

Andrzej Felski
Krzysztof Jaskólski
Akademia Marynarki Wojennej

ANALIZA DOSTĘPNOŚCI SYSTEMU AIS

STRESZCZENIE

Automatyczny system identyfikacji statków dla znacznej części jednostek jest obecnie traktowany jako wyposażenie obowiązkowe. Pomimo początkowych obiekcji również personel pokładowy oraz systemów nadzoru ruchu coraz chętniej z niego korzysta. Nie milkną jednak głosy krytyczne, zgłaszające zastrzeżenia co do celowości, wartości systemu, a nawet zagrożeń wynikających z jego wprowadzenia. Jedną ze sygnalizowanych niedoskonałości usług świadczonych przez system AIS jest dostępność transmisji. Pojawiły się doniesienia o niedoskonałości systemu jako kanału transmisji danych, czego dowodem miały być przypadki braku możliwości odbioru sygnałów w zaplanowanym interwale czasowym. W artykule poddano analizie problem dostępności systemu AIS z punktu widzenia jakości kanału transmisji danych i podjęto próbę oceny dostępności kanału transmisji serwisu AIS. Wykorzystując dane zarejestrowane przez stację VTS Gdynia pochodzące ze stacji bazowych rozmieszczonych na wybrzeżu Zatoki Gdańskiej, zaproponowano metodę oceny dostępności serwisu AIS.

Słowa kluczowe:

system AIS, transmisja danych.

WSTĘP

Jedną z podstawowych własności, jakich wymaga się od systemów nawigacyjnych, jest utrzymanie sprawności w określonych warunkach i w zdefiniowanym przedziale czasu. W praktyce nawigacji morskiej zazwyczaj przyjmuje się, że tym przedziałem jest rok, jakkolwiek w specyficznych sytuacjach można również przyjmować założenie o czasie trwania zadania nawigacyjnego. Cecha ta nazywana jest dostępnością (*availability*). Termin ów jest stosowany od dawna i już w 1996 roku

Federalny Plan Radionawigacyjny definiował go jako prawdopodobieństwo, z jakim serwis świadczony przez system jest dostępny użytkownikowi będącemu w granicach strefy jego działania [FRP, 1996]. Definicja ta jest powtarzana w każdym kolejnym wydaniu tego dokumentu, ostatnio w 2008 roku.

Dostępność serwisu AIS może wydawać się kwestią sporną ze względu na to, że traktowanie go jako systemu radionawigacyjnego jest dyskusyjne. Jest to w istocie kanał transmisji informacji [3], której źródła pochodzą spoza systemu. Oczywiście można rozważać potencjalne zniekształcenia informacji wnoszone przez system, jednak w niniejszej pracy proponuje się dostępność AIS utożsamiać z dostępnością kanału transmisji informacji.

Przy takim założeniu można uznać za uzasadnione przeprowadzenie badań dostępności AIS na podstawie otrzymywanych i zarejestrowanych komunikatów pochodzących z urządzeń transmitujących sygnały AIS. Wobec niezwyklej zmienności warunków panujących nawet na ograniczonym akwenu (zmienna liczba statków, zmiana ich charakteru, wzajemnego położenia itp.) zaproponowano ograniczyć się do elementów niezmiennych. Są nimi stacje bazowe systemu, których liczba na akwenu nie zmienia się, ich anteny znajdują się na niezmiennych wysokościach i rozmieszczone są w tych samych miejscach. Kolejną korzystną cechą tych stacji z punktu widzenia badacza dostępności serwisu AIS jest niezmienny interwał czasowy, w jakim nadawane są komunikaty z tych stacji.

STAN DOTYCHCZASOWEJ WIEDZY NA TEMAT DOSTĘPNOŚCI SYSTEMU AIS

Do pozyskiwania wiedzy o sytuacji na akwenu powszechnie od kilku dekad wykorzystuje się radar, jednak informacja otrzymywana tą drogą obciążona jest istotnymi ograniczeniami w porównaniu do innych źródeł podobnych danych. W praktyce informacja o pozycji cechuje się błędem nie mniejszym niż około 30 metrów, przy czym na zasięgach pracy radarów nawigacyjnych może dojść nawet do 100 metrów. Z kolei wykorzystanie informacji radarowej w celach unikania zderzeń jest skuteczne tylko przy niezmiennych wielkościach definiujących ruch jednostki obserwowanej i obserwującej. W przeciwnym wypadku pojawia się istotne opóźnienie lub istotny błąd takiej informacji wynikający z manewrów obserwowanej jednostki [9].

Powyższe fakty dają podstawy do sformułowania tezy, iż zasadnym może być uzupełnianie informacji radarowej informacją pochodzącą z systemu działającego w sposób automatyczny i ciągły z dokładnością informacji większą niż informacja

radarowa, porównywalną do DGPS. Takim systemem jest AIS, który w tym kontekście można zaliczyć do systemów radionawigacyjnych, wykorzystujących fale radiowe do transmisji danych dotyczących parametrów ruchu statków. Jednakże pojawiają się doniesienia użytkowników, jakoby występowały ograniczenia w dostępności i wiarygodności przesyłanej tą drogą informacji.

Dotychczas badanie dostępności systemu AIS przedstawili A. Hori, Y. Arai, S. Okuda i S. Fujie [8]. Badanie to zrealizowano drogą eksperymentu pomiarowego na trzech akwenach z użyciem trzech różnych jednostek pływających wyposażonych w anteny dookólne i kierunkowe umieszczone na różnych wysokościach. Statki uczestniczące w eksperymencie transmitowały w zaplanowanym interwale czasowym depezę nr 1 (raport pozycyjny), który był rejestrowany przez odbiornik na brzegu. Odebrane dane zostały zarejestrowane w plikach z rozszerzeniem txt i na tej podstawie obliczono wskaźnik rejestracji danych (*reception rate*), według zależności:

$$R_r = \frac{n_R}{n_T}, \quad (1)$$

gdzie:

n_R — liczba odebranych pakietów danych w ciągu minuty;

n_T — liczba nadanych pakietów danych w ciągu minuty.

Oznaczając jako R_t średni odstęp czasu pomiędzy odebranymi (*reception interval*) sygnałami i jako T_t średni odstęp czasu pomiędzy nadanymi sygnałami (*transmission interval*), możemy zapisać:

$$\frac{1}{\frac{R_t}{1}} = \frac{n_R}{n_T}, \quad (2)$$

skąd z uwzględnieniem (1) otrzymujemy (3):

$$R_r = \frac{T_t}{R_t}, \quad (3)$$

gdzie:

R_t — średni odstęp czasu odebranych sygnałów;

T_t — średni odstęp czasu wygenerowanych sygnałów.

Zgodnie z założeniami porównano efekty charakterystyk anteny kierunkowej z anteną dookólną. Na podstawie analizy zebranych wyników zaobserwowano, iż efekt anteny kierunkowej jest zależny od wskaźnika rejestracji, który przewyższa lub jest zbliżony do wskaźnika rejestracji anteny dookólnej. Ponadto wskaźnik rejestracji anteny kierunkowej jest znacznie większy na odległościach rzędu 10 mil morskich w przypadku anteny umieszczonej na wysokości 10 metrów lub odległości 18 mil w przypadku anteny umieszczonej na wysokości 13 metrów w porównaniu do anteny dookólnej. Dostępność wyznaczona tą metodą kształtowała się na poziomie osiemdziesięciu procent.

Powyższa metoda badań wydaje się czasochłonna i kosztowna. Wymaga rejestracji sygnałów z kilku jednostek z różnymi wysokościami anten dookólnych i kierunkowych. Zbyt duża liczba zmiennych (interwał czasowy, wysokość anteny, prędkość jednostek) znacznie spowolni proces obliczeniowy i skomplikuje postać wyników. W warunkach Zatoki Gdańskiej istnieje korzystna konfiguracja stacji bazowych rozmieszczonych na różnych kierunkach od Gdyni przy jednoczesnym spełnieniu warunku propagacji sygnału nad morzem. W związku z powyższym zaproponowano metodę badań w oparciu o sygnał pochodzący ze stacji bazowych, z rejestracją w stałym interwale czasowym, przy stałej wysokości anten i niezmiennej pozycji.

METODYKA BADAŃ DOSTĘPNOŚCI KANAŁU INFORMACYJNEGO AIS

Na wybrzeżu Zatoki Gdańskiej rozmieszczone są trzy stacje bazowe, które mogą być odbierane w Gdyni. W opisywanym eksperymencie dostępność systemu AIS badano na podstawie analizy komunikatów AIVDM zawierających wiadomość numer 4 (*Base Station Report*). Dane poddane analizie były rejestrowane w Gdyni, a pochodzą ze stacji bazowych w Krynicy Morskiej i Helu.

Tabela 1. Informacje o stacjach bazowych wykorzystanych w badaniu dostępności AIS

nazwa stacji	szerokość geograficzna	długość geograficzna	numer MMSI	wysokość anteny [m]
HEL	54°35,9'N	018°48,7'E	002611400	33
KRYNICA MORSKA	54°23,1'N	019°27,0'E	002614100	53
Rejestrator sygnałów AIS	54°32,6'N	018°32,7'E	-	15

Źródło: opracowanie własne.

Znając wysokości anteny układu nadawczego i wysokości anteny układu odbiorczego wyznaczono maksymalne odległości między antenami zgodnie ze wzorem:

$$d = 2,08(\sqrt{K h_1} + \sqrt{K h_2}) \quad [\text{mile morskie}] \quad (4)$$

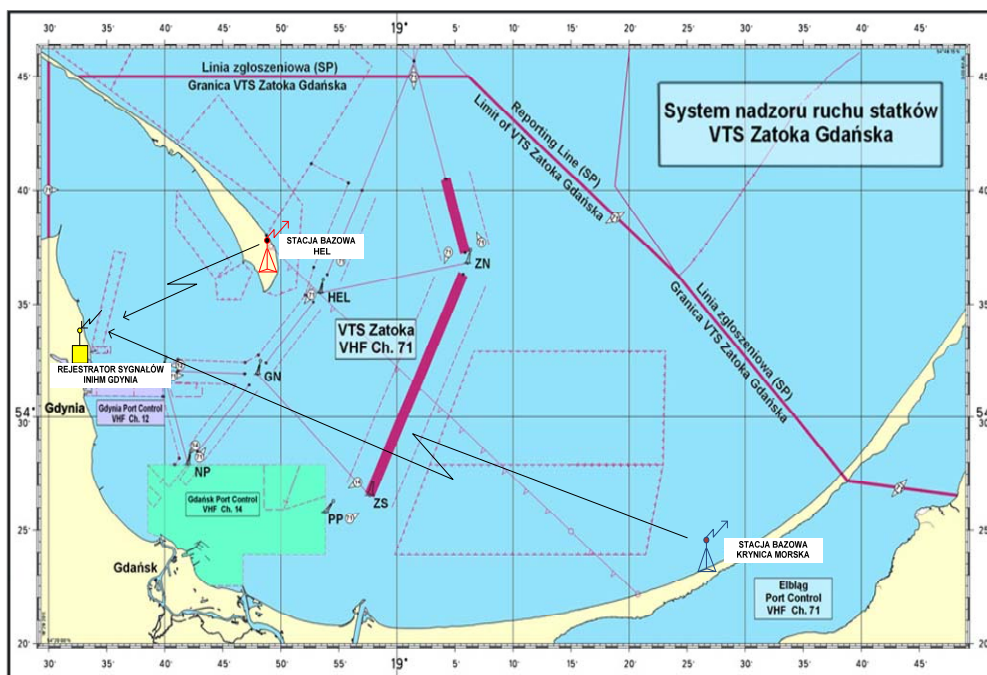
gdzie:

h — wysokość anten;

K — współczynnik dopasowania (refrakcja) $K = 4/3$.

W związku z powyższym: odległość stacji Hel do punktu rejestracji sygnałów wynosi w milach morskich 9,5 (d 16,7), a stacji Krynica Morska 32,4 (d 26,9).

Zgodnie z [ITU R.M.1371, 1998] stacja bazowa nadaje wiadomość nr 4 ze stałym interwałem czasowym równym 10 sekund. Wiadomość ta zawiera dokładną informację o czasie (rok, miesiąc, dzień, godzina, minuta, sekunda UTC) oraz numer MMSI identyfikujący stację bazową. Na podstawie tych danych istnieje możliwość sformułowania zapytań do bazy danych zawierających rejestracje pomiarów w przedziałach 24-godzinnych, ile razy w ciągu minuty zarejestrowano w odbiorniku informacje ze stacji bazowych. Jeśli zarejestrowano sześć komunikatów w ciągu jednej minuty z jednej stacji bazowej, oznacza to stuprocentową wartość dostępności kanału transmisji informacji.



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji nadawczych i odbiornika

Źródło: Urząd Morski w Gdyni, Obszar VTS, <http://www.umgdy.gov.pl/pium/jednostka?menuId=2472&kodJednostki=rxm59jacv2.rsc9w4acv1&id=23874>, dostęp 2011.01.23.

Jedną z najpopularniejszych metod wyznaczania dostępności (*availability*) systemów radionawigacyjnych jest współczynnik dostępności systemu nawigacyjnego jako proporcja średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami (sprawnej transmisji — *Mean Time Between Failure*) do sumy MTBF i średniego czasu naprawy (*Mean Time To Repair*) MTTR:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}, \quad (5)$$

gdzie:

MTBF — średni czas pomiędzy uszkodzeniami;

MTTR — średni czas do naprawy (odtworzenia sprawności).

Do ilościowego opisu dostępności można również przyjąć średnią wartość czasu do naprawy MTTR (*Mean Time To Repair*). MTTR można utożsamiać z wartością oczekiwaną czasu awarii systemu. W artykule przyjęto, że MTTR będzie wynikał z ilości braku transmisji depezy nr 4. Jeżeli sygnały radiowe nadawane są co 10 sekund, to na podstawie liczby depezy, które nie zostały odebrane w zaplanowanym interwale czasowym, można wyznaczyć MTTR. Wynika stąd, że MTTR oznacza średni czas, jaki zajmuje brak transmisji danych.

WYNIKI BADAŃ DOSTĘPNOŚCI KANALU TRANSMISJI DANYCH SYSTEMU AIS

Badania dostępności przeprowadzono na danych zarejestrowanych w kwietniu i listopadzie 2006, styczniu, marcu i kwietniu 2007, grudniu 2010 oraz styczniu 2011 w laboratorium INiHM odbiornikiem SAAB R4 AIS co daje asumpt do porównań ewentualnej zmienności tych parametrów. Materiał do badań za 2006 i 2007 rok autorom pracy udostępnił Pan Krzysztof NAUS. Rejestracje w 2010 i 2011 roku wykonali osobiście autorzy pracy w laboratorium INiHM. W tabeli 2 przedstawiono zebrane dane oraz odpowiednie współczynniki.

Tabela 2. Wyniki badania dostępności

DATA	CZAS REJESTRACJI SYGNAŁÓW [s]	MTBF [s]	MTTR [s]	AVAILABILITY HEL	MTBF [s]	MTTR [s]	AVAILABILITY KRYNICA
2006.04.03	42359	30809	11550	0,727330674	39019	3340	0,921150169
2006.04.04	86400	39410	46990	0,456134259	66440	19960	0,768981481
2006.04.05	86400	44230	42170	0,511921296	71380	15020	0,826157407
2006.04.06	86400	58410	27990	0,676041667	74850	11550	0,866319444
2006.04.07	86400	40330	46070	0,466782407	61050	25350	0,706597222

Analiza dostępności systemu AIS

DATA	CZAS REJESTRACJI SYGNAŁÓW [s]	MTBF [s]	MTTR [s]	AVAILABILITY HEL	MTBF [s]	MTTR [s]	AVAILABILITY KRYNICA
2006.04.10	66539	32809	33730	0,493079247	50529	16010	0,75938923
2006.04.11	86400	48620	37780	0,562731481	66640	19760	0,771296296
2006.04.12	86400	49030	37370	0,567476852	58020	28380	0,671527778
2006.04.13	86400	75520	10880	0,874074074	79930	6470	0,925115741
2006.04.18	59819	54239	5580	0,906718601	57859	1960	0,967234491
2006.04.19	38579	35359	3220	0,916534902	36669	1910	0,9504912
2006.04.20	86400	83650	2750	0,968171296	81580	4820	0,944212963
2006.04.21	46679	45219	1460	0,968722552	44149	2530	0,945800039
2006.04.24	54719	51719	3000	0,945174437	49929	4790	0,912461851
2006.11.22	58139	57959	180	0,996903972	46849	11290	0,805810213
2006.11.23	86400	86230	170	0,998032407	59770	26630	0,691782407
2006.11.24	86400	86160	240	0,997222222	52330	34070	0,605671296
2006.11.25	86400	86070	330	0,996180556	53010	33390	0,613541667
2006.11.26	86400	86000	400	0,99537037	55880	30520	0,646759259
2006.11.27	86400	85910	490	0,994328704	64760	21640	0,749537037
2006.11.28	86400	86130	270	0,996875	59550	26850	0,689236111
2006.11.29	70919	70559	360	0,994923786	62369	8550	0,879439924
2007.01.07	53819	53675	144	0,997324365	44669	9150	0,829985693
2007.01.08	86400	86076	324	0,99625	83070	3330	0,961458333
2007.01.09	86400	86040	360	0,995833333	84264	2136	0,975277778
2007.01.10	86400	86088	312	0,996388889	85158	1242	0,985625
2007.01.11	86400	86010	390	0,995486111	83400	3000	0,965277778
2007.01.12	26027	25949	78	0,997003112	25757	270	0,989626157
2007.03.26	54418	53410	1008	0,981476717	50608	3810	0,929986402
2007.03.27	86400	85836	564	0,993472222	82464	3936	0,954444444
2007.03.28	86400	85140	1260	0,985416667	76512	9888	0,885555556
2007.03.29	86400	85428	972	0,98875	70188	16212	0,812361111
2007.03.30	86400	84804	1596	0,981527778	81108	5292	0,93875
2007.03.31	86400	85278	1122	0,987013889	83844	2556	0,970416667
2007.04.01	86400	85356	1044	0,987916667	84264	2136	0,975277778
2007.04.02	86400	85752	648	0,9925	81564	4836	0,944027778
2007.04.03	86400	85494	906	0,989513889	70758	15642	0,818958333
2007.04.04	86400	85728	672	0,992222222	73092	13308	0,845972222
2007.04.05	86400	86142	258	0,997013889	69642	16758	0,806041667
2007.04.06	86400	85998	402	0,995347222	64584	21816	0,7475

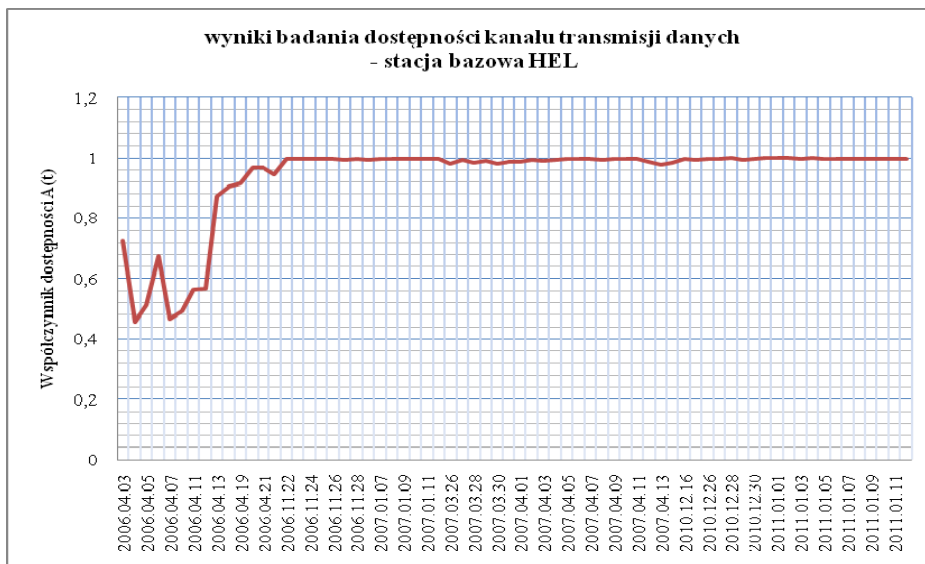
DATA	CZAS REJESTRACJI SYGNAŁÓW [s]	MTBF [s]	MTRR [s]	AVAILABILITY HEL	MTBF [s]	MTRR [s]	AVAILABILITY KRYNICA
2007.04.07	86400	86004	396	0,995416667	67758	18642	0,784236111
2007.04.08	86400	85932	468	0,994583333	62970	23430	0,728819444
2007.04.09	86400	86070	330	0,996180556	62478	23922	0,723125
2007.04.10	86400	86004	396	0,995416667	60024	26376	0,694722222
2007.04.11	86400	86088	312	0,996388889	63132	23268	0,730694444
2007.04.12	86400	85290	1110	0,987152778	82086	4314	0,950069444
2007.04.13	23879	23333	546	0,977134721	23285	594	0,975124586
2007.09.11	4680	4608	72	0,984615385	4476	204	0,956410256
2010.12.16	57539	57407	132	0,997705904	54881	2658	0,953805245
2010.12.17	8204	8150	54	0,993417845	7526	678	0,917357387
2010.12.26	42959	42875	84	0,998044647	41351	1608	0,962568961
2010.12.27	86400	86220	180	0,997916667	82878	3522	0,959236111
2010.12.28	86400	86268	132	0,998472222	84024	2376	0,9725
2010.12.29	86400	85980	420	0,995138889	82326	4074	0,952847222
2010.12.30	86400	86250	150	0,998263889	82974	3426	0,960347222
2010.12.31	86400	86322	78	0,999097222	83190	3210	0,962847222
2011.01.01	86400	86310	90	0,998958333	82920	3480	0,959722222
2011.01.02	86400	86286	114	0,998680556	83856	2544	0,970555556
2011.01.03	86400	86250	150	0,998263889	84432	1968	0,977222222
2011.01.04	42833	42791	42	0,999019448	41933	900	0,978988163
2011.01.05	86400	86172	228	0,997361111	84282	2118	0,975486111
2011.01.06	86400	86214	186	0,997847222	85146	1254	0,985486111
2011.01.07	86400	86250	150	0,998263889	84174	2226	0,974236111
2011.01.08	86400	86244	156	0,998194444	78384	8016	0,907222222
2011.01.09	86400	86214	186	0,997847222	70080	16320	0,811111111
2011.01.10	86400	86148	252	0,997083333	76092	10308	0,880694444
2011.01.11	86400	86202	198	0,997708333	75882	10518	0,878263889
2011.01.12	23519	23477	42	0,99821421	21131	2388	0,898465071

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Zestawienie wyników analizy dostępności w okresie od 22.11.2006 do 12.01.2011

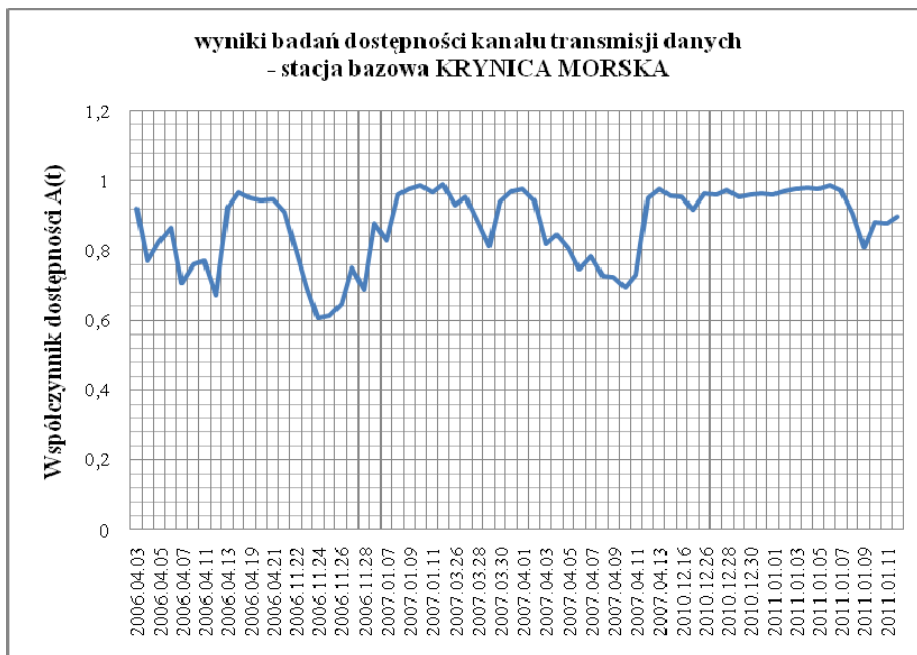
	STACJA BAZOWA HEL	STACJA BAZOWA KRYNICA MORSKA
A(t)	0,99449	0,87778
1-A(t)	0,00550	0,12221

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Wykres zmian dostępności stacji bazowej Hel

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Wykres zmian dostępności stacji bazowej Krynica Morska

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Wyniki badania zawarte w tabeli 2. pokazują, że nie zawsze była możliwość 24-godzinnej rejestracji sygnałów, zależało to od warunków. Minimalny czas rejestracji 11.09.2007 r. wyniósł 4680 sekund. Etap usprawniania systemu AIS na wybrzeżu polskim obrazują wyniki badań w kwietniu 2006 roku. Minimalny poziom dostępności kanału transmisji danych w tym czasie dla stacji bazowej HEL wyniósł 0,4561 (04.04.2006), dlatego pominięto wyniki z tego okresu w analizie dostępności systemu. Wyniki badań dostępności kanału transmisji danych stacji bazowej KRYNICA MORSKA mogą świadczyć między innymi o niespełnieniu warunku minimalnej odległości między stacją nadawczą i odbiorczą. Dodatkowo występowanie zakłóceń atmosferycznych i interferencyjnych wpływa niekorzystnie na jakość kanału transmisji danych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Draft Revision of Recommendation ITU-R.M.1371, Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in VHF maritime mobile band, Radiocommunication study Groups, Interenational Telecommunication Union, 1998.*
- [2] Drozd W., Dziewicki M., Waraksa M., Bibik Ł., *Operational status of Polish AIS network, Advances in marine navigation and safety of sea transportation, 7th International Symposium TransNav., Akademia Morska, Gdynia 2007, pp. 195–198.*
- [3] Felski A., Jaskólski K., *Problem niezdatności informacyjnej systemu AIS, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2010, nr 4.*
- [4] Federal Radionavigation Plan, DoD/DoHS/DoD, Springfield 2008.
- [5] Federal Radionavigation Systems, DoD/DoT, Springfield 1996.
- [6] Harati-Mokhtari A., Wall A., Brookes P., Wang J., *AIS Contribution in Navigation Operation-Using AIS User Satisfaction Model, 7th International Symposium TransNav., Akademia Morska, Gdynia 2007, pp. 187–193.*
- [7] Harati-Mokhtari A., Wall A., Brookes P., Wang J., *Automatic Identification System (AIS): A Human Factors Approach, ‘Journal of Navigation’, 2007, Cambridge University Press, 2007, http://www.nautinst.org/ais/PDF/AIS_Human_Factors.pdf, dostęp 2010.06.04.*

- [8] Hori A., Arai Y., Okuda S., Fujie S., *Reliability and Availability on Onboard AIS Information*, materiały konferencyjne IAIN 2009, Stockholm 2009.
- [9] Śniegocki H., *Badanie wektora ruchu statku na torze podejściowym VTS Gdańsk*, rozprawa doktorska, AMW, Gdynia 2002.
- [10] Urząd Morski w Gdyni, Obszar VTS, <http://www.umgdy.gov.pl/pium/jednostka?menuId=2472&kodJednostki=rxm59jacv2.rsc9w4acv1&id=23874>, dostęp 2011.01.23.

AVAILABILITY ANALYSIS AIS SYSTEM

ABSTRACT

The automatic identification system of ships is considered obligatory equipment in relation to a large number of ships. Despite the initial objections deck personnel and traffic control personnel are more and more willing to use it. Voices of criticism, questioning purposefulness and value of the system as well dangers related to its use can still be heard. One of the signaled deficiencies of the services offered by the AIS is transmission availability. There has appeared some information concerning deficiencies of the system as a channel for data transmission, which can be proved by cases of inability to receive signals at the planned time interval. The paper analyses the problem of availability of transmission channel in the AIS service in relation to the quality of the transmission channel. It also attempts to assess availability of the transmission channel in the AIS service. Using data recorded by Gdynia VTS station coming from base station located along the Bay of Gdańsk coast, a method for assessing AIS service availability is proposed.

Keywords:

AIS, data transmission.