

Mariusz Specht<sup>1)</sup>

## WYBRANE CHARAKTERYSTYKI EKSPLOATACYJNE WOJSKOWYCH ODBIORNIKÓW GPS Z MODUŁEM SAASM

### SELECTED PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF GPS SAASM RECEIVERS

**STRESZCZENIE** Powszechność wykorzystania cywilnych odbiorników GPS w nawigacji światowej spowodowała konieczność zmiany sposobu podejścia Departamentu Obrony USA do wykorzystania militarnych odbiorników tego systemu. Na początku XXI wieku opracowano nową koncepcję techniczno-organizacyjną użytkowania odbiorników militarnych z modułem SAASM (*Selective Availability Anti-Spoofing Module*), których wykorzystanie nie wymaga synchronizacji wstępnej z sygnałami cywilnymi. Bezpośredni dostęp do serwisu wojskowego SPS (*Standard Positioning Service*) stał się istotą rewolucji w zakresie wykorzystania GPS w aplikacjach militarnych. W artykule zaprezentowano wybrane charakterystyki techniczne odbiorników GPS z modułem SAASM.

Słowa kluczowe:

moduł SAASM, jamming, spoofing.

**ABSTRACT** Widespread use of GPS receivers in worldwide navigation has made the US Department of Defense change their approach to the use of military receivers of the system. At the beginning of the 21st century a new technical-organizational concept was developed of using military SAASM (*Selective Availability Anti-Spoofing Module*) receivers which whose employment does not require initial synchronization with civilian signals. Direct access to the Standard Positioning Service (SPS) omitting civilian signals has become the core of revolution in using GPS for military purposes. The paper presents selected technical characteristics of GPS receivers with SAASM module.

Keywords:

SAASM module, jamming, spoofing.

DOI: 10.5604/0860889X/1097969

<sup>1)</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, 80-233 Gdańsk, ul. G. Narutowicza 11/12; e-mail: mariuszspecht1992@gmail.com

## WSTĘP

Najprostszą formą niekorzystnego oddziaływania na pracę odbiorników wojskowych serwisu PPS systemu GPS jest tzw. *jamming*, czyli zagłuszenie sygnału. Polega ono na emisji silnego (o dużym poziomie mocy) sygnału elektromagnetycznego na częstotliwościach: L1 i L2 [1] z urządzenia zwanego w literaturze polskiej jammerem. Zasięg takiego urządzenia może sięgać nawet do kilkudziesięciu kilometrów. Jednakże strona zakłócająca musi liczyć się z praktycznie natychmiastowym oddziaływaniem zbrojnym USA. Sygnał jammera jest bardzo łatwy do wykrycia i można się spodziewać, że w kilka minut w jego antenę wysłany zostanie pocisk kierowany na źródło promieniowania elektromagnetycznego. Z takimi przypadkami mieliśmy do czynienia podczas drugiej wojny w Zatoce Perskiej. Należy podkreślić, że w sytuacji oddziaływania jammera po stronie odbiornika użytkownika nie dojdzie do przekłamania danych, lecz do utraty śledzenia sygnałów GPS poprzez znaczące podniesienie poziomu szumów (zakłóceń), które uniemożliwią utrzymanie synchronizacji odbiornika z sygnałami GPS.

Na rynku urządzeń elektronicznych dostępna jest dziś cała gama jammerów systemu GPS. Przykładowe proste urządzenie tego typu zaprezentowano na rysunku 1.

## INTRODUCTION

The simplest form of negative effect on military receiver performance in PPS (Precise Positioning System) service in GPS system is the so called *jamming* — a signal which consists in emitting a strong (i.e. high power) electromagnetic signal on frequencies: L1 and L2 [1] from a device known in Polish literature as a jammer. The range of such a device can extend up to tens of kilometers. However, the jamming party has to face up to an immediate military response by the USA. A jammer signal is easy to detect and it can be expected that within a few minutes an electromagnetic radiation source seeking missile will be fired at their antenna. Such cases were recorded during the second war in the Persian Gulf. It must be underlined that in the case of jamming there will not occur any errors in the data received by the user's receiver but there will occur loss in signal tracking due to an increase in the noise level (interference), which will prevent synchronization of the receiver with GPS signals.

A large range of GPS jammers are available on the electronics market today. An example of a simple device of this kind is presented in the figure 1.

It must be underlined that use of such a device is legally prohibited [5].



Rys. 1. Przykładowy GPS jammer

Fig. 1. Example of GPS jammer

Źródło: materiał reklamowy firmy JHY/OEM.

Source: advertising material of JHY/OEM firm.

Należy w tym miejscu podkreślić, iż używanie takiego urządzenia jest prawnie zabronione [5], a potencjalny użytkownik winien zdawać sobie sprawę, że sygnał zakłócający może oddziaływać również na takie obiekty jak samoloty czy statki, stwarzając w ten sposób bardzo poważne zagrożenie bezpieczeństwa ich nawigacji, skutkujące zagrożeniem życia przewożonych osób i doprowadzeniem do ewentualnej katastrofy transportowej. Z badań wynika, że emisja sygnału zagłuszającego o mocy 1 W powoduje, utratę śledzenia kodu C/A przez odbiornik w odległości do 14 km, natomiast fazy sygnału częstotliwości nośnej w odległości do 44 km [6].

### **ODBIORNIKI WOJSKOWE WYKORZYSTUJĄCE MODUŁY SAASM**

Drugą, znacząco bardziej złożoną metodą oddziaływania przekłamywania sygnałów GPS jest tzw. *spoofing* [2]

But what is most important is that a potential user should be aware that a jamming signal can also affect objects like airplanes or ships in this way causing a very serious danger related to their navigation. This can result in a threat to people's lives and a transport accident. It follows from the relevant research that emission of a 1W jamming signal leads to loss of tracking C/A code by the receiver within a distance of 14 km and the signal carrier frequency phase within a distance of 44 km [6].

### **MILITARY SAASM RECEIVERS**

The second, significantly more complex method of affecting-deceiving GPS devices is the so called *spoofing* [2]. In spoofing signals the transmitted signals are identical to real ones transmitted by satellites but they carry falsified navigational data. The result can be a shift in position coordinates

polegający na emisji sygnałów identycznych do tych, które transmitują satelity, ale przynoszących zafałszowane dane nawigacyjne. Ich skutkiem może być przesunięcie wyznaczonych przez odbiorniki użytkownika współrzędnych pozycji czy wprowadzenie błędów w transferze czasu GPS. W przeciwieństwie do pierwszej techniki *spoofing* wymaga dużej wiedzy oraz zaawansowania technologicznego. W opinii autora tego typu urządzeniami mogą dysponować jedynie kraje o bardzo zaawansowanej technologii. Na dzień dzisiejszy nie są znane i odnotowane przypadki praktycznego wykorzystania takiego urządzenia.

Kategoryzując współczesne odbiorniki nawigacyjne GPS obu serwisów (SPS i PPS), można je podzielić na trzy grupy [3]:

1. Konwencjonalne cywilne odbiorniki serwisu SPS wykorzystujące kod C/A. To urządzenia stosowane powszechnie w aplikacjach cywilnych, umożliwiają wyznaczanie współrzędnych pozycji w oparciu o kod pseudoprzypadkowy C/A. Należy podkreślić, że w sytuacji utraty śledzenia sygnału C/A odbiornik przestanie wyznaczać pozycję.
2. Konwencjonalne militarne odbiorniki serwisu PPS wykorzystujące kody C/A i P(Y).

displayed by the user's receivers or errors in GPS time transfer. Unlike the first technique this one — spoofing requires incomparably bigger knowledge and technological advancement. In the author's opinion only high advanced technology countries can possess such devices. Up to date uses of such devices have not been recorded.

Categorizing present-day GPS navigational receivers in both services (SPS and PPS) can be divided into three groups [3]:

1. Conventional civilian receivers utilizing C/A code for SPS users using. They are devices used commonly in civilian applications. They can be used to fix positions based on pseudo-unintentional C/A. It should be underscored that when the tracking of a C/A signal is lost, the receiver will stop fixing the position.
2. Conventional military receivers, utilizing C/A and P(Y) codes, for PPS users. They are devices used in the military, where the process of obtaining coordinates based on the P(Y) code requires prior reception of C/A and P(Y) signals. When the C/A code is switched off, the receiver working on P(Y) signals remains in the state of (work)

To urządzenia stosowane w wojsku, gdzie proces uzyskania współrzędnych w oparciu o kod P (Y) wymaga uprzedniego odbioru sygnałów C/A. W przypadku wyłączenia kodu C/A pracujący w oparciu o sygnał P(Y) odbiornik pozostanie w stanie zdadności (pracy) tak długo, póki nie dojdzie do utraty synchronizacji kodów P(Y) odbiornika i satelity. Oznacza to, że w przypadku jego wyłączenia lub utraty śledzenia sygnałów P(Y), możliwej np. w gęstej zabudowie terenu czy gęstej roślinności, odbiornik ten nie będzie mógł wyznaczyć współrzędnych pozycji. Odbiornik tak długo pozostanie w stanie niezdatności, aż nie zostaną przywrócone sygnały C/A satelitów.

### 3. Nowoczesne militarne odbiorniki SAASM serwisu PPS bezpośredniej akwizycji kodu P(Y).

To urządzenia, które do uzyskania akwizycji oraz śledzenia sygnałów P(Y) nie wymagają uprzedniej synchronizacji z sygnałem C/A.

SAASM to akronim:

SA: *Selective Availability* (selektywna dostępność) — metoda kryptograficzna stosowana w GPS, której efektem jest obniżenie dokładności określenia pozycji przez użytkowników cywilnych;

AS: *Anti-Spoofing* (przeciwdziałanie zakłóceniom celowym GPS) — sposób

worthiness until the P(Y) code synchronization of receiver and satellite is lost. This means that when the P(Y) signals are switched off or lost, which can occur in a dense urban area or an area covered by dense vegetation the receiver will be unable to fix the position. The receiver will remain in the state of unworthiness until satellite C/A signals are recovered.

### 3. Modern military direct P(Y) code acquisition SAASM receivers for PPS users.

They are devices which do not need prior synchronization with the C/A code for acquisition of or for tracking the P(Y) code.

SAASM is an acronym:

SA: *Selective Availability* — a cryptographic method used in GPS whose result is downgrading position fixing accuracy by civilian users;

AS: *Anti-Spoofing* — the way to protect military users of GPS against undesired signals;

M — *Module*.

At the same time attention should be paid to a particular, important with regard to GPS military applications, classification of receivers for PPS users:

### 1. Portable receivers. They are designed for use by a single soldier

zabezpieczenia użytkowników wojsko-wych GPS przed sygnałami niepożądanymi;

M: Module (moduł).

Jednocześnie należy zwrócić uwagę na specyficzny, istotny z punktu widzenia zastosowań militarnych GPS, podział odbiorników serwisu PPS:

1. Odbiorniki przenośne (ręczne). Przeznaczone są do wykorzystania przez pojedynczego żołnierza (dowódcę pododdziału) na polu walki i służą zasadniczo do orientacji (lokalizacji) w terenie. Są one wyposażone w duży wyświetlacz umożliwiający analizę sytuacji topograficznej oraz nawigacji wraz z zestawem użytecznych aplikacji.
2. Odbiorniki stacjonarne (platformowe, pokładowe). Stanowią grupę urządzeń GPS wyposażonych w moduł SAASM i wchodzi w skład zintegrowanych systemów dowodzenia obiektów (pojazdów bojowych, czołgów, samolotów i okrętów). Są one stałym elementem wyposażenia pojazdu i najczęściej nie mają własnego wyświetlacza.

Odbiornik ręczny (przeznaczenie zasadnicze) to urządzenie GPS wykorzystywane przez pojedynczego żołnierza lub dowódcę pododdziału (drużyna, pluton) na polu walki, używane w celu wyznaczenia współrzędnych pozycji, prędkości i czasu, jak również orientacji topograficznej

(squad or platoon leader) on the battlefield for localizing the position in a terrain. They are equipped with large displays that can be used to analyze topographic situation and for navigation, along with a set of useful apps.

2. Platform (on-board) receivers. They constitute a group of GPS devices equipped with SAASM and employed in platform-based integrated command systems (combat armored carriers, tanks and ships). They are permanent elements of platform equipment and most often do not have their own displays.

The notion of portable receiver (main designation) is to be interpreted as a GPS device used by a single soldier or a squad or platoon leader on the battlefield to fix position coordinates, speed and time, as well as to get topographical orientation and to co-operate with other units. For this reason its capabilities related to map and cartographic displays, to using diversified geodetic reference systems, and to many additional functions are significantly enhanced. Undoubtedly, today the most modern receiver in the world is a DAGR (*Defense Advanced GPS Receiver*), a military device developed by American company Rockwell Collins. The figure below presents various GPS receivers for PPS users and DAGR.

oraz współdziałania z innymi pododziałami. Z tego względu jego możliwości w zakresie zobrazowań mapowych i kartograficznych, stosowania zróżnicowanych geodezyjnych układów odniesienia oraz wielu dodatkowych funkcji nawigacyjnych są znacząco rozbudowane. Niewątpliwie dziś najnowocześniejszym odbiornikiem na świecie jest DAGR (*Defence Advanced GPS Receiver*), militarne urządzenie produkcji amerykańskiej firmy Rockwell Collins. Na poniższym rysunku zaprezentowano różne odbiorniki serwisu PPS systemu GPS wraz z DAGR.



Rys. 2. Typowe odbiorniki ręczne serwisu PPS systemu GPS: PLGR, DAGR

Fig. 2. Typical portable GPS receivers for PPS users: PLGR, DAGR

*Źródło: materiały producentów odbiorników PLGR oraz DAGR.*

*Source: advertisement materials of manufacturers of PLGR and DAGR receivers.*



Inną grupę stanowią odbiorniki stacjonarne (platformowe). Są one stosowane powszechnie w pojazdach bojowych, takich jak czołgi, KTO (kołowy transporter opancerzony), samoloty bojowe czy okręty. O ich możliwościach decyduje, poza zaawansowaniem modułu SAASM, zdolność

The other group includes platform receivers. They are commonly used in combat vehicles such as tanks, wheeled armored carriers, aircraft or ships. Their capabilities depend on, apart from the advancement of SAASM, ability to transmit specific signals to the command system of

do transmisji określonych sygnałów do rozbudowanego systemu dowodzenia pojazdu bojowego. Na rysunku 3. zaprezentowano typowe stacjonarne odbiorniki serwisu PPS systemu GPS.

a combat vehicle. The figure below presents typical platform GPS receivers for PPS users.



Rys. 3. Odbiorniki stacjonarne serwisu SPS systemu GPS: MAGR 2000, HGPST model T

Fig. 3. Platform GPS receivers for SPS users: MAGR 2000, HGPST model T

*Źródło: materiały producentów odbiorników MAGR oraz HGPST.*

*Source: materials of manufacturers of receivers MAGR and HGPST.*

Jednym z najbardziej znanych odbiorników stacjonarnych z modułem SAASM stosowanym w wojsku polskim jest odbiornik HGPST model T. Odbiorniki tego rodzaju zostały zakupione przez Departament Zaopatrzenia Sił Zbrojnych MON w październiku 2007 r. od firmy Hertz Systems i zamontowane w KTO Rosomak wykorzystywanych na misjach w Afganistanie. Firma ta jest jedynym producentem odbiorników HGPST model T i jako jedyna firma w kraju ma podpisaną umowę o współpracy z amerykańską ITT Corporation w zakresie integracji modułów krypto SAASM


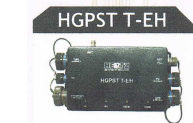

One of the most known platform SAASM receivers used in the Polish armed forces is a HGPST receiver, model T. These receivers were purchased by the Armed Forces Supplies Department MOD in October, 2007 from Hertz Systems. They were installed in wheeled armored carriers Rosomak which are used in missions in Afghanistan. This firm is the only manufacturer of HGPST receivers, model T and it is also the only firm that has signed a cooperation agreement with the American ITT Corporation related to integrating crypto SAASM modules supplied to



dostarczanych wojsku na podstawie odrębnej umowy [4]. W poniższej tabeli zostały przedstawione parametry wybranych odbiorników HGPST-T.

the military in accordance with a separate contract [4]. The table below presents parameters of some HGPST-T receivers.

Tabela 1. Parametry wybranych odbiorników HGPS-T  
Table 1. Parameters of some HGPS-T receivers

Typ odbiornika firmy Hertz Type of Hertz receiver	HGPST T-EM	HGPST T-EH	HGPST T-ET
			
Liczba kanałów Number of channels	12		
Częstotliwość Frequency	L1 — kody C/A, P(Y) / L1 — C/A, P(Y) codes L2 — kod P(Y) / L2 — P(Y) code		
Dokładność określania czasu Time fixing accuracy	50 ns (90%)		
Dokładność określania pozycji Position fixing accuracy	10 m (3D SEP, tryb PPS) / 10 m (3D SEP, mode PPS)		
Dokładność prędkości Speed accuracy	0.4 m/s (90%)		
Zastosowanie Use	wojskowe jednostki pływające military floating platforms	śmigłowce helicopters	czołgi i obiekty zbudowane na ich bazie tanks and objects built on their base




Źródło: materiały producentów odbiorników Hertz.

Source: materials of manufacturers of Hertz receivers.

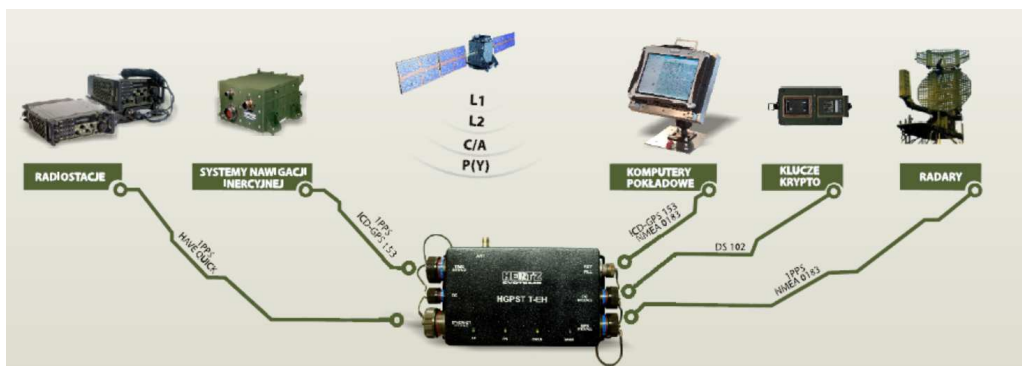
Na rysunku 4. zaprezentowano przykładową konfigurację produkowanego w Polsce odbiornika stacjonarnego HGPST model T. W celach porównawczych w tabeli 2. zestawiono wybrane parametry techniczne oraz charakterystyki nawigacyjne innych produkowanych na świecie odbiorników GPS z modułem SAASM.

The figure 4 presents an example of configuration of HGPST-model T platform receiver manufactured in Poland. The table 2 compares selected technical parameters and navigational characteristics of other GPS SAASM receivers manufactured in the world.

Tabela 2. Parametry wybranych odbiorników z modułem SAASM  
 Table 2. Parameters of some SAASM receivers

	<b>Rockwell Collins Airborne SAASM Receiver (ASR)</b>	<b>Trimble F22E SAASM</b>	<b>Miniature PLGR Engine SAASM (MPE-S)</b>
<b>Typ odbiornika Type of receiver</b>			
<b>Liczba torów odbiorczych Number of reception paths</b>	12	24	12
<b>Częstotliwość Frequency</b>	L1 — kody C/A, P(Y) L1 — C/A, P(Y) codes L2 — kod P(Y) L2 — P(Y) code	L1 — kody C/A, P(Y) L1 — C/A, P(Y) codes L2 — kod P(Y) L2 — P(Y) code	L1 — kody C/A, P(Y) L1 — C/A, P(Y) codes L2 — kod P(Y) L2 — P(Y) code
<b>Dokładność określania czasu Time fixing accuracy</b>	PPS: < 30 nsec RMS SPS: < 45 nsec RMS	PPS: 40 nsec dla UTC	100 nsec
<b>Dokładność określania pozycji Position fixing accuracy</b>	PPS: < 5.6 m RMS horyzontalnie PPS: < 5.6 m RMS horyzontally SPS: < 6 m RMS horyzontalnie SPS: < 6 m RMS horyzontally	PPS: < 3 m horyzontalnie PPS: < 3 m horyzontally	SDGPS: < 2 m CEP WAGE: < 4 m CEP PPS: < 12 m CEP
<b>Dokładność prędkości Speed accuracy</b>	PPS: < 0.1 m/s RMS SPS: < 0.3 m/s RMS	PPS: < 0.1 m/s RMS	0.4 m/s (95%)
<b>Zastosowania Uses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– oba serwisy (SPS, PPS)</li> <li>– both SPS, PPS</li> <li>– we wszystkich platformach</li> <li>– on all platforms</li> </ul>	sterowanie amunicją, pojazdami bezzałogowymi i komunikacją mobilną (jako lokalizator i wzorzec czasu) control of ammunition, unmanned vehicles and mobile communications (as localizer and time standard)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– we wszystkich platformach wymagających precyzyjnych danych GPS</li> <li>– on all platforms requiring accurate GPS data</li> <li>– aplikacja <i>Command and Control</i>, sterowanie pociskami</li> <li>– <i>Command and Control</i> application, control of missiles</li> </ul>

Źródło: materiały reklamowe firm Rockwell Collins oraz Trimble.  
 Source: advertising materials of Rockwell Collins and Trimble.



Rys. 4. Konfiguracja połączeń współczesnego odbiornika stacjonarnego SAASM

Fig. 4. Connection configuration of a present-day platform

Źródło: materiały producentów odbiorników Hertz.

Source: materials of manufacturers of Hertz receivers.

## ZAKOŃCZENIE

W artykule zaprezentowano:

1. Wpływ niekorzystnych form oddziaływań radiowych na odbiorniki wojskowe.
2. Podział współczesnych odbiorników nawigacyjnych GPS serwisów PPS i SPS.
3. Wybrane parametry przykładowych odbiorników GPS z modułem SAASM.

Artykuł przygotowano pod nadzorem merytorycznym prof. C. Spechta.

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Bhatti J. A., Dougherty R. C., Humphreys T. E., Mitch R. H., O'Hanlon B. W., Powell S. P., Psiaki M. L., *Signal Characteristics of Civil GPS Jammers*, ION GNSS, 2011.

## CONCLUSIONS

The paper presents:

1. The effect of negative forms of radio activities on military receivers.
2. A classification of present-day GPS receivers for PPS and SPS users.
3. Selected parameters of some GPS SAASM receivers chosen by way of examples.

The paper was written under supervision of Prof. C. Specht.

- [2] Bhuiyan M. Z. H., Kuusniemi H., *Interference / Jamming: Signal barred*, The Geospatial Industry Magazine, November 2012.
- [3] Callaghan S., Fruehauf H., *SAASM and Direct P(Y) Signal Acquisition*, The Journal of Defense Software Engineering, June 2003.

- [4] Golawski A., *Kompas to przeżytek — nawigatory HGPST*, gazeta internetowa 'Polska Zbrojna', 2009 (*Compass is a relic of the past — available only in Polish*).
- [5] Hendricks M., *White paper on GPS Jamming Increasing system resilience to counteract intentional and unintentional GPS signal interference*, Protection Tech. Group, 2011.
- [6] Sklar J. R., *Interference Mitigation Approaches for the Global Positioning System*, Lincoln Laboratory Journal, 2003.