowodowane wymogami bezpieczeństwa jaki musi być osiągnięty bez względu na zastosowaną technologię. Europejski standard interoperacyjności kolei jest obecnie głównym problemem, co jest odzwierciedlone w pracach i dyrektywach EC (Komisji Europejskiej) w zakresie polityki transportowej i rozwoju europejskiego systemu zarządzania ruchem kolejowym ERTMS oraz europejskiego systemu sterowania pociągami ETCS. Zastosowanie technologii GNSS w ERTMS będzie miało kilka zalet, przede wszystkim poprawa dokładność i obniżenie kosztów inwestycji w urządzenia infrastruktury [3]. Ale proces wdrażania GNSS w ETCS musi przebiegać wedle bardzo precyzyjnie określonej procedury, która zarządzana jest przez Europejskie Stowarzyszenie na rzecz Interoperacyjności Kolei (AEIF).

GADEROS (*Galileo Demonstrator for Railway Operation System*) - jest to projekt mający na celu wykorzystanie systemu GNSS dla lokalizacji pojazdów trakcyjnych wykorzystujących infrastrukturę kolejową opartą o systemy ERTMS/ETCS. Konsorcjum,

które realizuje projekt GADEROS składa się z dziewięciu organizacji z czterech krajów. Koordynatorem projektu jest Ineco (Hiszpania). Pozostali członkowie konsorcjum to:

- European Rail Research Institute (Netherlands);
- Railway Safety (UK);
- Nottingham Scientific European Rail Research Institute (Holand);
- THALES Navigation (France);
- TIFSA (Spain),
- GMV Sistemas (Spain);
- SENER Limited (UK);
- AENA (Spain).

Projekt GADEROS proponuje:

- definicję wspólnej podstawy funkcjonalnej i wspólnego interfejsu dla potrzeb lokalizacji pociągów. Funkcje te mają być zintegrowane w systemie ERTMS/ETCS;
- stworzenie jednolitych wspólnych scenariuszy testów i procedur oceny, które będą stosowane w różnych krajach Europy, które będą wdrażały aplikacje;
- opracowanie procedur symulacji opartych na istniejących urządzeniach ERTMS/ETCS (poziomu 2 i 3) na symulatorze mogących wykazać interoperacyjności i kompatybilności satelitarnych systemów lokalizacji z urządzeniami systemu ETCS;
- Utworzenie centrum badawczego oraz przebadanie co najmniej jednego prototypu urządzania.

System ten ma dać inne techniczne podejście dla funkcji lokalizacji kolejowej, głównie dla linii kolejowych konwencjonalnych i mało obciążonych. Testy prototypów realizowanych w ramach innych projektów na liniach małoobciążonych dostarczyły informacji o mogących występować sytuacjach ruchowych i krytycznych na tych liniach, co pozwoliło na wdrożenie projektu w dużej skali z uwzględnieniem uwag eksploatacyjnych wynikających z innych projektów.

Celem było opracowanie potrzeb i wymagań użytkowników kolejowych dotyczących wykorzystania systemu GNSS w funkcji lokalizacji pociągu do różnych zastosowań, ze szczególnym naciskiem na bezpieczeństwo aplikacji o znaczeniu krytycznym. Ostateczna architektura integracji i specyfikacja techniczna interfejsu zostaną ustalone i zaakceptowane przez użytkowników, dostawców i właściwe zarządy kolejowe. Trzy różne funkcjonalne architektury GNSS/ETCS zostały zaproponowane dla nowych podsystemów oraz ich interfejsów. Najprostszym sposobem jest użycie podsystemu lokalizacji GNSS uzupełnionym lub zastępującym czujniki ruchu stosowane obecnie w ETCS, takie jak tachometry lub radar dopplerowski. Innym sposobem jest wprowadzenie wirtualnych punktów odniesienia (balis wirtualne), aby mogły służyć jako punkt odniesienia dla licznika kilometrów. Trzeba jednak zaznaczyć, że w tym rozwiązaniu nadal istnieje potrzeba utrzymywania „fizycznych” balis w celu uzupełnienia wirtualnych balis w miejscach, gdzie brak jest sygnałów GNSS, np. w tunelach lub obszarach gdzie dostęp do sygnału satelitów jest ograniczony. Trzecie podejście ma na celu całkowitą likwidację balis. Podsystem lokalizacji GNSS dostarcza wtedy informację odometryczną do urządzeń pokładowych ETCS. Warto zauważyć, że poziom bezpieczeństwa GNSS, został zbadany w projekcie w celu ustalenia, czy spełnia aktualne wymagania ETCS. W wyniku badań

stwierdzono, że bezpieczeństwo odometrycznych układów GNSS jest osiągalne za pomocą konkretnych architektur systemów oraz dokładnych map cyfrowych linii kolejowej. Badania terenowe zostały przeprowadzone na linii Madryt - Talavera w Hiszpanii. Badania prowadzone były przez TIFSA z udziałem hiszpańskich kolei państwowych (RENFE).

3. PROJEKT APOLO

APOLO (*Advanced Position Locator System*) – jest ukierunkowany na system GPS i EGNOS uwzględniając także wdrożenie systemu GALILEO: Projekt ten przewiduje zwiększenie dokładności wyznaczania pozycji dla obiektów znajdujących się w obrębie infrastruktury kolejowej. Projekt koordynował THALES NAVIGATION, a uczestniczyli w nim:

- DSNP FR;
- ERRI NL;
- SAB WABCO IT;
- RAILTRACK UK;
- TIFSA/RENFE ES;
- CZECH RAILWAYS CZ.

Standardowo błąd wyznaczania pozycji po 2000 roku dla systemu GPS wynosi $2\sigma = 20$ m (95% ufności). Przy zastosowaniu urządzeń pokładowych takich jak odometr, gyrometr, korygowanych sygnałami satelitarnymi projekt APOLO ma zapewnić błąd nie większy niż $2\sigma = 4,8$ m (95% ufności). Natomiast przy wykorzystaniu pozostałych systemów satelitarnych jak EGNOS, WASS i LAAS technologia APOLO zapewnia $2\sigma \sim 1$ m (95% ufności).

Celem projektu było przeprowadzenie eksperymentalnej weryfikacji modułu APOLO dla celu pozycjonowania w czasie rzeczywistym pojazdów kolejowych. Testy zostały przeprowadzone na torach dwóch spółek kolejowych - Kolei Czeskich (CD) i hiszpańskich (RENFE). Moduł pozycjonowania APOLO został zainstalowany w pojazdach szynowych, zgodnie ze specyfikacjami zawartymi instrukcji w WI4000 (pozycjonowanie instalacji modułów) i badania zostały przeprowadzone zgodnie z metodologią określonymi w instrukcji WP5000 (sprawdzenie stanu, metodologia i plan testu).

Testy APOLO zostały wykonywane w trzech podstawowych trybach:

- wykorzystania sygnału GPS z kodem C/A;
- wykorzystanie systemu korekty lokalnej sygnału GPS - LADGPS (Local Area Differential GPS);
- wykorzystanie systemu korekcji sygnału z GNSS EGNOS - WADGPS (Wide Area Differential GPS);

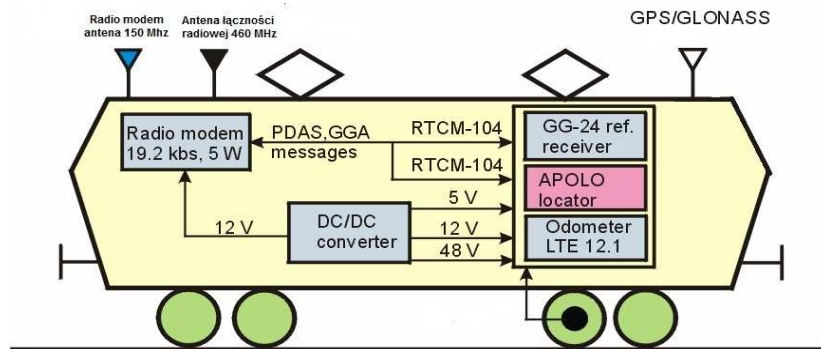
Koleje Czeskie wybrały do testów APOLO i radiowych transmisji danych między lokomotywą i laboratorium CD okolice Pardubic. Testy APOLO zostały przeprowadzone na prostym odcinku toru pomiędzy Praskačka i stacją Karanice o długości 13 km, a na 3 km odcinku w łukach pomiędzy Opatovice nad Labem i Praskačka. Wybór ten był związany z dobrą widocznością satelitów na tych dwóch odcinkach. Natomiast koleje hiszpańskie RENFE dwukrotnie w pobliżu El Escorial, Villalba i stacji Pinar de Las Rozas. Na tym odcinku są miejsca o słabej widoczności satelitów ze względu na przeszkody terenowe: mosty, kaniony, tunele itd. Dwa stacjonarne odbiorniki DGPS sygnału odniesienia zostały

zainstalowane do badania i tworzenia lokalnych stacji generujących poprawki różnicowe w standardzie RTCM-104. Kolejne czeskie CD zainstalowały system Ashtech's DGPS /DGLONASS L1 w stacji Pardubice i TIFSA DSNP's SCORPIO 6002 SK (L1 + L2) na stacji Villalba. Dokładne położenie anteny stacji referencyjnych, zainstalowanych na dachach stacji Pardubice i stacji kolejowej Villalba, zostały określone przez standardowe procedury opartej na wiedzy o dokładnej pozycji krajowych punktów geodezyjnych i metoda DGPS z przetwarzaniem post. W pomiarach CD GPS/GLONASS antena została ustalona z dokładnością (RMS) 15 mm natomiast TIFSA DGPS antena odniesienia została ustalona z dokładnością do 130 mm. Średnia względna dokładność +/-3 cm została osiągnięta za pomocą przetwarzania radiowego i metody RTK. Sieć cyfrowego radia CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*) 150 MHz z modemem radiowym 19kpbs została zainstalowana również w okolicy Pardubic, w celu przeprowadzania testów APOLO w trybie LADGPS i generowania trajektorii odniesienia RTK. Składała się z ośmiu stacji radiowych, modemu bazowego o mocy RF 5 W pracującego w trybie dwukierunkowej transmisji danych między laboratorium CD i lokomotywą. Zanim wszystkie urządzenia potrzebne do badań APOLO zostały zainstalowane na pokładzie pojazdu kolei czeskich CD i pojazdów TIFSA, trzeba było opracować szczegółową dokumentację techniczną i uzyskać zgodę od władz krajowych, ponieważ testy APOLO zostały zaplanowane w regularnych połączeniach pasażerskich.

System APOLO zainstalowany został na pokładzie lokomotywy elektrycznych kolei czeskich CD 130-023-5 i składał się z:

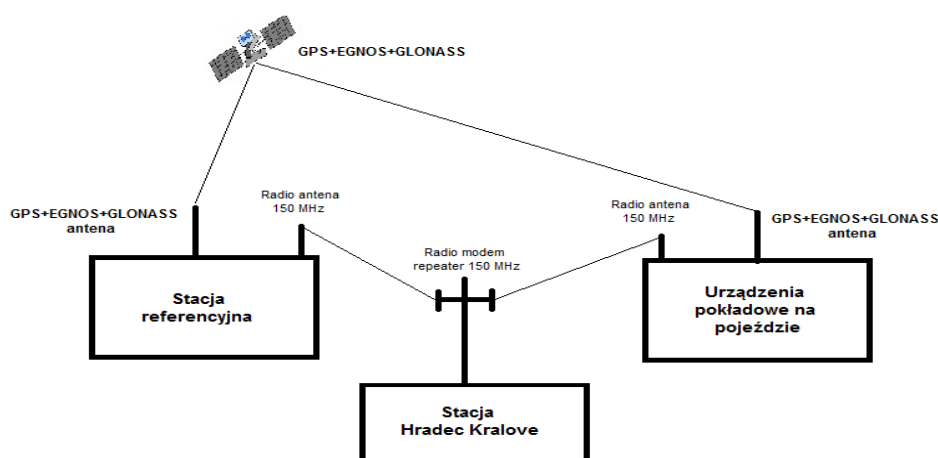
- anteny odbiornika GPS/GLONASS L1;
- modemu radiowy 150 MHz i anteny umieszczonej na dachu lokomotywy;
- optoelektronicznego odometru LT10 oraz czujnika osi LTV14 o parametrach 100 impulsów/obrót;
- Urządzeń zainstalowanych w kabinie lokomotywy obejmujących: rozdzielacz antenowy, przełącznik antenowy, lokalizator APOLO dwa porty RS-232, MR modem Radio-25, 12 kanałowy odbiornik GPS, zasilacz DC 48V/12V/5V, konwerter w tym inne akcesoria zasilające i szynę sterującą.

Szczegółowy schemat blokowy urządzeń pokładowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1 Schemat blokowy urządzeń zainstalowanych na pojeździe [opracowano na podstawie Apolo Final Report]

Sygnal GNSS-1 jest odbierany przez anteną pokładową GPS/GLONASS i dzielony w rozdzielaczu anteny. Następnie rozdzielony sygnał satelitarny zostaje przekazany do sterownika APOŁO poprzez przełącznik antenowy i odbiornik IRS-24 GPS/GLONASS. Przełącznik antenowy umożliwia rozłączanie antenę GPS/GLONASS z APOŁO w celu symulacji braku sygnału GNSS podczas badań. Czujnik osi LTV14 generuje impulsy elektryczne, które są następnie przekazywane do sterownika APOŁO. Częstotliwość tych impulsów jest proporcjonalna do przebytej drogi. Z modemu radiowego zainstalowanego na pokładzie w standardzie RTCM-104 korekty sygnału satelitarnego są wnoszone równocześnie do sterownika APOŁO i odbiornika poprawek referencyjnych IRS-24. Schemat transmisji radiowej przedstawia rysunek 2.



Rys. 2 Schemat systemu korekcji błędów w projekcie Apolo

W przeciwieństwie do badań przeprowadzonych na kolejach czeskich, które wykorzystywały tylko jedną antenę GPS/GLONASS, TIFSA zainstalowało dwie anteny GPS na dachu UT447-140. Jedną antenę GPS L1 do APOŁO i drugą antenę GPS L1 + L2 DSNP SCORPIO 6002 MK dla odbiornika GPS odniesienia trajektorii. Ponieważ każdy odbiornik GPS ma swoje anteny, rozdzielacz anteny nie był w tym przypadku potrzebny. Anteny zostały ustalone symetrycznie po obu stronach dachu pojazdu w odniesieniu do osi toru. Odległość między dwoma ośrodkami geometrycznymi anteny wynosiła 1800 mm, tj. każda antena była umieszczona 900 mm od osi toru. Licznik impulsów elektrycznych był zasilany z akumulatora 12V. APOŁO, SCORPIO 6002 MK, optołącznik, przełącznik antenowy i akumulator samochodowy zostały zainstalowane w kabinie. Dane APOŁO zostało bezpośrednio zapisane w komputerze przenośnym, natomiast surowe dane z satelity potrzebne do przetwarzania post zostały zapisane w pamięci w celu dalszego przetwarzania.

W ramach badań stwierdzono, że wykorzystanie hybrydowych pomiarów parametrów ruchu z wykorzystaniem technologii satelitarnej prowadzi do zwiększenia dokładności pomiarów, a co zatem idzie może prowadzić do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu.

W ramach projektu APOŁO zostały opracowane dwie grupy wymagań odnośnie prowadzenia ruchu pociągu:

- wymogi odnośnie wydajności przewozów, zarządzania pojazdami trakcyjnymi oraz przewozem osób i towarów;
- wymogi określające bezpieczeństwo ruchu pojazdów i osób (ruchomy odstęp blokowy, jazda na widoczność satelitarną).

4. LOKALIZACJA Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMU GNSS

Projekt ten ma na celu stworzenie odpowiedniej architektury systemu wraz z interfejsem umożliwiającym lokalizację pociągu z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej GNSS oraz urządzeń pokładowych takich jak czujniki inercyjne, odometr w aplikacjach systemu ETCS na odpowiednim poziomie bezpieczeństwa[4]. Projekt ten przewiduje wprowadzenie Wirtualnych Balis umożliwiających lokalizację pociągu. W bezpiecznych aplikacjach, związanych z zarządzaniem ruchem kolejowym te wymagania są znacznie wyższe (SIL-4) niż dla aplikacji związanych z zarządzaniem ruchem i mogą być spełnione tylko przy użyciu systemów lokalizacji o znacznie większej złożoności, np. przy użyciu: GNSS, dodatkowych detektorów pomiarowych, liczników kilometrów, map cyfrowych linii i telefonii komórkowej (GSM, GSM-R, GPRS, satelitarnej). W projekcie INTEGRAIL realizowanym przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA), z udziałem Bombardier Transportation, Ifen i Kayser-Threde, głównym celem, który został określony, było opracowanie takiej platformy sprzętowej aby jej integracja z istniejącymi urządzeniami prowadzenia i sterowania ruchem kolejowym nie generowała wysokich kosztów sprzętu i oprogramowania dla wprowadzenia hybrydowych systemów pozycjonowania EGNOS/GPS. Ponadto założeniem podczas realizacji projektu było stworzenie mobilnych modułów, spełniając funkcję podsystemu identyfikacji położenia pociągu funkcjonalnie zgodnego z satelitarnymi systemami lokalizacji i urządzeniami do pomiaru prędkości wymienionych i określonych w specyfikacji ETCS. Projekt INTEGRAIL miał jednocześnie na celu umożliwienie dokładnego określania położenia pociągu w celu prowadzenia ruchu na torach równoległych oraz przejazdu przez rozjazdy. Zakładał również stworzenie połączenia wielu detektorów pozycjonowania korzystający z danych z GPS i EGNOS i dodatkowych czujników pomiaru prędkości, przy określaniu lokalizacji.

Struktura systemu INTEGRAIL pozwala użytkownikowi na podgląd sytuacji i kontrolę poprawności operacji na komputerze. Ze względu na wykorzystane moduły transmisyjne GSM znajdujące się w INTEGRAIL, dane takie jak: obecne położenie, prędkość, stan poszczególnych elementów itd. są przesyłane do centralnego serwera, korzystając z łączności GSM. Między serwerem a użytkownikami tych danych mogą być przesyłane za pomocą sieci LAN lub Internet.

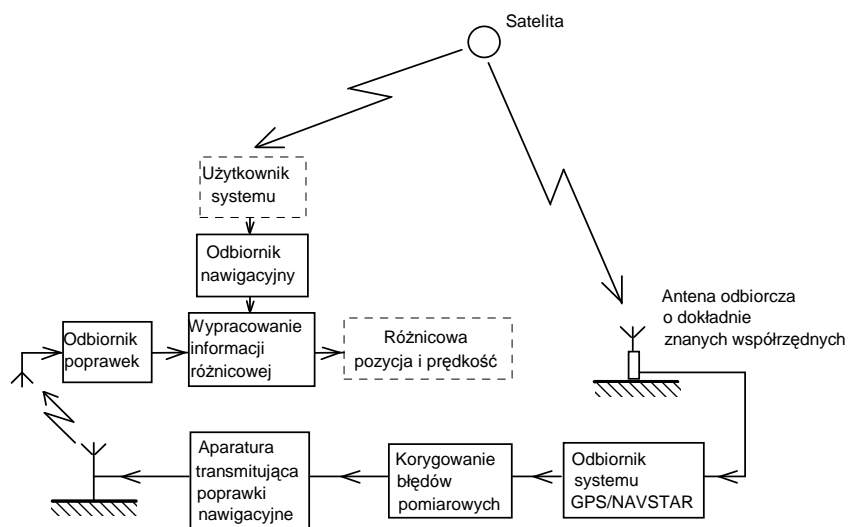
Testy były wykonywane głównie na prywatnych i pozamiejskich liniach, ale również na głównych szlakach kolejowych w Austrii (LogServ / CargoServ, Voestalpine) i Belgia (SNCB). Głównymi kryteriami wyboru obszarów badań były:

- ukształtowanie terenu umożliwiające obserwację w różnych warunkach widoczności sygnału satelitarnego od bardzo dobrych (tereny płaskie) aż do bardzo ograniczone (w miastach, lasy, góry), gdzie odbicia i utrata sygnału często występowała;
- układ torowiska i natężenie ruchu - linie kolejowe, gdzie testy zostały przeprowadzone, zawiera wiele równoległych torów i rozjazdów w pobliżu.

W warunkach stacji rozrządowej, na obszarach o kilku równoległych torowiskach, błędy określania pozycji wynikające z odbić i przysłonięć sygnału były bardzo wysokie, zwłaszcza w czasie postoju. Dyskredytuje to system w takim środowisku. Dokładność pozycjonowania z EGNOS bez refleksji i utraty sygnału uzyskane w trakcie badania z błędami ok. 3 m i przy dostępności systemu 99,99999% wystarcza na wykorzystanie systemu na liniach pozamiejskich. W obszarach górskich, EGNOS powinien zostać rozszerzony o system balis. W procesie pozycjonowania w oparciu o odbiornik GNSS jest wymagane posiadanie dodatkowych czujników niezbędne do określenia odległości i kierunku jazdy. Ważnym elementem dobrego funkcjonowania systemu są bardzo dokładne mapy cyfrowe linii kolejowych.

5. WYKORZYSTANIE ODMIANY RÓŻNICOWEJ SYSTEMU GPS DO ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI WYZNACZANIA POJAZDU NA SZLAKU KOLEJOWYM

Jedną z takich metod najczęściej używanych w satelitarnych systemach nawigacyjnych jest system DGPS (*Differential Global Positioning System*). System DGPS angażuje w swojej pracy lokalne stacje odniesienia, o znanych współrzędnych położenia, w których pracują wysokiej klasy odbiorniki GPS. Strukturę systemu przedstawia rysunek 3.

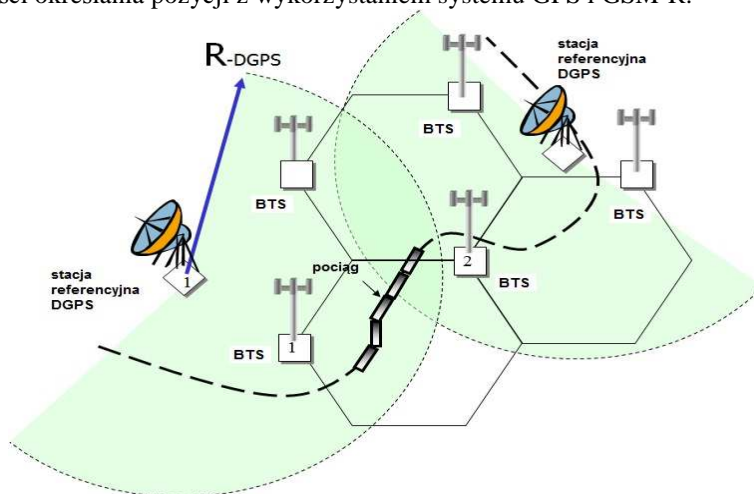


Rys.3 Ilustracja zasady pracy systemu GPS/NAVSTAR w odmianie różnicowej

Stacje odniesienia szacują błędy składowe w zakresie pomiarów położenia i przekazują te informacje do użytkownika za pomocą nadajnika poprawek. Użytkownik wyposażony w odbiornik GPS i sprzężony z nim odbiornik poprawek różnicowych znajdujący się blisko stacji może osiągnąć dokładność określenia pozycji 2 do 5 metrów w zależności od jakości posiadanego odbiornika, porównującego sygnał z satelity i ze stacji naziemnej. Z uwagi na to, że obliczona przez stację na chwilę t_0 poprawka zostaje uwzględniana w odbiorniku użytkownika dopiero po upływie pewnego czasu, w stacji

referencyjnej na każdego obserwowanego satelitę na chwilę t_0 obliczana jest poprawka, dotycząca prędkości zmian poprawki. Ponieważ stacje znajdują się w różnych odległościach, występuje dekorelacja przestrzenna, a ze względu na czas przelotu sygnału mamy do czynienia z dekorelacją czasową. DGPS dostarcza również dodatkowych korzyści ponieważ stacje odniesienia realizują również monitorowanie, oraz mogą poinformować użytkownika o problemach, które zaistniały w czasie odbioru sygnału z satelity. Duża dokładność, z jaką możemy określić położenie pozwala stosować DGPS na kolei, gdzie utrzymanie stałego dostępu do stacji odniesienia wpływa na poprawę otrzymywanych pomiarów położenia pociągu. Szczególnie przydatny jest tam, gdzie mamy słaby dostęp do kanału transmisyjnego (słabe pokrycie systemem satelitarnym – np.: teren o zmiennej geometrii) co powoduje duży spadek dokładności dokonanych pomiarów.

W przyszłości planuje się udoskonalenie DGPS tak, aby dostarczał precyzyjnych informacja w trzech wymiarach. Technologia różnicowa jest obecnie stosowana przez użytkowników stacjonarnych co w ich przypadku pozwala osiągnąć dokładne określenie położenia. Dla użytkowników ruchomych celem otrzymywania precyzyjnych danych nawigacyjnych z różnicowego GPS stosuje się systemy: WASS (*Wide Area Augmentation System*), MSAS (*Multi Transport Satellite Based Augmentation System*) czy EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). Innym rozwiązaniem jest prowadzenie ciągłej obserwacji zjawisk mogących wpłynąć negatywnie na dokładność pomiaru oraz przekazywanie informacji o ich korekcie przez stacje odniesienia do odbiorców. Na rysunku 4 przedstawiono wykorzystanie systemu DGPS w celu zwiększenia dokładności określania pozycji z wykorzystaniem systemu GPS i GSM-R.



Rys. 4 Schemat organizacji systemu DGPS – GSM-R – GPS

6. WNIOSKI

W artykule przedstawiono zaawansowanie prac nad wprowadzeniem nowoczesnych technologii satelitarnych w transporcie kolejowym. Wprowadzenie tego typu rozwiązań może w znaczny sposób uprościć zarządzanie środkami transportu ale równocześnie umożliwić zwiększenie bezpieczeństwa podczas przewozu osób i towarów. Wprowadzenie

stacji referencyjnych umożliwi nie tylko wzrost dokładności wyznaczania pozycji ale również może powodować zwiększenie synchronizacji dla przesyłanych sygnałów ze stacji bazowych systemu GSM-R.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciszewski T., Łukasik Z., Olczykowski Z., Kasperek G.: Planning of reserve supplying systems on the example of the systems of uninterruptible supply in libraries in Pulawy district, Computer Systems Aided Science And Engineering Work in Transport, Mechanics and Electrical Engineering, Monograph No 122, Radom 2008, ISSN 1642-5278
- [2] Chrzan M., Łukasik Z.: Train locating methods. The Present and Future of Modern Transport, The 15th Anniversary of the Foundation of the Faculty of Transportation Sciences CTU in Prague, Prague, Czech Republic, 2008, pp. 75-78. ISBN 978-80-01-04056-0.
- [3] Klieštik T., Cisko Š.: Application of Deterministics Decision Making Model in Road Transport / In "ECONOMICS & MANAGEMENT" Vilnius, 2006 Nr. 1, str. 75-81, ISSN 1822-3133
- [4] Kornaszewski M.: System ETCS przykładem ujednoczonego europejskiego systemu kolejowego, V Konferencja Naukowo-Techniczna "Systemy Transportowe - Teoria i Praktyka", Katowice 2008
- [5] Szychta E., Luft M., Vittek J., Vavrůš V., Pospíšil M.: Forced Dynamics Speed Control of the Drive with Linear PMSM, 13th International Conference Transcomp, Zakopane 2009