

Jacek Januszewski

Nawigacyjne systemy satelitarne w nowoczesnych rozwiązaniach telematycznych

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o bezpieczeństwie użytkownika w transporcie jest nieprzerwana informacja o bieżącej pozycji użytkownika. Informacja ta otrzymywana jest za pomocą specjalistycznych systemów wykorzystujących w swoim działaniu fale radiowe, a w szczególności nawigacyjnych systemów satelitarnych, zwanych dalej w skrócie NSS.

Obecnie (grudzień 2004 r.) jedynym, w pełni operacyjnym systemem satelitarnym o zasięgu globalnym, jest amerykański system GPS (Global Positioning System); rosyjski system GLONASS nie umożliwia bowiem określania pozycji w sposób ciągły we wszystkich punktach kuli ziemskiej. Dodatkowo użytkownicy korzystają z satelitarnych systemów wspomagających (Satellite Based Augmentation System – SBAS), takich jak WAAS, MSAS i EGNOS, odpowiednio w USA i Kanadzie, Japonii oraz Europie [9]. Kolejny NSS, o nazwie Galileo, znajduje się w budowie, nadzór nad którym sprawuje Unia Europejska. Przyjmuje się, że system ten jest wkładem Europy w tworzeniu nawigacji satelitarnej nowej generacji. System Galileo, którego oddanie do eksploatacji przewiduje się na 2008 r., wykorzystywany będzie we wszystkich rodzajach transportu, czyli lotniczym, morskim, kolejowym i drogowym.

Obecnie dużą dokładność NSS oraz integralność ich danych w Europie zapewnia system GPS i system wspomagający EGNOS, a w przyszłości już samodzielnie system Galileo. Dzięki temu systemy transportu drogowego, nawigacja samochodowa (*car navigation*), ruch kolejowy oraz nawigacja śródlądowa doczekały się prawdziwej rewolucji, nie tylko w swoim funkcjonowaniu, lecz również w wykorzystywaniu. Z tego też powodu połączenie autonomicznych odbiorników systemu GPS i systemu komunikacyjnego, zwane też systemami telematycznymi, znalazło bardzo szerokie zastosowanie w transporcie lądowym i nawigacji.

Światowy rynek zastosowań telematycznych w transporcie oraz zarządzaniu ruchem szacuje się na 5 mld euro, przy czym corocznie kwota ta zwiększa się o około 50%. Każdego dnia co najmniej 20 tys. kierujących pojazdami staje się nowymi użytkownikami systemów telematycznych [12]. Sektor kolejowy, najbardziej niechętny do tej pory na nowe rozwiązania, staje się dzisiaj coraz bardziej przekonany co do jego zalet. Wprowadzenie w żegludze śródlądowej zastosowań telematycznych opartych na usługach informatycznych pozwoli, przynajmniej częściowo, wyeliminować istniejące ograniczenia i uwarunkowania [4].

Nawigacyjne systemy satelitarne w akwenach ograniczonych

W akwenach otwartych dokładność pozycji użytkownika określonej za pomocą NSS zależy od liczby l_s satelitów widocznych po-

wyżej dolnej granicznej wysokości topocentrycznej H_{\min} oraz od geometrii danego systemu, czyli wartości współczynnika GDOP (*Geometric Dilution of Precision*). Szczegółowe rozkłady azymutów A_z owych satelitów (8 przedziałów po 45° każdy) oraz współczynnika GDOP (8 przedziałów) dla różnych wysokości H_{\min} i różnych szerokości geograficznych φ użytkownika (9 przedziałów po 10° każdy) dla systemu GPS i przyszłego systemu Galileo zostały przedstawione przez autora w [8]. Do celów porównawczych przyjęto, że w obydwu systemach liczba satelitów operacyjnych wynosi 27.

W NSS przyjęto, że dokładność pozycji użytkownika szacuje się poprzez iloczyn czynnika geometrycznego oraz błędu zmierzonych pseudoodległości [10]. Jeżeli dokładność tę wyrazimy przez M_n^x , czynnik geometryczny przez charakteryzujący rozmycie owej pozycji bezwymiarowy współczynnik DOP (*Dilution of Precision*), zaś błąd zmierzonej pseudoodległości przez σ_{UERE} (UERE – *User Equivalent Range Error*, estymowane odchylenie standardowe pomiaru pseudoodległości), zachodzi zależność:

$$M_n^x = DOP \cdot \sigma_{UERE} \quad (1)$$

gdzie:

x – prawdopodobieństwo [%],

n – liczba i rodzaj wymiaru pozycji.

W przypadku pozycji czterowymiarowej (szerokość i długość geograficzna, wysokość i czas – φ, λ, h, t) czynnik geometryczny DOP wyrażony jest przez GDOP, a dokładność pozycji M z prawdopodobieństwem 95% określa zależność:

$$M_{\varphi, \lambda, h, t}^{95\%} \approx 2 \cdot GDOP \cdot \sigma_{UERE} \quad (2)$$

W akwenach morskich i rejonach lądowych, w których pozycja określana jest w wymiarze dwuwymiarowym – w płaszczyźnie horzontalnej (φ, λ), czynnik DOP wyrażany jest przez HDOP (*Horizontal Dilution of Precision*), zaś błąd pozycji określa zależność:

$$M_{\varphi, \lambda}^{95\%} \approx 2 \cdot HDOP \cdot \sigma_{UERE} \quad (3)$$

W systemie GPS, przy założeniu, że współczynnik HDOP = 1,5, zaś błąd $\sigma_{UERE} = 7,5$ m, błąd $M_{\varphi, \lambda}^{95\%}$ wynosi 22,5 m. W praktyce błąd ten w wielu przypadkach zmniejsza się do kilkunastu metrów, przede wszystkim ze względu na stale rosnącą liczbę satelitów operacyjnych (24 listopada 2004 r. zwiększyła się ona do 30) oraz stosowanie coraz to nowszych technologii.

Podana dokładność pozycji (22,5 m) może zostać zwiększona w razie stosowania odmiany różnicowej DGPS. Odmiana ta wymaga wprowadzenia budowy stacji referencyjnych i transmisji poprawek różnicowych, ale błąd M zmniejsza się do zaledwie kilku metrów. Dlatego też dokładność pozycji określonej za pomocą systemu GPS jest nie tylko wystarczająca w nawigacji oceanicz-

Tabela 1

No Fix [%] i procentowy rozkład współczynnika GDOP dla użytkownika znajdującego się na środku ulicy o szerokości $L = 60$ m i wysokości domów $B = 20$ m dla $H_{\min} = 5^\circ$ dla różnych kątów α między północą a osią ulicy dla systemu Galileo i GPS dla różnych szerokości geograficznych użytkownika φ

φ [°]	α [°]	System	No Fix [%]	Współczynnik GDOP v [%]						
				$v \leq 3$	$3 < v \leq 4$	$4 < v \leq 5$	$5 < v \leq 6$	$6 < v \leq 8$	$8 < v \leq 20$	$v > 20$
0–10	0	GAL	–	58,2	33,0	4,8	2,7	0,7	0,4	0,2
		GPS	0,2	52,0	33,5	6,2	3,9	2,4	1,7	0,1
	45	GAL	–	51,2	32,2	6,6	6,0	2,8	1,0	0,2
		GPS	0,4	42,6	31,7	11,4	5,8	4,0	3,3	0,8
	90	GAL	–	40,6	32,9	7,3	9,5	4,3	4,4	1,0
		GPS	3,6	26,0	28,9	12,1	7,7	7,9	10,5	3,3
135	GAL	–	59,6	31,8	4,7	1,9	1,2	0,6	0,2	
	GPS	0,2	46,5	35,1	8,6	3,8	3,0	2,5	0,3	
50–60	0	GAL	–	14,9	55,9	16,7	5,5	3,9	2,0	1,1
		GPS	4,7	15,2	34,7	22,2	9,5	6,2	4,9	2,6
	45	GAL	–	16,4	60,9	15,0	4,5	2,3	0,9	–
		GPS	0,7	25,3	42,1	16,1	7,3	3,9	3,9	0,7
	90	GAL	–	22,8	50,8	14,6	4,7	2,9	2,8	1,4
		GPS	–	25,4	45,3	15,6	5,8	3,8	3,2	0,9
135	GAL	–	24,3	53,4	13,1	4,8	3,1	0,6	0,7	
	GPS	0,9	23,1	42,8	18,3	6,6	4,0	3,6	0,7	
70–80	0	GAL	–	0,1	17,7	44,4	30,6	7,1	0,1	–
		GPS	–	–	10,6	33,4	29,0	19,3	6,1	1,6
	45	GAL	–	–	16,1	45,4	29,2	7,7	1,2	0,4
		GPS	0,6	–	9,7	30,8	28,2	20,7	8,3	1,7
	90	GAL	–	–	15,7	35,5	27,6	15,8	4,4	1,0
		GPS	–	–	7,8	31,2	29,8	19,7	9,8	1,7
135	GAL	–	0,1	15,5	40,8	29,3	11,4	2,6	0,3	
	GPS	0,3	–	8,1	30,7	27,6	18,6	11,3	3,4	

Tabela 2

No Fix [%] i procentowy rozkład współczynnika GDOP dla użytkownika znajdującego się na środku ulicy o zmiennej szerokości L i zmiennej wysokości domów B dla $H_{\min} = 5^\circ$ dla kąta $\alpha = 0^\circ$ między północą a osią ulicy dla systemu Galileo i systemu GPS na szerokościach geograficznych 50–60°

B [m]	L [m]	System	No Fix [%]	Współczynnik GDOP v [%]						
				$v \leq 3$	$3 < v \leq 4$	$4 < v \leq 5$	$5 < v \leq 6$	$6 < v \leq 8$	$8 < v \leq 20$	$v > 20$
20	80	GAL	–	38,6	43,6	11,9	3,5	0,8	1,1	0,5
		GPS	0,1	35,1	43,0	15,6	3,4	1,7	0,9	0,2
	75	GAL	–	34,3	45,0	12,3	4,8	1,4	1,5	0,7
		GPS	0,2	31,7	41,8	17,5	5,0	2,2	1,3	0,3
	70	GAL	–	28,4	47,2	12,7	6,6	2,4	1,8	0,9
		GPS	0,4	27,8	40,7	19,3	6,3	2,9	1,9	0,7
	65	GAL	–	23,7	46,9	12,9	8,7	3,9	2,4	1,5
		GPS	1,0	22,5	38,5	21,4	7,7	4,7	3,1	1,1
	55	GAL	0,3	13,7	40,8	13,9	14,6	8,4	5,6	2,7
		GPS	6,0	15,5	31,5	21,9	9,0	7,8	4,4	3,9
	35	GAL	–	44,9	39,9	11,5	2,4	0,5	0,5	0,3
		GPS	–	39,7	43,3	12,8	2,6	1,0	0,5	0,1
8	30	GAL	–	34,3	45,0	12,3	4,8	1,4	1,5	0,7
		GPS	0,2	31,7	41,8	17,5	5,0	2,2	1,3	0,3
25	25	GAL	–	20,5	47,4	13,3	9,4	5,2	2,5	1,7
		GPS	1,8	20,4	37,8	20,8	8,7	5,2	3,6	1,7

nej, lecz również w żegludze przybrzeżnej i na podejściach do portów (DGPS i SBAS), jednak wyłącznie w rejonach leżących w zasięgu owych systemów [6], [7].

W akwenach ograniczonych (nawigacja przybrzeżna, rejony zurbanizowane) dokładność pozycji zależy od tych samych parametrów, co w akwenach otwartych, lecz również od wymiarów przeszkód i ich otoczenia. Współrzędne pozycji określane są za pomocą sygnałów docierających tylko z tych satelitów, których wysokość jest w danym momencie większa niż przyjęta w odborniku dolna graniczna wysokość topocentryczna H_{\min} . Jeżeli liczba takich satelitów jest mniejsza od 4, pozycja użytkownika w trybie 3D nie może być określona; liczba takich przypadków, oznaczona symbolem, No Fix, staje się większa od zera.

W rejonach zurbanizowanych obliczenia zostały zrealizowane dla użytkownika znajdującego się na środku ulicy dla różnych kątów między północą a osią ulicy (α) dla systemu GPS i Galileo dla różnych szerokości geograficznych użytkownika. W tabeli 1 podano No Fix [%] i procentowy rozkład GDOP dla użytkownika znajdującego się na trzech wybranych szerokościach: 0–100 (niskie szerokości), 50–600 (średnie) i 70–800 (wysokie). Obliczeń dokonano też dla różnych wysokości B i szerokości L . No Fix [%] i procentowy rozkład GDOP dla $\alpha = 0^\circ$ dla obydwu wymienionych systemów dla szerokości użytkownika 50–600 (szerokość Polski) zamieszczono w tabeli 2. Wyniki innych obliczeń zostały przedstawione przez autora w [6] i [7].

Pomimo, że dostęp do NSS jest powszechny, w niektórych przypadkach widzialność satelitów może być jednak ograniczona. Dlatego też wcześniejsza identyfikacja wszelkich czynników ograniczających jest niezwykle istotna. Do najważniejszych takich czynników można zaliczyć:

- współrzędne użytkownika, w szczególności jego szerokość geograficzną,
 - dolną graniczną wysokość topocentryczną odbornika H_{\min} ,
 - obiekty znajdujące się na drodze sygnału z satelity do anteny odbornika, zwłaszcza w rejonach zurbanizowanych; położenie i wysokość owych obiektów (budynki, góry itp.).
- Z uwagi na to, że nowe rozwiązania telematyczne znalazły zastosowanie również w rejonach zurbanizowanych, dla potencjalnych użytkowników szczególnie interesujące są możliwości wykorzystania w tychże rejonach nawigacyjnych systemów satelitarnych i określania za ich pomocą własnej pozycji. W podsumowaniu można stwierdzić, że
- w rejonach zurbanizowanych pozycja użytkownika w trybie 3D nie jest określana, gdy tylko liczba satelitów widocznych przez antenę jego odbornika powyżej wysokości H_{\min} i jednocześnie powyżej otaczających ją przeszkód stanie się mniejsza od 4;
 - w rejonach zurbanizowanych dokładność pozycji użytkownika jest dla obydwu omawianych systemów znacznie mniejsza niż w akwenach otwartych; dokładność ta zależy bowiem również od wysokości pobliskich budynków, szerokości danej ulicy oraz kąta między północą a osią owej ulicy;
 - z uwagi na to, że rozkład azymutów satelitów zależy od szerokości geograficznej, dokładność pozycji określanej w mieście zależy również od szerokości, na której się ono znajduje; oznacza to, że dokładność pozycji określanej na ulicy o tych samych parametrach w Oslo, Lizbonie i Dakarze będzie różna;
 - w rejonach zurbanizowanych zależność dokładności pozycji, określonej przez użytkownika znajdującego się na środku uli-

cy, od kąta między północą a osią owej ulicy jest dla systemu Galileo mniejsza niż dla systemu GPS.

Systemy GPS i GLONASS, nadal pozostające pod nadzorem wojskowym, nie spełniają wszystkich wymagań bezpiecznej nawigacji (dokładność, integralność, dostępność i ciągłość serwisu), zarówno tej morskiej, lotniczej, jak i lądowej. Celem rozwiązania tego problemu obecnie funkcjonujące NSS zostały poszerzone o satelitarne systemy wspomagające, takie jak:

- **WAAS** (*Wide Area Augmentation System*), obejmujący swoim zasięgiem kontynentalną część terytorium USA i Kanadę; głównym celem tego systemu jest rozszerzenie standardowego serwisu systemu GPS (SPS); 10 lipca 2003 r. Federalna Administracja Lotnictwa (FAA) uznała WAAS za w pełni operacyjny; w systemie tym nie przewidziano współpracy z systemem GLONASS;
- **EGNOS** (*European Geostationary Navigation Overlay System*), obejmujący swym zasięgiem Europę i Północną Afrykę; system ten współpracuje zarówno z systemem GPS, jak i GLONASS;
- **MSAS** (*Multi-functional Satellite-based Augmentation Service*), który jest w pełni operacyjny i swym zasięgiem obejmuje przede wszystkim Japonię; w państwie tym rozpoczęto też intensywne prace nad kolejnym systemem QZSS (*Quasi Zenith Satellite System*).

Wszystkie wymienione systemy można uznać za składowe globalnego nawigacyjnego systemu satelitarnego pierwszej generacji (GNSS-1), którego głównym celem jest zapewnienie możliwości określania we wszystkich punktach kuli ziemskiej pozycji użytkownika z dokładnością co najmniej kilku metrów. Obecnie systemy te, znane jako SBAS (*Satellite-Based Augmentation Systems*), bazują na danych otrzymywanych z systemu GPS, gwarantując przy tym nieprzerwany serwis. Alternatywnym rozwiązaniem są w tym przypadku naziemne systemy wspomagające GBAS (*Ground-Based Augmentation Systems*), w których poprawki korekcyjne transmitowane są przez stacje brzegowe w paśmie bardzo wysokich częstotliwości (VHF).

Zastosowania telematyczne w transporcie

W opracowanej przez koncern Thales aplikacji telematycznej, zwanej też systemem telematycznym, NSS są jednym z najważniejszych czynników w dwóch etapach całego łańcucha postępowania od momentu otrzymania danych do momentu znalezienia właściwego rozwiązania i jego przekazania użytkownikowi:

- projektowanie; NSS są źródłem danych o pozycji klienta;
- instalowanie systemu;
- pozycjonowanie i przekaz danych; NSS umożliwiają określanie pozycji klienta z dokładnością do kilku metrów;
- integracja danych;
- testowanie i uruchomienie systemu u klienta;
- obsługa klienta.

Rozwiązanie telematyczne firmy Thales ma jeszcze wiele innych cech i zastosowań:

- jest łatwe w użyciu, sprawdzone w praktyce;
- profesjonalny helpdesk i łatwość obsługi;
- lokalizacja klienta z dokładnością umożliwiającą identyfikację ulicy, na której się on znajduje;
- standardowa lub dostosowana do indywidualnych potrzeb klienta procedura korzystania z rozwiązania (systemu);

- kierowanie systemem w wybranej strefie lub w obrębie całości trasy;
- sprawdzony sposób odnajdywania kradzionych samochodów;
- informacja o stanie silnika pojazdu;
- system zaawansowanego doradcy kierowcy.

Nawigacyjne systemy satelitarne (NSS) oraz satelitarne systemy wspomagające (SBAS) wykorzystywane są w różnego rodzaju rozwiązaniach telematycznych stosowanych w nawigacji samochodowej, lądowej oraz śródlądowej [5]. Z uwagi na to, że w systemie EGNOS poprawki korekcyjne oraz dane integralności przekazywane są poprzez satelity geostacjonarne (GEO), w rejonach ograniczonych rozwiązania te nie mogą być w pełni wykorzystywane, gdyż sygnał z satelitów GEO napotyka na swej drodze przeszkody. Dlatego też w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) stworzono nowy serwis, zwany SISNeT. Serwis ten pozwala odebrać informację systemu EGNOS w czasie rzeczywistym poprzez Internet, a nie jak dotąd drogą radiową, za pośrednictwem GSM lub GPRS. Tym samym dzięki rozwiązaniu SISNeT klienci będą mogli w pełni korzystać z serwisu EGNOS również i tam, gdzie widzialność satelitów GEO może być ograniczona, na przykład w północnej Europie.

Nawigacja samochodowa

Sektor drogowy to potencjalnie jeden z najważniejszych beneficjentów NSS, w tym również systemów EGNOS i Galileo. W rozwiniętych systemach transportu drogowego niezbędny jest nieprzerwany dostęp do informacji o ruchu pojazdu, w szczególności o jego pozycji i prędkości. Dlatego też w niektórych systemach drogowych wymagane są takie systemy nawigacyjne, które gwarantują wiarygodną informację o możliwości określania pozycji pojazdu z odpowiednio dużą dokładnością; w chwili obecnej jednak NSS, a w szczególności system GPS, owych wymogów nie spełniają.

Z uwagi więc na to, że systemy EGNOS i Galileo zapewnią większą dokładność pozycji niż system GPS, dostarczając jednocześnie informację o integralności, możliwe będzie uzyskanie wymaganych certyfikatów i gwarancji. Do tych zastosowań można również zaliczyć serwisy odpłatne. Celem tych nowych zastosowań jest poszerzenie serwisu opłat drogowych, obejmującego pobieranie opłat zarówno tych tradycyjnych, jak i dodatkowych za konkretny przejazd autostradą bądź wjazd na parking, czy też strefę ograniczonego ruchu [3].

Nawigacja samochodowa stanie się, przynajmniej na rynku europejskim, jednym z najważniejszych użytkowników systemów satelitarnych. W Europie każdego roku w wypadkach drogowych ginie 40 tys. ludzi, a rannych zostaje 1,7 mln. Dlatego też trwają już intensywne prace nad budową nowego systemu, o nazwie ARMAS (*Active Road Management Assisted by Satellite*), w którym ruch pojazdów będzie monitorowany za pośrednictwem systemu EGNOS. System ARMAS należy jednak traktować jedynie jako pierwszy krok na drodze do pełnego zautomatyzowania monitoringu i sterowania ruchem pojazdów, dzięki czemu zostanie zwiększone, i to w sposób wyraźny, zarówno bezpieczeństwo, jak i komfort podróży, przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów [2].

Transport lądowy i morski

System EGNOS może być wykorzystywany zarówno w transporcie lądowym, jak i morskim. Szczegółowy prototypowego hardwaru ter-

minalu tego systemu i możliwych jego przyszłych zastosowań przedstawiają się następująco:

- kierowanie, wspomaganie oraz dokumentowanie serwisu drogowego, szczególnie w porze zimowej; integralność systemu EGNOS oraz poprawki odmiany WAD (*Wide Area Differential*) wykorzystywane są do wsparcia całego przedsięwzięcia, a w przyszłości dodatkowo do procesu legalnego rejestrowania;
- śledzenie i nadzór nad transportem niebezpiecznych towarów; w tym przypadku integralność systemu EGNOS może być wykorzystywana w procesie przestrzegania uwarunkowań i ograniczeń tego specyficznego rodzaju transportu;
- prezentacja pozycji jednostki morskiej na mapach nawigacyjnych i wspomaganie samego procesu nawigacji; integralność systemu EGNOS oraz poprawki WAD traktowane są jako pomoc w prowadzeniu jednostki, szczególnie na wodach płytkich i w wąskich przejściach.

W sektorze kolejowym niemiecka firma Kayser Threde odniosła znaczące sukcesy w obniżaniu kosztów nadzoru i zarządzania ruchem wagonów i całych pociągów. W tym przypadku zachodzi jednak konieczność zainstalowania dodatkowych urządzeń (takich, jak przyspieszeniomierz, mapy cyfrowe itp.) i/lub alternatywnych środków łączności między odbiornikiem systemu GPS a podsystemem łączności; obecnie takim środkiem jest najczęściej GSM [1].

W przypadku wybranych tras kolejowych ruchu towarowego należy brać pod uwagę charakterystykę terenów, przez które trasy te przebiegają, a w szczególności równiny, wzgórze, góry, lasy i tunele. Badania i testy przeprowadzone bezpośrednio w terenie potwierdziły w pełni celowość i korzyści płynące z wykorzystania w prowadzeniu i sterowaniu ruchem pociągów różnego rodzaju urządzeń związanych bezpośrednio lub pośrednio z NSS.

Nawigacja śródlądowa

Zwiększenie liczby towarów przewożonych w żegludze śródlądowej jest jednym z głównych celów europejskiej polityki transportowej. W projekcie RIS (*River Information Services*) omówiono podstawy systemu telematycznego stworzonego do potrzeb nawigacji śródlądowej [4]. Projekt ten można uważać za pierwszy krok włączenia systemu EGNOS, a w przyszłości również systemu Galileo do rozwiązań najnowszych generacji, poprzez:

- zastąpienie tradycyjnego serwisu RIS, wykorzystującego stacje referencyjne odmiany różnicowej systemu GPS, bezpośrednim odbiorem przez jednostkę sygnałów EGNOS, tzw. SIS (*Signal In Space*);
- zwiększenie efektywności wymienionego rozwiązania (EGNOS SIS) poprzez retransmisję poprawek różnicowych i danych integralności za pośrednictwem Automatycznego Systemu Identyfikacji (AIS), szczególnie w rejonach (takich, jak wysoka zabudowa miejska, tereny górskie, drogi pod wiaduktami), w których bezpośredni odbiór sygnałów EGNOS (z satelitów geostacjonarnych) jest niemożliwy;
- płynne przejście z dotychczas stosowanych systemów GPS, DGPS i RIS do systemu EGNOS, a w przyszłości do systemu Galileo.

W innym projekcie, o nazwie MUTIS (*Multi Modal Traffic Information Service*), przewiduje się wykorzystywanie nie tylko satelitów EGNOS, lecz również satelitów telekomunikacyjnych, satelitów innych systemów oraz satelitów leżących na niskich

orbitach (LEO), takich jak Iridium czy Globalstar [13]. Badania nad tym projektem obejmują wody dwóch wielkich rzek Europy – Renu i Dunaju, od Wiednia do Amsterdamu (kierunek zachodni) i od Wiednia do Morza Czarnego (kierunek wschodni). Celem tego przedsięwzięcia jest znalezienie dla całego transportu europejskiego takiego rozwiązania, które uwzględnić będzie zarówno dostępność NSS, jak i obecne możliwości transmisji danych.

Wnioski końcowe

1. Z uwagi na to, że nowe zastosowania telematyczne w transporcie wymagają znajomości bieżącej pozycji użytkownika, nawigacyjne systemy satelitarne i systemy je wspomagające, ze względu na swoją dokładność, dostępność, integralność i ciągłość serwisu, mogą znaleźć zastosowanie w różnych rodzajach transportu, a w szczególności w transporcie lądowym w rejonach zurbanizowanych.
2. Wykorzystanie systemu wspomagającego EGNOS w zastosowaniach telematycznych wykazało, że pozycję użytkownika można określić z taką samą dokładnością, jaką gwarantuje odmiana różnicowa systemu GPS, unikając tym samym wysokich kosztów stacji brzegowych i potrzeby zapewnienia odpowiednich łączności radiowych.
3. W chwili obecnej jedynym systemem satelitarnym w pełni operacyjnym jest system GPS, dlatego też pojawienie się na rynku drugiego systemu (GLONASS bądź Galileo) umożliwi nie tylko określenie pozycji użytkownika w akwenach ograniczonych, zarówno tych morskich, jak i miejskich, ale również wyraźne zwiększenie dokładności owej pozycji. W tej sytuacji nie istnieje już pytanie, który system (GPS czy Galileo) należy wybrać, celem końcowym jest bowiem hasło – GPS i Galileo!
4. W związku z tym, że rozkład azymutów jest funkcją szerokości geograficznej użytkownika, dokładność pozycji określanej za pomocą NSS w akwenach ograniczonych zależy od położenia tegoż użytkownika. □

Literatura

- [1] Bedrich S., Münchberg S.: *Concepts for Railway Traffic management with GNSS-based Sensor Fusion Systems*. The European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam 2004.
- [2] Branco. P., Santos R.: *Intelligent Car Navigation Systems – technology Preview and Future European Directions*. The European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam 2004.
- [3] Guida U.G. others: *EGNOS for Vehicule Remote Tolling*. The European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam 2004.
- [4] Jandrisits M.T., Troegl J. T., Pfliegl R.P.: *EGNOS Train Solutions for River Information System*. The European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam 2004.
- [5] Januszewski J.: *Data Transfer for High Precision Users in the Sea*. Road and Rail Transport, II International Conference Transport Systems Telematics TST'02, Katowice – Ustroń 2002.
- [6] Januszewski J.: *Position Accuracy of Satellite Navigation Systems in Restricted Area*. 21st International Communications Satellites Systems Conference, Jokohama 2003.
- [7] Januszewski J.: *Geometry and Visibility of Satellite Navigation Systems in Restricted Area*. The European Navigation Conference GNSS 2003, Graz 2003.

Dokończenie na s. 58 ➤