

- [6] Brayton R. K., Hachtel G. D., McMullen C. T., Sangiovanni-Vincentelli A.: *Logic Minimization Algorithms for VLSI Synthesis*. Kluwer Academic Publishers (1984)
- [7] Grzymala-Busse J.W., Wang A.Y.: *Modified algorithms LEM1 and LEM2 for rule induction from data with missing attribute values*, in: Proc. of 5th Int. Workshop on Rough Sets and Soft Computing (RSSC'97) at JCIS'97, 1997
- [8] Jankowski C.: *Dyskretyzacja danych numerycznych metodami przekształceń boolowskich*. Praca dyplomowa inżynierska. Instytut Telekomunikacji. Politechnika Warszawska. Warszawa 2014
- [9] Komorowski J., Pawlak Z., Polkowski L., Skowron A.: *Rough sets: A tutorial*, (1999)
- [10] Łuba T. (red.): *Programowalne układy przetwarzania sygnałów i informacji*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa (2008)
- [11] Łuba T., Rybnik J.: *Rough sets and some aspects in logic synthesis*, in: Słowiński R. (ed.) *Intelligent Decision Support – Handbook of Application and Advances of the Rough Sets Theory*. Kluwer Academic Publishers (1992)
- [12] Łuba T., Lasocki R., Rybnik J.: *An Implementation of Decomposition Algorithm and its Application in Information Systems Analysis and Logic Synthesis*. In *Rough Sets, Fuzzy Sets and Knowledge Discovery*, W. Ziarko (ed.), Workshops in Computing Series. Springer Verlag, 1994
- [13] Ługowska I., Woźniak W., Klepacka T., Michalak E., Szamotulska K.: *A prognostic evaluation of vascular endothelial growth factor in children and young adults with osteosarcoma*, *Pediatric Blood and Cancer* 57(1), 63–68 (2011), doi: 10.1002/pbc.23021
- [14] Mańkowski M.: *Uogólnianie reguł decyzyjnych metodą uzupełniania funkcji boolowskich*. Praca dyplomowa inżynierska. Instytut Radioelektroniki. Politechnika Warszawska. Warszawa 2014
- [15] Papadimitriou C.H.: *Computational complexity*. Academic Internet Publ. (2007)
- [16] Pawlak Z.: *Rough Sets. Theoretical Aspects of Reasoning about Data*. Kluwer Academic Publishers (1991)
- [17] Rondeau T.W., Bostian C.W.: *Artificial Intelligence in Wireless Communications*. Artech House (2009)
- [18] Stefanowski J., Vanderpooten D.: *A general two stage approach to rule induction from examples*, in: Ziarko W. (red.), *Rough Sets, Fuzzy Sets and Knowledge Discovery*, Springer-Verlag, 1994
- [19] Stefanowski J.: *Algorytmy indukcji reguł decyzyjnych w odkrywaniu wiedzy, Rozprawa habilitacyjna*. Seria Rozprawy, nr 361, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań (2001)
- [20] Ślęzak D., Janusz A.: *Ensembles of bireducts: towards robust classification and simple representation*, Proceedings of the Third international conference on Future Generation Information Technology. Springer-Verlag, Jeju Island, Korea (2011), doi: 10.1007/978-3-642-27142-7_9
- [21] Żądnik M., Michlovský Z.: *Is Spam Visible in Flow-Level Statistics?* Tech. rep., CESNET National Research and Education Network (2009), http://www.fit.vutbr.cz/research/view_pub.php?id=9277
- [22] *Espresso – multi-valued PLA minimization*, <http://embedded.eecs.berkeley.edu/pubs/downloads/espresso>
- [23] *ROSE2 – Rough Sets Data Explorer*, <http://idss.cs.put.poznan.pl/site/rose.html>
- [24] *ROSETTA – A Rough Set Toolkit for Analysis of Data*, <http://www.lcb.uu.se/tools/rosetta/>
- [25] *RSES – Rough Set Exploration System*, <http://logic.mimuw.edu.pl/~rses/>
- [26] *UC Irvine Machine Learning Repository*, <http://archive.ics.uci.edu/ml/>

Jacek JANUSZEWSKI*

Perspektywy rozwoju nawigacyjnych i wspomagających systemów satelitarnych w bliskiej i dalszej przyszłości

Pierwsze lata drugiego dziesięciolecia XXI wieku to okres dynamicznego rozwoju nawigacyjnych systemów satelitarnych (NSS). I tak w funkcjonującym już od niemal 20 lat amerykańskim systemie GPS jest modernizowany zarówno jego segment kosmiczny (satelity nowego bloku IIF), jak i segment naziemny (kolejne stacje monitorujące, rozpoczęcie budowy infrastruktury lądowej trzeciej generacji). W grudniu 2011 r. ponownie przywrócono pełną zdolność operacyjną rosyjskiemu systemowi GLONASS. Budowany intensywnie przez Chiny system BeiDou (poprzednia nazwa Compass) jest już z powodzeniem wykorzystywany w rejonie wschodniej Azji. Trwa budowa europejskiego systemu Galileo. Wiele istotnych zmian można również odnotować w przypadku satelitarnych systemów wspomagających SBAS (*Satellite Based Augmentation System*). Do funkcjonujących od lat systemów WAAS i MSAS, odpowiednio w USA i Japonii, dołączył europejski EGNOS. W ostatnich latach oddano do eksploatacji trzy jego serwisy. Zbliża się też do końca budowa dwóch kolejnych SBAS, SDCM i GAGAN, odpowiednio w Rosji i Indiach. W tej sytuacji na rynku jest dostępnych coraz więcej odbiorników różnych klas, w tym wiele zintegrowanych. Należy tutaj wyraźnie stwierdzić, że najważniejsze parametry techniczno-eksploatacyjne wszystkich wymienionych modernizowanych i budowanych systemów NSS i SBAS są celowo tak dobierane

przez ich twórców i dyspozytorów, aby w przyszłości – i to tej bliższej, niż dalszej – na ich podstawie mógł powstać nowy zintegrowany nawigacyjny system satelitarny o zasięgu globalnym o nazwie GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

W artykule wyjaśniono co te zmiany oznaczają i będą oznaczać dla milionów użytkowników, w szczególności wskazano konsekwencje pojawienia się nowych częstotliwości nośnych, nowych sygnałów, nowych serwisów oraz problem ich kompatybilności i międzyoperacyjności, w tym częstotliwości nośnych, układów odniesienia i własnych czasów poszczególnych systemów. Kolejną – i to chyba najważniejszą – kwestią do rozstrzygnięcia jest wybór dla wszystkich systemów techniki wielokrotności, zapewniającej jednoznaczny dostęp do kanału radiokomunikacyjnego.

Na początku 2014 roku na orbitach okołoziemskich znajdowało się ponad 80 operacyjnych satelitów: 31 systemu GPS, 24 systemu GLONASS, 4 systemu Galileo, 15 systemu BeiDou, 3 systemu EGNOS oraz po dwa satelity WAAS i MSAS. Z całą pewnością można stwierdzić, że po ogłoszeniu pełnej zdolności operacyjnej budowanych obecnie systemów Galileo, BeiDou, SDCM i GAGAN liczba satelitów wzrosnie do przeszło 130. Fakt ten będzie wielkim wyzwaniem dla konstruktorów i producentów nowych odbiorników tychże systemów. Wydawać by się mogło, że z punktu widzenia użytkowników zwiększenie liczby dostępnych NSS i SAS oraz liczby oferowanych przez nich serwisów przyniesie same korzyści. Okazało się jednak, że funkcjonowa-

* Akademia Morska w Gdyni, Katedra Nawigacji, e-mail: jacekjt@am.gdynia.pl

■ Tabela 1. Wybrane parametry nawigacyjnych systemów satelitarnych GPS, GLONASS, Galileo i BeiDou na początku 2014 roku

Parametr	System (status)				
	GPS (operacyjny)	GLONASS (operacyjny)	Galileo (w budowie)	BeiDou (w budowie)	
Zdolność operacyjna	globalna FOC od VII/1995	globalna FOC od XII/2011	globalna IOC – 2015 globalna FOC – 2020	Azja-Pacyfik region – 2012 globalna FOC – 2020	
Identyfikacja satelitów	CDMA	FDMA – L1, L2 CDMA – L3	CDMA	CDMA	
Konstelacja satelitów	obecnie	31 operacyjnych	24 operacyjne + 5 ÷ 7 o różnym statusie	4	14 – 5 GEO, 5 IGSO, 4 MEO
	docelowo				
Liczba częstotliwości nośnych	2 (satelity IIA, IIR, IIR-M) 3 (satelity IIF)	2 (satelity M) 3 (satelity K1)	4 (wszystkie satelity)	4 (wszystkie satelity)	
Liczba częstotliwości dla użytkowników cywilnych, obecnie/docelowo	3/3	2/3	0/4	brak danych	
Liczba sygnałów dla użytkowników cywilnych, obecnie/docelowo	5/6	2/3	0/8	brak danych	
Liczba serwisów dla użytkowników cywilnych, obecnie/docelowo	2/2	2/2	0/5	brak danych	
Czas systemu	GPST – GPS Time	GLONASSST – GLONASS System Time	GST – Galileo System Time	BDT – BeiDou Time	
Układ odniesienia	WGS (World Geodetic System) – 84	PZ 90.11	GTRF – Galileo Terrestrial Reference Frame	China Geodetic System 2000	
Integralność obecnie/docelowo	nie/tak (satelity bloku III)	nie/tak	nie/tak, serwis nadzoru integralności	brak wiadomości	
Serwis komercyjny	nie	nie	tak	brak wiadomości	
Dokładność pozycji poziomej 95% [m]	5 ÷ 10	5 ÷ 10	kilka, zależnie od serwisu	10	

FDMA (Frequency-Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access)

nie więcej niż trzech systemów w jednym paśmie częstotliwości i o tej samej zasadzie działania, dla użytkownika korzystającego jednocześnie z tych systemów, stanowi problem dotyczący w szczególności ich kompatybilności i międzyoperacyjności [5], [9]. Zasady działania poszczególnych systemów, parametry techniczno-eksploatacyjne odbiorników ich użytkowników oraz szczegóły depesz nawigacyjnych zostały omówione przez autora między innymi również na łamach *Przeglądu Telekomunikacyjnego i Wiadomości Telekomunikacyjnych* [6], [7], [8], [10], [12].

ZMIANY W FUNKCJONOWANIU NAWIGACYJNYCH SYSTEMÓW SATELITARNYCH

W tabeli 1 zestawiono wybrane parametry dwóch systemów NSS w pełni operacyjnych, czyli GPS i GLONASS oraz dwóch znajdujących się na etapie budowy, czyli Galileo i BeiDou.

Według opublikowanych planów dotyczących Galileo, osiągnięcie przez system pełnej zdolności operacyjnej **FOC** (*Full Operational Capability*) 30 satelitów, dostępności wszystkich pięciu serwisów przewiduje się dopiero na 2020 rok. Ze względu jednak na budowany równolegle system BeiDou, zdecydowano się udostępnić system Galileo przy mniejszej liczbie satelitów operacyjnych, bo tylko 18, z ograniczonymi możliwościami (**IOC** – *Initial Operational Capability*). Ma to nastąpić w 2015 roku lub najpóźniej w 2016 roku. Na przełomie lat 2014/2015 serwis CS będzie w fazie demonstracyjnej, zaś serwisy OS, PRS i SAR otrzymają status *early*, czyli wczesny. W 2016 roku status serwisów OS i PRS zmieni się na *enhanced* (rozszerzony), zaś CS będzie miał status wczesny [22], [23].

■ Tabela 2. System GPS, wybrane parametry obecnych i przyszłych satelitów

Liczba satelitów rodzaj bloku	Wprowadzanie na orbitę lata	Parametry satelity
28 – blok II/IIA 13 – blok IIR	1989 – 1997 1997 – 2004	– SPS (częstotliwość L1, kod C/A) – PPS (częstotliwości L1 i L2, kod P(Y)) – zakładana żywotność 7,5 roku
8 – blok IIR-M	2005 – 2009	parametry satelitów bloków IIA i IIR oraz: – drugi sygnał cywilny L2C – kod M na częstotliwościach L1 i L2 – odporne na zakłócenia przewody zasilające – zakładana żywotność 7,5 roku
12 – blok IIF	od 2010 do chwili obecnej	parametry satelitów bloku IIR-M oraz: – trzeci sygnał cywilny L5 – reprogramowalny procesor nawigacyjny – zwiększone wymagania dokładnościowe – zakładana żywotność 12 lat
32 – blok III	2014 – 2024	parametry satelitów bloku IIF oraz: – czwarty sygnał cywilny L1C – błąd pomiaru pseudoodległości 0,63 m – informacja o integralności systemu – wymiana informacji między satelitami – zakładana żywotność 15 lat

■ Tabela 3. Modernizacja systemu GLONASS, parametry satelitów bloków M, K1 i K2

Parametr	Blok M		Blok K1	Blok K2
Wprowadzanie satelitów na orbitę [lata]	2003 – 2012	2014 – 2017	2011 (jeden satelita testowy)	2015 – 2014
Zakładana żywotność satelity [lata]	7		10	10
Dobowa stabilność zegara pokładowego	$1 \cdot 10^{-13}$		zakładana $\sim 10 \dots 5 \cdot 10^{-14}$	zakładana $\sim 5 \cdot 10^{-14}$
Sygnaly emitowane przez satelitę	L1OF, L2OF L1SF, L2SF	L1OF, L2OF L1SF, L2SF, L3OC	GLONASS M + L3OC	GLONASS K1 + L1OC, L2OC, L1SC, L2SC
O – sygnał ogólnie dostępny (dokładność standardowa), S – sygnał niejawny (duża dokładność), F – FDMA, C – CDMA				

W oficjalnych programach i deklaracjach instytucji odpowiedzialnych za budowę systemu Galileo brak jest natomiast szczegółowych informacji na temat serwisu bezpieczeństwa życia (SoL). Pod koniec 2012 roku poinformowano jedynie o przeprofilowaniu tego serwisu, nadano mu też nową nazwę *Integrity Monitoring Service (IMS)* – serwis nadzoru integralności. Można chyba jednak spodziewać się, że serwis ten w 2020 roku, tak jak i wszystkie pozostałe serwisy, osiągnie pełną zdolność operacyjną.

Segment kosmiczny

W chwili rozpoczęcia budowy systemów GPS i GLONASS (początek lat osiemdziesiątych XX wieku), przyjęto, że każdy z nich będzie liczyć 24 satelity – 3 orbity, każda po 8 sateli-

tów równomiernie rozłożonych, zaś kąty inklinacji i wysokości tych orbit będą równe odpowiednio 63° i 20 335 km oraz $64,8^\circ$ i 19 100 km [6], [7], [12].

Po kilku istotnych zmianach segment kosmiczny systemu GPS liczy obecnie 6 orbit oddalonych w płaszczyźnie równika o około 60° długości geograficznej, na jednej orbicie znajduje się od 4 do 6 satelitów nierównomiernie rozłożonych. Wysokość orbity wynosi 20 183 km, zaś kąt inklinacji 55° . Od kilku lat łączna liczba satelitów operacyjnych tego systemu oscyluje wokół 30, maksymalnie może być ich 32, co wynika z samej zasady działania systemu. Na początku 2014 roku segment GPS obejmował 31 satelitów operacyjnych i jeden pozostający w pełnej gotowości (*commissioning phase*). Wszystkie satelity operacyjne należą do czterech bloków (8 do bloku IIa, 12 do IIR, 7 do IIR-M

■ Tabela 4. Częstotliwości nośne i emitowane sygnały nawigacyjnych i wspomagających systemów satelitarnych na początku 2014 roku i w przyszłości

	System, symbol nośnej, sygnał				
	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	SBAS
1176,45 ($f_o \cdot 115$)	L5 – satelity IIF, w przyszłości III	L5OCM – satelity KM	E5a sygnały 1 i 2	–	w przyszłości WAAS
1202,025 ($f_B \cdot 1175$)	–	L3OC – satelita K1 i późniejsze, M od 2014, L3SC – KM	–	–	–
1207,14 ($f_o \cdot 118$)	–	L3OCM – satelity KM	E5b sygnały 3 i 4	B2	–
1227,60 ($f_o \cdot 120$)	L2 – wszystkie satelity obecne i późniejsze	–	–	–	–
1242,9375 – 1247,75	–	L2OF, L2SF – wszystkie satelity obecne i późniejsze	–	–	–
1248,06 ($f_B \cdot 1220$)	–	L2OC, L2SC – satelity K2 i późniejsze	–	–	–
1268,52 ($f_B \cdot 1240$)	–	–	–	B3	–
1278,75 ($f_o \cdot 125$)	–	–	E6 sygnały 5, 6 i 7	–	–
1561,098 ($f_B \cdot 1526$)	–	–	–	B1	–
1575,42 ($f_o \cdot 154$)	L1 – satelity obecne i późniejsze	L1OCM – satelity KM	E2–L1–E1 sygnały 8, 9 i 10	–	wszystkie systemy obecne i w przyszłości
1589,742 ($f_B \cdot 1554$)	–	–	–	B1–2	–
1600,995 ($f_B \cdot 1565$)	–	L1OC, L1SC – satelity K2 i późniejsze	–	–	–
1598,0625 – 1604,25	–	L1OF, L1SF – wszystkie satelity obecne i późniejsze	–	–	–

i 4 do IIF), a najstarszy z nich to satelita o numerze PRN 32, funkcjonujący z powodzeniem od 10 grudnia 1990 r., czyli od przeszło 23 lat! Parametry satelitów wszystkich czterech obecnie funkcjonujących bloków i przyszłościowego bloku III systemu GPS zestawiono w tabeli 2.

W przypadku systemu rosyjskiego parametry jego segmentu kosmicznego, liczącego 24 równomiernie rozmieszczone satelity, nie uległy żadnej zmianie, co oznacza, że w dowolnym momencie w każdym punkcie na kuli ziemskiej w polu widzenia anteny odbiornika naziemnego użytkownika (nad horyzontem) może znajdować się nie więcej, niż 12 satelitów GLONASS. W przypadku systemu GPS widocznych satelitów może być około 16. Dla porównania segment kosmiczny systemu Galileo i systemu BeiDou ma liczyć docelowo 30 satelitów (wszystkie MEO) i 35, w tym 27 MEO, 5 GEO i 3 na orbitach geosynchronicznych (IGSO) [19].

Oznacza to, że również w przyszłości liczba satelitów operacyjnych systemu GLONASS będzie – w porównaniu z innymi NSS – najmniejsza. Władze Federacji Rosyjskiej bardzo dobrze wiedzą o tym fakcie, ale zwiększenie liczby satelitów przy obecnych parametrach orbit (równomierne rozłożenie satelitów) i charakterystykach emisji satelitów (ta sama częstotliwość nośna dwóch satelitów jednej orbity) nie jest w ogóle możliwe. Należy tu jeszcze dodać, że od 2012 roku, przede wszystkim ze względu na

wydłużoną żywotność satelitów GLONASS, ich łączna liczba na orbitach jest nieprzerwanie większa, i to o kilka, od nominalnej dla tego systemu liczby 24. Satelitów operacyjnych może być bowiem (i jest) nie więcej niż 24. Wszystkie pozostałe satelity mają różny status – rezerwowy, w konserwacji, w trakcie testów itp. Na początku 2014 roku takich satelitów było 4, trzy zapasowe i jeden w fazie testów. Dlatego też już w 2012 roku zdecydowano o rozbudowie segmentu kosmicznego przez zwiększenie liczby orbit z trzech do sześciu, nie podając jednak liczby satelitów oraz szczegółów ich rozmieszczenia.

Tworzące segment kosmiczny satelity GLONASS są zdecydowanie młodsze, niż te należące do systemu GPS, gdyż najstarszymi wówczas satelitami operacyjnymi były satelity oznaczone numerami 715 i 717, funkcjonujące od 7 kwietnia 2007 roku, czyli zaledwie od 6,5 roku. Parametry satelitów obecnych bloków M i K1 oraz przyszłościowego K2 zestawiono w tabeli 3 [16], [21].

Wysokość orbit MEO obydwu funkcjonujących już NSS rzędu 20 tysięcy kilometrów wydaje się bardzo trafnie dobrana. Taka też będzie w budowanych obecnie systemach Galileo i BeiDou, odpowiednio 23 222 i 21 528 km. Należy też pamiętać o tym, że moc sygnału docierającego z satelity do anteny odbiornika użytkownika z odległości dwudziestu kilku tysięcy kilometrów jest w akwencie otwartym rzędu zaledwie 100 attowatów (1 atto równa się 10^{-18}), a w obiektach zamkniętych – kilkaset razy mniejsza [2].

Satelity wszystkich czterech NSS wymienionych w tabeli 1 emitują sygnały na co najmniej dwóch częstotliwościach nośnych, a w przyszłości każdy z nich będzie emitował na co najmniej trzech, co zapewni w pełni ich kompatybilność i międzyoperacyjność. Niektóre z tych częstotliwości (tabela 4) będą wspólne dla kilku systemów, np. 1176,45 MHz dla systemów GPS, GLONASS i Galileo, opisana symbolem odpowiednio L5, L5 i E5a czy też 1207,14 MHz dla systemów GLONASS, Galileo i BeiDou, opisana odpowiednio symbolem L3, E5b i B2. W tabeli tej uwzględniono też systemy SBAS wspomagające obecnie system GPS na jego częstotliwości L1, a w niedalekiej przyszłości również na jego drugiej częstotliwości L5.

Od czasu osiągnięcia przez system GPS w roku 1995 pełnej zdolności operacyjnej (FOC) dla użytkowników cywilnych dostępna była jedynie częstotliwość nośna L1 i kod C/A. Ze względu na fakt, że na częstotliwości L2 był stosowany wyłącznie kod P, uniemożliwiało to obliczenie w odbiorniku użytkownika poprawki jonosferycznej zmniejszającej, i to w sposób znaczący, dokładność określanej pozycji. Dlatego też w kolejnych blokach satelitów tego systemu wprowadzono nowe sygnały lub/i dodatkowe częstotliwości. I tak w satelitach bloku IIR-M i wszystkich późniejszych na częstotliwości L2 pojawił się ogólnie dostępny sygnał L2C, dzięki czemu częstotliwość ta stała się drugą częstotliwością cywilną systemu GPS, zaś w satelitach bloku IIF i wszystkich późniejszych – kolejny sygnał na trzeciej częstotliwości cywilnej, oznaczonej symbolem L5 [7], [15], [26].

Segment naziemny

W funkcjonowaniu każdego NSS bardzo istotną rolę odgrywa liczący co najmniej kilkanaście różnego rodzaju stacji segment naziemny [6], [7], [12]. W momencie rozpoczęcia budowy systemów GPS i GLONASS (lata osiemdziesiąte XX wieku) wszystkie stacje każdego z nich były – ze względów czysto politycznych – zlokalizowane na terytorium bądź na terytoriach zależnych od danego państwa, czyli odpowiednio USA i ZSRR. Przyjęcie takiej strategii oznaczało, że przez pewien czas niektóre satelity obydwu systemów nie były, bo nie mogły być, śledzone przez jakkolwiek stację monitorującą danego systemu.

W przypadku systemu GPS sytuacja taka dotyczyła satelitów przelatujących nad południowo-wschodnią częścią Oceanu Spokojnego. Dlatego też w minionym dziesięcioleciu zarządzający systemem GPS postanowili włączyć do segmentu naziemnego kilkanaście stacji funkcjonujących w USA w ramach Narodowej Przestrzennej Agencji Wywiadowczej **NGA** (*National Geospatial*

Intelligence Agency) oraz odpowiednio dostosowane do tego celu stacje w innych państwach. Dzięki temu łączna liczba stacji monitorujących wzrosła do 17.

W pierwszej dekadzie XXI wieku dokonano znaczącej modernizacji segmentu naziemnego w ramach dwóch wielkich programów **L-AII** (*Accuracy Improvement Initiative*) i **AEP** (*Architecture Evolution Plan*). W ramach pierwszego z nich został zwiększony zakres pracy stacji głównej przez przystosowanie jej do współpracy z rozbudowaną siecią stacji monitorujących i konfiguracją segmentu kosmicznego liczącą 32 satelity operacyjne, a nie jak wcześniej 24 w konfiguracji nominalnej. W ramach drugiego programu zastąpiono komputer wiodący zestawem stacji typu SUN – firmy Sun Microsystems, twórcy systemu operacyjnego Solaris, oraz zmieniono protokoły komunikacji między poszczególnymi stacjami w lokalnej sieci internetowej [7], [18], [26].

Na przełomie pierwszej i drugiej dekady trzeciego tysiąclecia przystąpiono do największej do tej pory w historii modernizacji segmentu naziemnego NSS, rozpoczynając budowę segmentu trzeciej generacji *Next Generation GPS Control Segment*, oznaczonego symbolem **OCX**. W dniu 25 lutego 2010 roku nadzorujące system GPS Siły Powietrzne zdecydowały, że budowa ta zostanie powierzona grupie przedsiębiorstw, na czele której stało *Raytheon Corporation's Intelligence and Information Systems (ISS)*. Wstępny budżet wynosi 886 mln \$, całość kosztów ma się zamknąć kwotą 1,5 mld \$. Głównym celem tej modernizacji ma być przede wszystkim dostosowanie segmentu naziemnego do współpracy ze zmodyfikowanym segmentem kosmicznym, w szczególności nowymi częstotliwościami, sygnałami i depeżami nawigacyjnymi satelitów III generacji. Należy przy tym pamiętać, że już obecnie stacje monitorujące odbierają sygnały z satelitów należących do czterech bloków, 3 sygnały w przypadku bloków IIa i IIR, 6 bloku IIR-M i 7 bloku IIF.

W pełni operacyjny segment OCX ma zapewnić swym użytkownikom, zarówno cywilnym, jak i wojskowym, znacznie łatwiejszy dostęp do większej ilości informacji. Wśród innych korzyści, jakie ma przynieść OCX, można wymienić:

- monitoring wszystkich satelitarnych sygnałów, a nie – jak do tej pory – jedynie sygnału dokładnościowego P,
- opracowanie i emisję zmodyfikowanej depeży nawigacyjnej,
- spełnienie lotniczych wymagań bezpieczeństwa,
- zautomatyzowane planowanie przyszłych czynności.

W ramach modernizacji segmentu naziemnego powstała też rezerwowa stacja główna **AMCS** (*Alternative Master Control Station*). Obecnie jest ona zlokalizowana w Bazie Sił Powietrznych Vanderberg w Kalifornii. Wcześniej funkcję tę spełniała stacja Gaithersburg w stanie Maryland.

W budowanym systemie Galileo z rozmieszczeniem poszczególnych stacji, w szczególności monitorujących, nie ma jakichkolwiek problemów, gdyż odpadł całkowicie czynnik polityczny. Umożliwiło to zaplanowanie czterech stacji tego typu w strefach podbiegunowych, po dwie w każdej z nich.

Mimo modernizacji NSS już funkcjonujących i budowy nowych, nadal jest rozwijana sieć stacji referencyjnych odmiany różnicowej systemu GPS. Na początku 2014 roku stacji operacyjnych było 288, zlokalizowanych w 39 państwach całego świata. Najwięcej stacji znajdowało się w USA (37), Japonii (27) i Chinach (22), w Europie zaś – w Hiszpanii (18), uwzględniając również stacje na Wyspach Kanaryjskich i Balearach. W Polsce są dwie stacje – Dziwnów i Rozewie [1]. Stacje DGPS są wykorzystywane przede wszystkim w nawigacji morskiej, nie tylko ze względu na zwiększoną w stosunku do systemu GPS dokładność określania pozycji, ale głównie ze względu na możliwości zapewnienia użytkownikowi informacji o wiarygodności (*integrity*) użytych satelitów systemu. Wszelkie informacje o pracy wszystkich tych stacji, parametrach ich emisji itd. są publikowane w drugim tomie *Admiralty List of Radio Signals (ALRS)* wydawanym corocznie przez Biuro Hydrograficzne Wielkiej Brytanii. Należy tu odno-

tować, że w wykazie tym nie uwzględnia się stacji znajdujących się na terenie Rosji; przyczyną może być fakt, że kilkadziesiąt stacji tego państwa już od wielu lat ma status na etapie prób lub planowania, a w ALRS brane są pod uwagę wyłącznie stacje uznane oficjalnie za operacyjne.

W przypadku systemu Galileo równocześnie z wprowadzaniem kolejnych satelitów na orbity trwa intensywna budowa segmentu naziemnego. Liczba różnego rodzaju stacji musi być bowiem na tyle duża, by zgodnie z podanymi wyżej planami można było już w 2015 roku ogłosić początkową zdolność operacyjną (IOC). Łącznie wszystkich stacji ma być wtedy 17, nie licząc stacji rezerwowej (*spare*) na Antarktydzie, przy czym kilka z nich pełni jednocześnie dwie lub trzy funkcje, np. stacja Reunion na francuskiej wyspie na Oceanie Indyjskim jest stacją monitorującą, korygującą i telemetryczną. Początkową sieć stacji będzie tworzyć [20]:

- 15 stacji monitorujących zlokalizowanych na całym świecie z wyjątkiem Dalekiego Wschodu, tzw. *sensor station*, oraz jedna wymieniona rezerwowa,
- 4 stacje korygujące, tzw. *Up-link station*, w tym dwie na Oceanie Spokojnym (Nouméa, Papeete), jedna na Oceanie Indyjskim (Reunion) i jedna na wybrzeżu atlantyckim Ameryki Południowej (Kourou),
- 3 stacje zapewniające serwis SAR, tzw. SAR MEOLUT (*Medium Earth Orbit Local User Terminal*) station; po jednej na Cyprze, Wyspach Kanaryjskich i na Spitsbergenie,
- 4 stacje telemetryczne, tzw. **TTC** (*Telemetry, Tracking and Command*); Kiruna (Szwecja), Kourou, Nouméa i Reunion.

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE SBAS

W ostatnich kilkunastu miesiącach dokonano lub zapowiedziano wiele istotnych zmian w funkcjonowaniu systemów wspomagających, zarówno tych już istniejących, jak i tych dopiero budowanych (tabela 5). I tak w lipcu 2012 r. oddano do eksploatacji trzeci, ostatni z zaplanowanych, serwis **EDAS** (*EGNOS Data Access Service*) systemu EGNOS. Jest to serwis komercyjny, umożliwiający wszystkim zainteresowanym przekazywanie w czasie rzeczywistym drogą internetową danych dotyczących wektora poprawki otrzymywanego z satelitów geostacjonarnych tego systemu oraz danych surowych dotyczących sygnałów satelitarnych, w szczególności systemu GPS, otrzymywanych z sieci stacji monitorujących.

W dniu 26 kwietnia 2013 roku Komisja Europejska opublikowała pełną dokumentację serwisu otwartego **OS** (*Open Service Definition Document 2.0*) [3], a 28 czerwca tego samego roku serwisu bezpieczeństwa życia (*Service of Life Definition Document 2.0*) [4]. Dostępny od 2011 roku serwis SoL jest już wykorzystywany przez kilkadziesiąt europejskich portów lotni-

czych, najwięcej we Francji (45), Niemczech (8), Szwajcarii (5), Włoszech (4), Czechach (2), Austrii (2), Finlandii (1) i Hiszpanii. W niedalekiej przyszłości przewiduje się wyposażenie kolejnych portów w Niemczech (31), Wielkiej Brytanii (15), Słowacji (2), Polsce (Warszawa i Katowice) oraz w Belgii, Holandii i Norwegii po jednym. Plany dalszej rozbudowy systemu EGNOS obejmują również segment naziemny. Do 39 obecnie funkcjonujących stacji **RIMS** (*Ranging and Integrity Monitoring Station*) ma już niedługo dołączyć kolejnych 7 zlokalizowanych w rejonie Morza Śródziemnego [20].

W roku 2013 zakończył się trwający od roku trzeci etap budowy systemu WAAS, czwarty etap przewidziano na lata 2014 – 2019. Głównym zadaniem tego etapu będzie transmisja wektora poprawek przez satelity geostacjonarne systemu nie tylko na częstotliwości L1 systemu GPS, jak obecnie, ale również na częstotliwości L5 systemu GPS (tabela 4). Początkową zdolność operacyjną (IOC) zaplanowano na 2017 r., pełną zaś FOC trzy lata później. W tym celu na orbitę zostaną wprowadzone trzy nowe satelity GEO przystosowane do transmisji sygnałów na dwóch wymienionych częstotliwościach. Satelity te docelowo zastąpią trzy obecnie funkcjonujące [13], [28].

Na przełomie lat 2013/2014 ogłoszono w Indiach początkową zdolność operacyjną systemu GAGAN. Pierwsze samoloty krajowych linii zostały już wyposażone w odpowiednie urządzenia tego systemu, ułatwiające w szczególności podejście do lądowania [27].

W budowanym przez Rosję systemie SDCM [10] zdecydowano o zwiększeniu, i to w sposób znaczący, liczby stacji monitorujących, zarówno na terenie własnego państwa, jak i poza jego granicami, z obecnych 9 do 40 i z 5 do ponad 20. W tym ostatnim przypadku przewidziano lokalizację na wszystkich kontynentach, z wyjątkiem Afryki. Kolejną, już czwartą, stację postanowiono umieścić na Antarktydzie. Pod koniec 2012 roku wprowadzono na orbitę drugiego satelitę geostacjonarnego Luch-5B ($\lambda = 016^{\circ}W$), wystrzelenie trzeciego, ostatniego, Luch-5V ($\lambda = 095^{\circ}E$), przewiduje się na początku 2014 roku. Wyniki pierwszych przeprowadzonych w Rosji pomiarów dotyczących dokładności pozycji określanej (prawdopodobieństwo 95%) z wykorzystaniem SDCM wykazały, że w przypadku wspomagania systemu GPS wynosi ona około 1 m w wymiarze dwuwymiarowym i około 2,5 m w pionie. W razie wspomagania systemu GLONASS można spodziewać się jeszcze korzystniejszych rezultatów [17].

KOMPATYBILNOŚĆ I MIĘDZYOPERACYJNOŚĆ SYSTEMÓW

Wszystkie cztery wymienione systemy NSS są w pełni autonomiczne, co oznacza, że mimo tej samej zasady określania pozycji użytkownika funkcjonują niezależnie od siebie. Przewi-

■ Tabela 5. Wybrane parametry satelitarnych systemów wspomagających na początku 2014 roku

Parametr	System (status)				
	EGNOS (operacyjny)	WAAS (operacyjny)	MSAS (operacyjny)	GAGAN (w budowie)	SDCM (w budowie)
System wspomagany	GPS, GLONASS w przyszłości	GPS	GPS	GPS	GPS, GLONASS w przyszłości
Zdolność operacyjna	Serwis otwarty (OS) od 2009 r., Safety of Life (SoL) od 2011 r., serwis EDAS od 2012 r.	pełna od 2008 r.	pełna od 2007 r.	początkowa (2014 r.)	początkowa (2014 r.)
Rejon działania	Europa, północna Afryka	USA, Kanada	Japonia	Indie	Rosja
Liczba satelitów geostacjonarnych	2	3	2	2 (1 sygnał aktywny, 1 testowy)	2 (1 sygnał testowy, 1 sygnał nieaktywny)
Częstotliwość sygnałów satelitów GEO	L1 GPS	L1 GPS, L5 GPS w przyszłości	L1 GPS	L1 GPS	L3 GLONASS L1 GPS
Dokładność pozycji horyzontalnej 95% [m]	1 ÷ 2	3	2	kilka	kilka

duje się jednak, że docelowo systemy te zostaną zintegrowane tworząc jeden spójny system globalny. Ze względu na fakt, że niektóre parametry techniczno-eksploatacyjne owych NSS są różne – aby odbiornik użytkownika mógł bez problemów wykorzystywać sygnały z satelitów wszystkich systemów – te ostatnie muszą być kompatybilne i międzyoperacyjne [11], [24].

W przypadku omawianych NSS i SBAS przez kompatybilność (*compatibility*) należy rozumieć zdolność dwóch lub więcej tych systemów do spełnienia wszystkich wymagań również wtedy, gdy korzystają one z tych samych *hardware* i *software*. Natomiast przez międzyoperacyjność (*interoperability*) należy rozumieć zdolność dwóch lub więcej systemów do wymiany między sobą informacji i wykorzystywania tychże informacji. W odniesieniu do SNS i SBAS wspólna ich eksploatacja zapewnia użytkownikom lepsze rozwiązanie, niż eksploatacja tylko SNS. Warunkiem jest, by częstotliwości nośne tych systemów, ich układy odniesienia oraz stosowane w nich czasy były takie same, a jeśli nie, to maksymalnie zbliżone [9].

Innym parametrem, który obecnie różni NSS, w szczególności GPS i GLONASS, jest przyjęty w nich sposób identyfikacji satelitów. Na początku 2014 roku w systemie GPS stosowano technikę CDMA, a w systemie GLONASS technikę FDMA. W budowanych systemach Galileo i BeiDou jest, i według wszystkich prognoz będzie, stosowana wyłącznie technika CDMA. Z tego też między innymi względu, a także biorąc pod uwagę zalety i wady obu metod identyfikacji satelitów, władze Federacji Rosyjskiej zdecydowały, aby satelity kolejnych bloków ich systemu emitowały sygnały nie tylko w dotychczasowej technice FDMA, ale również CDMA. Pierwszym takim – i jak dotychczas jedynym – jest oddany do eksploatacji w 2011 roku satelita bloku K1, emitujący ogólnie dostępny sygnał L3OC na częstotliwości 1202,025 MHz (tabela 3) [16], [21].

Jednocześnie zapowiedziano, że począwszy od 2014 roku wszystkie nowo wprowadzane na orbitę satelity bloku M będą dodatkowo emitować wymieniony sygnał L3OC. Jeszcze większych zmian można spodziewać się od 2015 roku, kiedy to sygnał kosmiczny systemu GLONASS obejmie satelity bloku K2, przystosowane do transmisji, prócz pięciu sygnałów bloków K1 i M (L1OF, L1SF, L2OF, L2SF i L3OC), czterech nowych – L1OC i L1SC na częstotliwości 1660,995 MHz oraz L2OC i L2SC na częstotliwości 1248,06 MHz. Oznacza to, że satelity K2 będą emitować łącznie 9 sygnałów na 5 różnych częstotliwościach, w tym 4 sygnały w technice FDMA i 5 w technice CDMA. Wszystkie trzy wymienione częstotliwości 1202,025 MHz, 1248,06 MHz i 1600,995 MHz, na których będą emitowane sygnały CDMA, są wielokrotnością częstotliwości podstawowej 1,023 MHz, równą odpowiednio 1175, 1220 i 1565 (tabela 4).

Z uwagi na to, że wszystkie wymienione sygnały są i będą emitowane na częstotliwościach przyporządkowanych jedynie systemowi GLONASS, w perspektywnych planach tego syste-

mu przewiduje się, że satelity kolejnego bloku KM (po roku 2024) przystosowane będą do emisji sygnału L3OC oraz trzech nowych w technice CDMA sygnałów ogólnie dostępnych, przeznaczonych dla użytkowników cywilnych (tzw. *interoperability CDMA signals*) – L1OCM, L3OCM i L5OCM, odpowiednio na częstotliwościach 1575,42 MHz, 1207,14 MHz i 1176,45 MHz, stosowanych już w obecnej funkcjonujących NSS. Pierwsza z nich bowiem równa jest częstotliwości L1 systemów GPS i Galileo, druga równa częstotliwości E5b systemu Galileo i B2 systemu BeiDou, trzecia zaś L5 systemu GPS i E5a systemu Galileo. Przy takich założeniach z całą pewnością można stwierdzić, że wymienione trzy sygnały systemu GLONASS będą w pełni międzyoperacyjne z sygnałami systemów GPS, Galileo i BeiDou.

Tak więc docelowo satelity systemu GPS będą emitować 8 sygnałów na trzech częstotliwościach, system Galileo 10 sygnałów na czterech częstotliwościach, zaś GLONASS 13 na 8.

Problem kompatybilności i międzyoperacyjności brany jest pod uwagę nie tylko w wymienionych NSS i SBAS, ale również w budowanym przez Japonię systemie **QZSS** (*Quasi-Zenithal Satellite System*) [7], [27]. Sygnały tego systemu, przez jednych zaliczanego do regionalnych, a przez innych do wspomagających, mają być w pełni kompatybilne ze wszystkimi sygnałami systemu GPS przeznaczonymi dla użytkowników cywilnych, zarówno tymi już istniejącymi, jak i planowanymi oraz wybranymi sygnałami systemu Galileo (tabela 6).

Ze wspólną eksploatacją wszystkich wymienionych NSS i SBAS wiąże się konieczność rozwiązania kilku istotnych problemów. Kolejnymi parametrami NSS, które muszą być brane pod uwagę przy określaniu pozycji użytkownika, jest czas, w jakim tego się dokonuje i układ odniesienia. Z tabeli 1 wynika, że każdy z tych parametrów jest inny w każdym z czterech omawianych w niej NSS.

W przypadku rozbieżności układów odniesienia rozwiązaniem jest odpowiednio zaprogramowany odbiornik użytkownika, w którym współrzędne pozycji określonej w jednym układzie mogą być sygnalizowane w innym. Problem ten jest szczególnie istotny wtedy, kiedy współrzędne pozycji określonej za pomocą odbiornika danego NSS chce się nanieść na mapę zdefiniowaną w innym układzie lub gdy taki odbiornik jest integralną częścią urządzenia umożliwiającego nawigację satelitarną. Sytuacja taka występuje na przykład w nawigacji morskiej, gdy współrzędne geograficzne sygnalizowane przez odbiornik GPS w układzie WGS-84 trzeba nanieść na mapę danego akwenu, określoną w układzie lokalnym czy też w przypadku ekranowego odbiornika samochodowego (tzw. *car navigation*), kiedy to w wyniku nieuwzględnienia z różnych przyczyn w odbiorniku rzeczywistej konfiguracji terenu, zabudowy czy też układu tras komunikacyjnych użytkownik jest wprowadzony w błąd co do swojej rzeczywistej pozycji. Konsekwencją takiej sytuacji jest najczęściej niewłaściwie wytyczona dalsza trasa oraz przeświadczenie, często głoszone później w środkach masowego przekazu, że to system GPS zaprowadził użytkownika wprost do jeziora czy też kazał skręcić w nieistniejącą ulicę.

Dla statku morskiego pływającego po całym świecie i korzystającego z kilkuset map o różnych układach odniesienia rozwiązaniem jest posiadanie odbiornika NSS, obecnie w zdecydowanej większości GPS, który współrzędne określonej pozycji sygnalizuje nie tylko w układzie WGS-84, ale również w co najmniej kilkudziesięciu, a najczęściej kilkuset, układach odniesienia.

W przypadku czasu problemem jest z kolei fakt, że każdy NSS stosuje swój własny czas i to właśnie w nim są określane w odbiorniku współrzędne użytkownika, podczas gdy obowiązującą powszechnie w świecie skalą czasu jest **UTC** (*Universal Time Coordinated*) [7]. Dlatego też w depeżach nawigacyjnych wszystkich NSS zawarte są, bądź będą, dane dotyczące różnicy między czasem danego systemu a UTC, a w budowanym systemie Galileo dodatkowo będzie przesyłana informacja o czasie systemu GPS.

■ Tabela 6. Międzyoperacyjność i kompatybilność sygnałów budowanego systemu QZSS z sygnałami innych nawigacyjnych i wspomagających systemów satelitarnych

Sygnał	Częstotliwość [MHz]	Uwagi
L1 C/A	1575,42	pełna międzyoperacyjność systemów QZSS i GPS kompatybilność z obecnymi i przyszłymi sygnałami systemu GPS
L1C		
L2C		
L5	1176,45	
L1 – SAIF	1575,42	kompatybilność z systemami SBAS współpraca z WDGPS w Japonii
LEX	1278,75	sygnał próbny o zwiększonej szybkości przepływu danych (2 kbit/s) kompatybilność z sygnałem E6 systemu Galileo

GLOBALNY NAWIGACYJNY SYSTEM SATELITARNY (GNSS) PRZYSZŁOŚCI

Ze względu na to, że pierwsze dwa NSS, czyli GPS i GLONASS, były, są – i wszystko wskazuje, że nadal będą – zależne od struktur wojskowych państw macierzystych, odpowiednio USA i Rosji, wiele zainteresowanych krajów, przedstawiciele wielkich armatorów i linii lotniczych, instytucji badawczych i organizacji międzynarodowych już od pierwszych lat 90. XX wieku było przekonanych o konieczności budowy od podstaw nowego NSS o zasięgu globalnym, który z samego założenia byłby od początku pod pełną międzynarodową kontrolą cywilną. W tym celu 15 października 1993 roku, czyli ponad 20 lat temu, 68 delegatów z 11 państw (9 państw z Europy, w tym Polski oraz Argentyny i USA) zawarło wstępne porozumienie, którego końcowym efektem ma być uruchomienie systemu **GNSS**. Założono wtedy, że system ten, zwany w fazie początkowej GNSS-1, obejmie system GPS, DGPS w wersji dalekiego zasięgu *Wide Area DGPS (WADGPS)*, system GLONASS oraz geostacjonarne satelity systemu Inmarsat [7]. Z upływem lat sytuacja zaczęła się jednak zmieniać, i to w sposób bardzo znaczący. System GLONASS przestał być operacyjny, zapadły decyzje o budowie dwóch nowych NSS (Galileo i BeiDou). Uruchomiono trzy SBAS WAAS, MSAS i EGNOS. Wszystko to spowodowało konieczność gruntownej rewizji dotychczasowych założeń.

■ Tabela 7. Przewidywane z początkiem 2014 roku zmiany w funkcjonowaniu nawigacyjnych i wspomagających systemów satelitarnych w kilkunastu najbliższych latach i ich konsekwencje dla użytkowników

Rok	Wydarzenie	Konsekwencje dla użytkowników
2015	Pierwszy satelita GPS III na orbicie, czwarty sygnał cywilny L1C	początek trzeciej generacji systemu GPS
	18 satelitów Galileo na orbitach, początkowa zdolność operacyjna (IOC)	niepełny serwis OS, PRS, SAR, serwis CS w fazie demonstracyjnej
2016	Sygnał L2C emitowany przez 24 satelity GPS	pełny dostęp użytkowników cywilnych do dwóch częstotliwości systemu GPS
2017	System WAAS, początkowa zdolność operacyjna (IOC) dla transmisji poprawek na częstotliwości L5	możliwość odbioru poprawek z niektórych satelitów GEO systemu WAAS na dwóch częstotliwościach L1 i L5
2018	Sygnał L5 emitowany przez 24 satelity GPS	pełny dostęp użytkowników cywilnych do trzech częstotliwości systemu GPS
2020	Zakończenie budowy systemu Galileo, 30 satelitów na orbitach	pełny dostęp do wszystkich sygnałów i serwisów systemu Galileo
	Zakończenie budowy systemu BeiDou, 35 satelitów na orbitach	zasięg globalny, pełny dostęp do sygnałów i częstotliwości cywilnych
	System WAAS, pełna zdolność operacyjna (FOC) dla transmisji poprawek na częstotliwości L5	odbiór poprawek ze wszystkich satelitów GEO systemu WAAS na dwóch częstotliwościach L1 i L5
2021	24 satelity GPS III na orbicie	pełny dostęp użytkowników cywilnych do czterech sygnałów systemu GPS
2024	Pierwszy satelita bloku KM systemu GLONASS na orbicie	trzy nowe sygnały CDMA w pełni międzyoperacyjne z sygnałami innych NSS

Na początku 2014 roku GNSS, w swojej wersji docelowej, zwanej obecnie GNSS-2, obejmuje [7], [14]:

- 4 w pełni operacyjne NSS, czyli GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou,
- wszystkie w pełni operacyjne SBAS,
- odmiany różnicowe wymienionych NSS.

Wprowadzenie w życie koncepcji jednego zintegrowanego systemu GNSS-2 będzie możliwe dopiero wtedy, kiedy mające go tworzyć NSS staną się w pełni kompatybilne i międzyoperacyjne, czyli gdy zakończy się budowa systemu GPS trzeciej generacji, segment kosmiczny systemu GLONASS będzie się składać z satelitów KM, a systemy Galileo i BeiDou staną się w pełni operacyjne i będą oferować wszystkie zapowiadane dziś serwisy. Przewiduje się, że początkowo w Europie i USA GNSS będą tworzyć systemy GPS, Galileo i GLONASS, a w Chinach i państwach sąsiednich GPS, Galileo i BeiDou.

W tabeli 7 zestawiono przewidywane do roku 2024 zmiany w funkcjonowaniu NSS i SBAS.

* * *

- Na początku 2014 roku dwa nawigacyjne systemy satelitarne były w pełni operacyjne, amerykański GPS i rosyjski GLONASS, w praktyce jednak w zdecydowanej większości korzysta się jedynie z tego pierwszego. Główną tego przyczyną jest z pewnością zapamiętany przez użytkowników całego świata brak możliwości określania pozycji przez kilkanaście lat (od 1997 roku do grudnia 2011 roku) i nadal bardzo niewielka, w porównaniu z liczbą potencjalnych nabywców, liczba eksploatowanych na rynku odbiorników systemu GLONASS.

- Segment kosmiczny wszystkich czterech wymienionych nawigacyjnych systemów satelitarnych (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), liczący w każdym z nich około 30 satelitów MEO, przy dzisiejszej technice, w szczególności parametrach emisji satelitów oraz możliwości odbioru i przetwarzania sygnałów w odbiorniku użytkownika, wydaje się obecnie najlepszym rozwiązaniem, by nie powiedzieć optymalnym.

- Ze względu na planowaną w przyszłości wspólną eksploatację wszystkich czterech NSS, sygnały i częstotliwości systemów obecnie budowanych oraz nowe sygnały i częstotliwości systemów już funkcjonujących są tak dobrane, by przynajmniej niektóre z nich były takie same.

- Terminy ogłoszenia pełnej zdolności operacyjnej budowanych obecnie NSS wciąż się oddalają, ale pozytywną wiadomością jest fakt, że pierwsze określenie pozycji użytkownika za pomocą sygnałów z czterech satelitów systemu Galileo nastąpiło 4 grudnia 2012 r., w przypadku systemu BeiDou nastąpiło to w styczniu 2013 r.

- Zapewnienie kompatybilności i międzyoperacyjności wszystkich obecnie funkcjonujących i budowanych NSS i SBAS umożliwi stworzenie jednego globalnego nawigacyjnego systemu satelitarnego GNSS. Przewiduje się, że już w 2020 roku pozycja użytkownika będzie mogła być określana na podstawie sygnałów docierających jednocześnie z 30, a niekiedy nawet 40, satelitów wszystkich wymienionych systemów.

LITERATURA

- [1] Admiralty List of Radio Signals (ALRS), The United Kingdom Hydrographic Office, vol. 2, 2013/2014
- [2] Diggelen F. van.: *A-GPS: Assisted GPS, GNSS and GPS*, Artech House, Boston/London, 2009
- [3] EGNOS Open Service Definition Document 2.0, European Commission, 2013
- [4] EGNOS Safety of Life Service Definition Document 2.0, European Commission, 2013
- [5] Gibbons G.: *GNSS Interoperability Not So Easy, After All*, InsideGNSS, vol.6, No. 1, 2011
- [6] Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E.: *GNSS – Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo, and more*, Springer, Wien NewYork, 2008

- [7] Januszewski J.: *Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010
- [8] Januszewski J.: *Nawigacyjny system satelitarny GPS, dzisiaj i w przyszłości*, Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, z. 24, 2010
- [9] Januszewski J.: *The problem of Compatibility and Interoperability of Satellite Navigation Systems*, Artificial Satellites, Journal of Planetary Geodesy, No 3, vol.46, 2011
- [10] Januszewski J.: *System EGNOS i inne satelitarne systemy wspomagające*, Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 11, 2012
- [11] Januszewski J.: *New Satellite Navigation Systems and modernization of current systems, why and for whom?* Scientific Journals Maritime University of Szczecin, no 32(104) z. 2, 2012
- [12] Kaplan E.D., Hegarty C.J.: *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House, Boston/London, 2006
- [13] Martin H.W.: *U.S. Space-Based positioning, Navigation and Timing Policy and Program Update*, 8th International Committee on GNSS, Dubai, 2013
- [14] Materiały pokonferencyjne CGSIC – Civil GPS Service Interface Committee, 2007–2013
- [15] Munich Satellite Navigation Summit, Munich, 2009–2014
- [16] Revnivkyh S.: *GLONASS status and modernization*, 7th International Committee on Global Navigation Satellite Systems, Beijing, 2012
- [17] Stupak G.: *SDCM status and plans*, 7th International Committee on Global Navigation Satellite Systems, Beijing, 2012
- [18] *The Promise of OCX*, GPS World, vol.19. no. 9, 2008
- [19] www.beidou.gov.cn
- [20] www.essp-sas.eu
- [21] www.glonass-ianc.rsa.ru
- [22] www.gpsworld.com
- [23] www.insidegnss.com
- [24] www.losangeles.af.mil
- [25] www.mycordinates.com
- [26] www.pnt.gov
- [27] www.thehindu.com
- [28] www.waas.stanford.edu

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW/ SUMMARY ARTICLES

ZAGADNIENIA OGÓLNE	SIĘCI TELEKOMUNIKACYJNE	USŁUGI MULTIMEDIA	ELEMENTY UKŁADY METODY	TELETRANS-MISJA	TELEFONIA	TELEINFORMATYKA	OPTOTELEKOMUNIKACJA	RADIO-KOMUNIKACJA RADIOFONIA TELEWIZJA	POMIARY	EKONOMIKA PRAWO	SPONSOROWANE
GENERAL PROBLEMS	COMMUNICATION NETWORKS	SERVICES MULTIMEDIA	COMPONENTS DEVICES METHODS	TELETRANS-MISSION	TELEPHONY	COMPUTER SCIENCE	OPTOCOMMUNICATIONS	RADIOCOMMUNICATION RADIO TELEVISION	MEASUREMENTS	ECONOMICS LAW	SPONSORING



WILK A. M.: Internetowa Polonia a nowe narzędzia edukacji i promocji kultury narodowej szerokopasmowego dostępu do Internetu

PTiWT nr 5/2014, s. 96

Przedstawiono problem wysokiego tempa nowej emigracji z Polski, która od 2004 r. osiągnęła już poziom około 3 milionów, głównie młodych ludzi. Przedstawiono specyfikę nowego świata społeczeństwa informacyjnego i powstawanie internetowej Polonii, czy inter-Polonii, stanowiącej swoistą internetową wspólnotę Polaków z Polski i zza granicy oraz Polonii. Przedstawiono wyzwanie utrzymania tych osób i ich potomków w obszarze oddziaływania polskiej kultury oraz zapewnienia wszystkim zainteresowanym warunków do utrzymania ich tożsamości narodowej. Zaprezentowano wypowiedzi Świętego Jana Pawła II. Dotyczą one problemu tożsamości i dziedzictwa, aktualnego również w wirtualnym świecie oraz ocenę wymiaru etycznego sposobu wykorzystywania i korzystania z Internetu. Przedstawiono również problem zapewnienia dostępu do polskiego języka, historii i kultury potomkom tych Polaków, którzy z przyczyn od siebie niezależnych znaleźli się poza granicami współczesnej Rzeczypospolitej. Szczególnie dotyczy to potomków tych, którzy za swoją polskość byli represjonowani, a nawet masowo mordowani.

Przedstawiono możliwości, jakie nowe techniki informacyjne i komunikacyjne (ICT), a zwłaszcza szerokopasmowy dostęp do Internetu, zapewniają w zakresie integracji społecznej i kulturowej środowisk przestrzennie rozproszonych. Omówiono specyfikę nowych środków technicznych, nowe możliwości i nowe ryzyka, sygnalizując również nową inicjatywę. Zaapelowano o całościową politykę państwową i przedstawiono cele dyskusji na XV KOS 2014. Potwierdzono gotowość SEP do wspierania niezbędnych działań.

Słowa kluczowe: społeczeństwo informacyjne, ICT, tożsamość, dziedzictwo, kultura narodowa, Polska, Polonia, Internet, edukacja, Jan Paweł II, dostęp szerokopasmowy, wyzwanie, promocja



WILK A. M.: Internet Polonia and the new tools of education and promotion of national culture on the basis of broadband access to the Internet

PTiWT No 5/2014, p. 96

The article presents the problem of the high rate of new emigration of Polish citizens, which since 2004 have already reached a level of about 3 million, mostly young people. It shows the specificity of a new world Information Society, resulting in the formation of Internet's "Polonia" or "Inter-Polonia", which is a kind of an Internet community of Poles from Poland and other countries and "Polonia" people, presents a challenge to maintain these people and their descendants in the area of influence of Polish culture and to ensure all interested parties, the conditions to maintain their national identity.

The article presented related to this challenge, speeches of the Holy Father, Blessed and soon the Holy, Pope John Paul II. These relate to the problem of identity and heritage, current also in the virtual world, as well as evaluating the ethical dimension of Internet use.

The article discusses also the problem of providing access to the Polish language, history and culture, for the descendants of those Poles who, for reasons beyond their control, find themselves outside of the contemporary Poland borders. This is especially true for descendants of those, who were victimized because of being Polish and even mass-murdered.

The possibilities of what new information and communication technology (ICT), and particularly broadband Internet access, provide a range of social and cultural integration of spatially distributed Polish people. In this article are presented also the new technical possibilities, new opportunities and new risks and giving information on the new initiative. Called for a comprehensive national policy objectives and presents a discussion on the fifteenth KOS 2014. SEP confirmed readiness to support the necessary actions.

Key words: Information Society, ICT, identity, heritage, national culture, Poland, Polonia, internet, education, Pope John Paul II, broadband, challenge, promotion