

Błędy GPS-owej lokalizacji pojazdów transportu publicznego w Warszawie

Misstatements of GPS- location of public transport vehicles in Warsaw



Józef Suda

dr inż.

Zespół Sterowania Ruchem
Drogowym, Zakład Sterowania
Ruchem, Wydział Transportu
Politechniki Warszawskiej

jsu@wt.pw.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań dokładności lokalizacji pojazdów transportu publicznego w obszarach o różnym stopniu urbanizacji. Przeanalizowano typowe źródła błędów występujących w systemach lokalizacji satelitarnej. Oceniano wpływ czynników zewnętrznych jak i uwarunkowań wynikających z rozwoju technologii urządzeń odbiorczych. Ocenie poddano dokładność lokalizacji tramwajów warszawskich i autobusów należących do największego operatora transportu publicznego w Polsce, Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o. w Warszawie.

Słowa kluczowe: Transport publiczny; Lokalizacja; System GPS

Abstract: The article presents the results of the accuracy of the location of public transport vehicles in areas with varying degrees of urbanization. Typical sources of errors in the satellite location systems have been analyzed. The influence of external factors and conditions resulting from the development of GPS receiver technology has been evaluated. The accuracy of location Warsaw trams and buses belonging to the largest public transport operator in Poland (MZA Sp. o. o. in Warsaw) was evaluated.

Keywords: Public transport; Location; GPS

Metody lokalizacja pojazdów

Przedsiębiorstwa transportu publicznego (TP) w większości dużych miast, a także firmy transportowe, dysponują systemami zarządzania taborem pojazdów. Typowa konfiguracja sprzętowa systemu zarządzania pojazdami obejmuje urządzenia zainstalowane w pojazdach, centra komunikacyjne zapewniające transmisję danych i łączność foniczną, centrum dyspozytorskie odpowiedzialne za właściwą realizację celów oraz urządzenia infrastruktury drogowej pełniące funkcje sterujące, informacyjne, transmisyjne [8]. Dokładność tych danych bezpośrednio wpływa na procesy zarządzania ruchem, dlatego tak ważne jest, aby dane te obarczone były jak najmniejszym błędem. Innowacyjne technologie zastosowane do lokalizacji pojazdów sprawiły, że dokładność określania pozycji jest coraz większa. W niniejszym rozdziale przedstawio-

no najczęściej spotykane w transporcie publicznym metody lokalizacji pojazdów:

- lokalizacja logiczna,
- lokalizacja punktowa,
- lokalizacja karty SIM w systemie GSM,
- lokalizacja w systemach satelitarnych.

Metoda lokalizacji logicznej polega na zliczaniu przebytej drogi, najczęściej przez urządzenie sprzęgnięte ze skrzynią biegów pojazdu, generujące impulsy na każdy metr przebytej drogi. Dla informacji pasażerskiej liczona jest odległość od poprzedniego przystanku, gdzie licznik jest zerowany. Wymagana jest informacja o aktualnie wykonywanym zadaniu przewoźnym, trasie kursu i odległości między przystankami.

Lokalizacja logiczna spełnia swoją rolę jedynie wtedy, gdy pojazd porusza się opisaną wcześniej trasą. Zmiana trasy powoduje brak możliwości określenia

położenia pojazdu. Zaletą tej metody jest niezależność od infrastruktury drogowej, radiowej, kosmicznej, itp.

Lokalizacja punktowa polega na stwierdzeniu obecności pojazdu w ściśle określonym miejscu trasy. Cechuje ją większa dokładność w stosunku do lokalizacji logicznej.

Pierwszą metodą było zastosowanie kodów kreskowych, czyli graficzne odzwierciedlenie ciągu znaków numerycznych poprzez kombinację ciemnych i jasnych kresek (rys. 1). Pojazd rejestruje swoją obecność w konkretnym punkcie meldunkowym na trasie. Informacje zostają przesłane do operatora systemu lokalizacji. Na ich podstawie można wyliczyć prędkość podróży oraz prognozować przyszłe położenie pojazdu.

Obecnie metody lokalizacji punktowej wykorzystują techniki rozpoznawania obrazu lub sygnału radiowego. Technika OCR (Optical Character Recognition) wykorzystuje



1. Na dachu kod służący do rejestracji pojazdu w punkcie meldunkowym (Lwów, fot. autor)

elektrooptyczne urządzenia do automatycznego odczytywania drukowanych znaków. Do odczytu stosuje się czytniki: laserowe, diodowe, wielokierunkowe, itp. Metodą wykorzystującą sygnał radiowy jest RFID (Radio Frequency Identification) [5]. Metoda ta pozwala na zdalny odczyt identyfikatora, który jest zapisany w specjalnym układzie elektronicznym.

System GSM, czyli Global System for Mobile Communication, to najpopularniejszy cyfrowy standard telefonii komórkowej na świecie [6]. Działanie sieci GSM polega na rejestrowaniu się karty SIM (Subscriber Identity Module), czyli karty abonenta, w najbliższej stacji bazowej. Lokalizację geograficzną karty umożliwia identyfikacja położenia stacji przekaźnikowej GSM (Cell-Id location) [10]. Metody EOTD (Enhanced Observed Time Difference) i TOA (Time Of Arrival) bazują na pomiarze czasu propagacji sygnału. W pierwszej wykorzystuje się różnice w pomiarze czasu z kilku stacji, a w drugiej pomiar czasu dotarcia sygnału do stacji z atomowym wzorcem czasu. Metoda AOA (Angle Of Arrival) analizuje kąt propagacji sygnału przez systemy wieloantenowe.

Dokładność pomiaru wymienionych metod zależy od rozbudowy sieci i dostępności bazy danych o stacjach, wartości błędów przedstawia tab. 1. Wszystkie metody, oprócz metody pomiaru kąta propagacji, sygnału można udoskonalać, stosując w

terminalach nowe rozwiązania techniczne.

Pod względem zasady działania Satelitarne Systemy Lokalizacji można podzielić na trzy grupy [2]:

- systemy umożliwiające pomiar kąta,
- systemy kątowno - odległościowe,
- systemy pomiaru odległości, różnicy odległości lub prędkości radialnej satelity.

Obecnie w pełni operacyjne są dwa globalne systemy: GPS NAVSTAR (Global Positioning System **NAV**igation **S**ignal **T**iming **A**nd **R**anging) – system amerykański, GLONASS (Globalna **N**avigacyjna **S**putnikowa **S**ystema) – system rosyjski, dwa kolejne, Galileo i BeiDou są w trakcie budowy [2]. Systemy te określa się wspólną nazwą GNSS (Global **N**avigation **S**atellite **S**ystems). Zasadą ich działania jest pomiar odległości satelity od odbiornika. Różnią je sposoby kodowania sygnału, czasy systemów i układy odniesienia.

Błędy lokalizacji satelitarnej

Segmentowa budowa nawigacyjnych systemów satelitarnych powoduje, że każdy z jego elementów narażony jest na inne czynniki mogące generować błędy. Ze względu na obszar działania i przyczyny ich powstania, wyróżniono [2]:

- czynniki wpływające na segment kosmiczny,
- zakłócenia propagacyjne,

- czynniki dotyczące aparatury odbiorczej,
- zjawiska geofizyczne.

Na segment kosmiczny wpływa: pole grawitacyjne Ziemi, oddziaływania ciał niebieskich, promieniowanie słoneczne, oddziaływania elektromagnetyczne, opór atmosfery oraz występowanie efektów relatywistycznych. Błędy propagacji sygnału wynikają ze zmian fali radiowej w ośrodku materialnym. Zmianie może ulec prędkość, częstotliwość lub polaryzacja fali w wyniku przejścia sygnału przez atmosferę ziemską, a w szczególności przez jonosferę i troposferę.

Błąd wielotorowości (wielodrożności) występuje, gdy do odbiornika użytkownika dociera sygnał odbity od różnych powierzchni, często wielokrotnie. W takiej sytuacji fala ulega zniekształceniu, zmianie polaryzacji lub osłabieniu. Czynniki te powodują wydłużenie czasu dotarcia sygnału i błąd lokalizacji. Błąd ten jest związany z zabudową terenu.

Błędy odbiorników zależą od klasy i przeznaczenia urządzenia. Najczęściej są błędami oprogramowania oraz działania obwodów elektrycznych. Ograniczeniem dokładności są czasy przebiegu informacji w samym odbiorniku, takie jak przebieg sygnału z anteny do procesora czy czas przetwarzania danych w procesorze. Odbiornik może także wytwarzać szumy, które przeszkadzają we właściwym odczycie danych.

W artykule przedstawiona wyniki badań: wpływu wielodrożności sygnału, błędów powstający w odbiornikach oraz czynników atmosferycznych, na dokładności lokalizacji odbiorników GPS.

Określenie czynników potencjalnie wpływających na dokładność lokalizacji, stanowiło podstawę do sformułowania kryteriów wyboru poligonów pomiarowych takich jak:

- rodzaj terenu (charakter zabudowy),
- obecność pojazdów transportu publicznego wyposażonych w odbiornik GPS,
- możliwość identyfikacji generacji (wieku) odbiornika,

Tab. 1. Błąd lokalizacji pojazdu w systemach telefonii GSM [6]

Miejsce pomiaru	Średni błąd lokalizacji [km]	Błąd maksymalny [km]	Odchylenie standardowe [km]
Centrum miasta	0,44	2,40	0,41
Autostrada	2,92	20,37	2,02

- możliwość określenia rzeczywistego położenia odbiornika.

Różnice odległości rzeczywistego położenia odbiornika (pojazdu) od położenia pozyskanego z lokalizacji przy użyciu odbiornika GPS traktowano jako błąd.

Ze względu na dostępność danych, analizie poddano lokalizację pojazdów Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o. w Warszawie i Tramwajów Warszawskich Sp. z o.o.

Metoda oceny lokalizacji autobusów MZA

Dane o położeniu autobusów ustalane są przez odbiornik systemu GPS znajdujący się na pokładzie pojazdu i transmitowane z wykorzystaniem systemu GPRS GSM do Centrali Nadzoru Ruchu MZA. Informacje lokalizacyjne zbierane są na potrzeby Systemów Łączności Alarmowej (SŁA), Odchyłka oraz Wypadki i Awarie (WiA), stanowiących podsystemy Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów MZA [9].

Urządzenie zamontowane w pojeździe, przesyła co około 10 sekund, telegramy zawierające informacje dotyczące m.in. numeru urządzenia GPRS (imsi), numeru karty SIM umieszczonej w pojeździe (imei), czasu, współrzędnych geograficznych i ID urządzenia. Treść przykładowych telegramów przedstawia rys. 3.

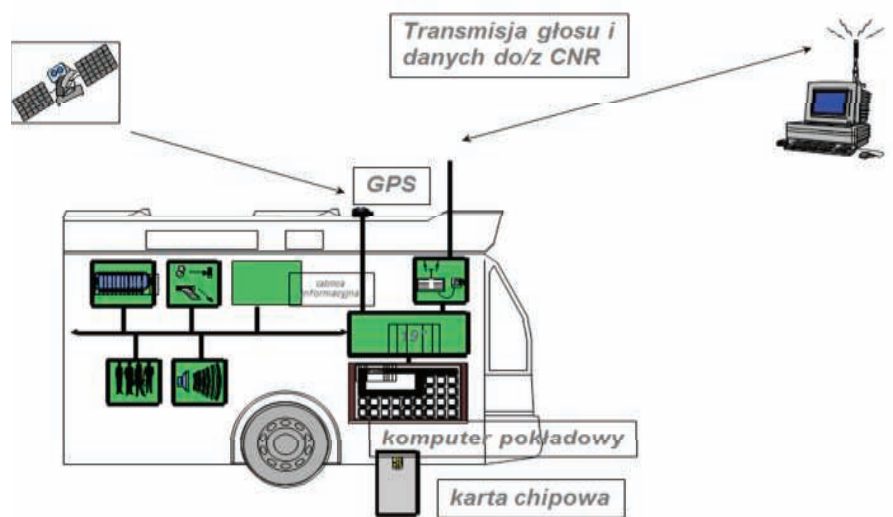
W każdej lokalizacji, na podstawie satelitarnej mapy, określono równanie linii opisujące przewidywaną trasę autobusu. Błędem lokalizacji była odległość punktu (odbiornika GPS w pojeździe) od linii odniesienia. Błąd położenia wyliczono w stopniach ze wzoru na odległość punktu od prostej:

$$d = |Ax_p + By_p + C| / \sqrt{A^2 + B^2} \text{ [}^\circ\text{]}. \quad (1)$$

Następnie przeliczono odległości na radiany i metry przy założeniu, że Ziemia jest kulą odległość punktu od prostej wyznaczono jako długość łuku.

$$\alpha = d \pi / 180^\circ \text{ [rad]}, \quad (2)$$

$$D = (\alpha / 360^\circ) 2\pi R = \alpha \pi R / 180^\circ \text{ [m]}, \quad (3)$$



2. Urządzenia systemów lokalizacji, łączności i informacji pasażerskiej w autobusie [5]

```
06:38:45 | Received data:
353815010021560;260019703292506;0038;c;020.9702020;52.2693404
06:38:45 | Parsed - request: POSITION imei: 353815010021560 imsi:
260019703292506 deviceID: 0038 position: (20.970202, 52.2693404)
```

3. Telegram przesłany przez autobus zawierający lokalizację pojazdu [9]

gdzie:

- d – odległość punktu od prostej [°],
- A, B, C – współczynniki funkcji liniowej zapisanej w postaci ogólnej,
- x_p, y_p – współrzędne punktu, w którym znajdował się autobus.
- α – odległość punktu od prostej [rad],
- D – odległość punktu od prostej [m],
- R – uśredniony promień Ziemi (6 371 000 m).

Wybrano pięć poligonów badawczych znajdujących się na terenie Warszawy. Były to:

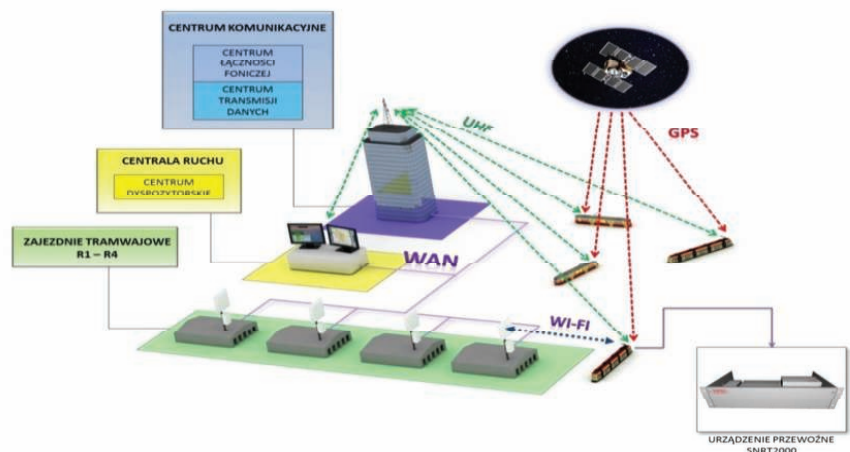
- odcinek Trasy Łazienkowskiej pomiędzy ul. Marszałkowską i Al. Ujazdowskimi,

- odcinek trasy na moście Śląsko-Dąbrowskim,
- kraniec linii autobusowych - Dworzec Centralny,
- kraniec linii autobusowych - Metro Marymont,
- kraniec linii autobusowych - Osiedle Górczewska.

Każdy z autobusów danej linii zatrzymuje się na określonym przystanku. Możliwe było określenie odległości rzeczywistego postoju od lokalizacji uzyskanej przy użyciu GPS.

Metoda oceny lokalizacji tramwajów

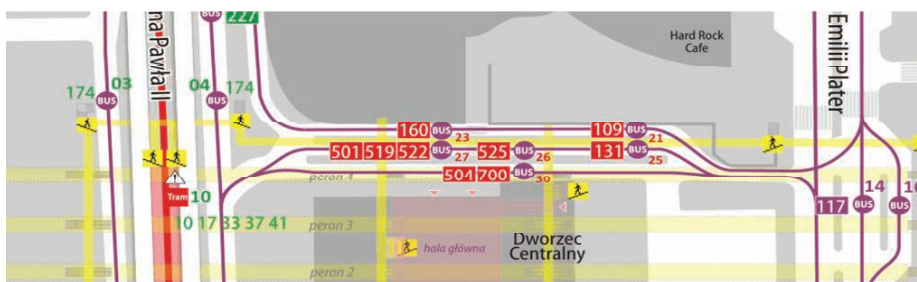
W Warszawie istnieją dwa systemy wykorzystujące lokalizację tramwajów. Są to System Informacji Pasa-



4. Architektury systemu SNRT2000, obrazująca sieć transmisji danych [1]

06:51:45	3506	496907	5786689	5007	OS. WOLSKA
06:51:45	1391	500792	5785511	7005	PL. POLITECHNIKI
06:51:45	3023	498604	5784910	4004	OCH-TEATR
06:51:46	3267	498825	5789331	7091	RONDO "RADOSŁAWA"
06:51:46	3275	502154	5791510	1078	STANIEWICKA
06:51:46	3118	502375	5791177	1077	RONDO ZABA

5. Dane depesz, wybrane pod kątem oceny dokładności lokalizacji tramwajów [4]



6. Lokalizacja przystanków zespołu przystankowego Dworzec Centralny [7]

żerskiej na przystankach (SIP) oraz System Nadzoru Ruchu Tramwajów (SNRT2000). Do oceny lokalizacji użyto danych wysyłanych z pojazdów w ramach SNRT2000. Przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi elementami Systemu zapewniają kanały radiowe o zakresie od 410 do 430 MHz. Centrum Komunikacyjne obsługuje zarówno transmisję danych jak i łączność foniczną.

Średnia długość cyklu odpytywania ponad 400 pojazdów, wynosi nie więcej niż 80 s. Depesza zawiera infor-

macje o godzinie, minucie i sekundzie nadania czasu lokalnego, numerze taborowym wagonu sterującego, współrzędnych GPS i o ostatnim zespole przystankowym na trasie. Rysunek 5 przedstawia dane wybrane z depeszy.

Współrzędne podawane są w odwzorowaniu UTM (Universal Transverse Mercator). Wykorzystuje on elipsoidę WGS84 i poprzeczne odwzorowanie Mercatora (Universal Transverse Mercator Projection). Warszawa znajduje się w strefie 34 U.

Tab. 2. Wartości średnie błędów lokalizacji autobusów w terenie o wysokiej zabudowie [3]

Numer przystanku w zespole Dworzec Centralny	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
		Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
21, 23	249	14,18	8,23
25, 26, 27	371	15,86	8,84
30	190	17,39	13,17

Tab. 3. Średnie błędów lokalizacji autobusów w terenie o niskiej zabudowie [3]

Numer przystanku w zespole Osiedle Górczewska	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
		Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
04	533	4,64	2,99
05	70	4,81	1,14
06	400	7,54	5,71
07	843	1,38	0,6

Tab. 4. Wartość średnia błędu położenia autobusów na Trasie Łazienkowskiej [3]

Liczebność próby pomiarowej	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
	Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
685	16,3	26,28

Tab. 5. Wartość średnia błędu położenia autobusów na Moście Śląsko – Dąbrowskim [3]

Liczebność próby pomiarowej	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
	Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
1500	7,09	4,06

Wysłana z tramwaju depesza podaje współrzędne na północ i na wschód z dokładnością 1 m.

Podobnie jak w przypadku autobusów, dla każdego z poligonów obliczono równanie prostej odwzorowującej trasę tramwaju, a następnie wyznaczono odległość od współrzędnych lokalizacji GPS zgłoszonych przez tramwaj.

Analiza błędów wynikających z wielotorowości sygnału GPS implikowała wybór miejsc o wysokiej zabudowie lub o niewielkim zagospodarowaniu pobliskiej przestrzeni. Poligony pomiarowe o wysokiej zabudowie to okolice przystanków: Krucza 06, Hoża 04 i Wawelska 03. Poligony o braku wysokiej zabudowy to okolice przystanków: Most Poniatowskiego 04, Toruńska 04, PKP Rakowiec 03.

Błędy wielotorowości sygnału GPS

Przykładem miejsca o wysokiej zabudowie jest zespół przystankowy Dworzec Centralny, położony u zbiegu Al. Jana Pawła II i Al. Jerozolimskich. W sąsiedztwie znajduje się Centrum Handlowe Złote Tarasy o wysokości 105 m, Pałac Kultury i Nauki o wysokości 237 m, wiadukt na Alei Jana Pawła II oraz budynek hotelu Marriott.

Do analiz wybrane zostały pojazdy zatrzymujące się na przystankach znajdujące się na jezdni północnej Dworca Centralnego, w bezpośrednim sąsiedztwie budynku dworca i objęte zadaszeniem. Każdy z przystanków zawiera dwa pasy ruchu autobusów.

Analizy wykonano na podstawie telegramów przesłanych w grudniu 2012, styczniu i lutym 2013 roku. Na podstawie 810 pomiarów otrzymano średnie wartości błędów i rozproszenia wyników w terenie o wysokiej zabudowie i wysokim prawdopodobieństwie wielotorowości sygnału. Wyniki przedstawiono w tab. 2.

Przykładem miejsca o otwartej przestrzeni jest zespół przystankowy Osiedle Górczewska na warszawskim Bemowie, przy zbiegu ulic Górczewskiej i Łazurowej. W najbliższej okolicy

nie występują wysokie budynki. Analizie poddane zostały sygnały z autobusów znajdujących się na czterech krańcowych przystankach w zespole Osiedle Górczewska. Linię odniesienia wyznaczono wzdłuż peronów stanowiących miejsce postoju dla autobusów przy konkretnych przystankach (por. tab. 3).

Analizę dokładności lokalizacji autobusów znajdujących się w ruchu wykonano na odcinku Trasy Łazienkowskiej przebiegającym w wykopie, w otoczeniu wysokich budynków pomiędzy ul. Marszałkowską i Al. Ujazdowskimi.

Analizę dokładności lokalizacji autobusów znajdujących się w ruchu w terenie otwartym wykonano na odcinku Mostu Śląsko – Dąbrowskiego w Warszawie (por. tab. 5).

Wyniki pomiarów dokładności lokalizacji w warunkach zabudowy wysokiej i niskiej, przestrzeni ograniczonej (wykop) i wolnej wskazują na istotny wpływ otoczenia na błąd lokalizacji.

Podobnie określono dokładność lokalizacji tramwajów. Dla identyfikacji wpływu wysokiej zabudowy wybrano miejsca znajdujące się w centrum Warszawy przy:

- Al. Jerozolimskich w sąsiedztwie skrzyżowania z ul. Kruczą (przystanek Krucza 06),
- Ul. Marszałkowskiej w sąsiedztwie skrzyżowania z ul. Hożą (przystanek Hoża 04),
- Ul. Grójeckiej w sąsiedztwie skrzyżowania z ul. Wawelską (przystanek Wawelska 03).

Ocenie poddano wpływ niskiej zabudowy i gdy torowisko tramwajowe przebiegało w terenie otwartym. Wybrane miejsca to:

- Al. Krakowska wiadukt nad torami kolej. (okolice przystanku PKP Rakowiec 03),
- Ul. Rembelińska w sąsiedztwie skrzyżowania z Tr. Toruńską (przystanek Toruńska 04),
- Al. Jerozolimskie i Most Poniatowskiego (przystanek Most Poniatowskiego 04).

Dane o lokalizacji tramwajów analizowano na podstawie 757 041 depe-
sz

Tab. 6. Wartości średnie błędu położenia tramwajów przy wysokiej zabudowie [4]

Miejsce pomiarów	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
		Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
Krucza 06	744	9,07	10
Hoża 04	891	8,59	9,49
Wawelska 03	815	5,89	6,78

Tab. 7. Wartości średnie błędu położenia tramwajów w terenie otwartym [4]

Miejsce pomiarów	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
		Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
PKP Rakowiec 03	709	2,07	2,2
Toruńska 04	639	3,24	4,4
Most Poniatowskiego 04	787	3,88	5,32

z 3 dni w listopadzie 2014 r. Obszary położone na otwartej przestrzeni charakteryzują się znacznie mniejszymi błędami pomiarowymi. Największy błąd odnotowano na Moście Poniatowskiego (najprawdopodobniej z powodu wieżyczek mostu i wpływu budynków).

Wpływ urządzeń na dokładność lokalizacji

Założono, iż wraz z rozwojem technologii budowy odbiorników GPS, zarówno procesorów jak i oprogramowania, dokładność urządzeń wzrasta. Tabor Tramwajów Warszawskich podzielono na dwie grupy: nowe pojazdy niskopodłogowe i pojazdy wysokopodłogowe starszego typu. Dla ich identyfikacji wykorzystano numery taborowe.

Wyniki pomiarów potwierdziły przyjęte założenie, dokładność lokalizacji poprawiła się.

Podsumowanie

W grudniu 2012 r., styczniu i lutym 2013 r. obserwowano warunki atmosferyczne i wybrano 2 dni o skrajnie różnej pogodzie. Analiza wykonana została dla lokalizacji obciążonej średnim błędem położenia, dla zespołu przystankowego Osiedle Górczewska. Zbadane zostały dane pozyskane z autobusów w dniu 2.02.2013, gdy wystąpiły duże opady deszczu, wahające się między 7 a 14 mm/12h i w dniu 13.12.2012 r. bez opadów. Z analizy wynika, że warunki atmosferyczne nie miały wpływu na dokładność lokalizacji odbiorników GPS.

Miarą dokładności lokalizacji była odległość wskazań odbiornika GPS od jego rzeczywistego położenia. Jednak pojazdy nie zawsze poruszały się po torach, interpolowanych linią wyznaczoną na podstawie zdjęć satelitarnych. Ponadto przyjęto jako błąd lokalizacji, odległość punktu od prostej. W rzeczywistości pojazd mógł

Tab. 8. Wartości średnie błędu położenia różnych generacji urządzeń [4]

Miejsce pomiarów	Generacja urządzenia GPS	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia			
			Wartość średnia [m]	Różnica wartości średniej [m]	Odchylenie standardowe [m]	Różnica odchylenia standardowego [m]
Wszystkie lokalizacje tramwajów	starszy tabor	2162	6,44	1,46	8,02	2,53
	nowszy tabor	2423	4,98		5,49	

Tab. 9. Błędy lokalizacji autobusów i tramwajów wynikające z wielotorowości sygnału GPS

Miejsce pomiarów	Liczebność próby	Odległość odbiornika GPS pojazdu od linii odniesienia	
		Wartość średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]
autobusy wysoka zabud.	1 495	15,97	17,27
autobusy brak zabudowy	3 346	5,26	3,14
tramwaje wysoka zabud.	2 450	7,84	8,96
tramwaje brak zabudowy	2 135	3,10	4,30

być w innym miejscu, niż rzut punktu wysyłania sygnału na prostą. Pewne błędy wynikają z niedokładności mapy (Google Earth Pro) i oka ludzkiego. W lokalizacji Dworzec Centralny, przystanki są pod zadaszeniem. Linie biegnące wzdłuż peronów, na których zatrzymywały się autobusy określono w sposób przybliżony.

Na Trasie Łazienkowskiej oraz Moście Śląsko – Dąbrowskim nie było możliwe określenie, w którym kierunku poruszał się dany pojazd. Przyjęto uśrednioną linię odniesienia. Z tych powodów otrzymane wyniki mogą być obciążone błędami wynikającymi z przyjęcia linii odniesienia jako rzeczywistego toru pojazdu.

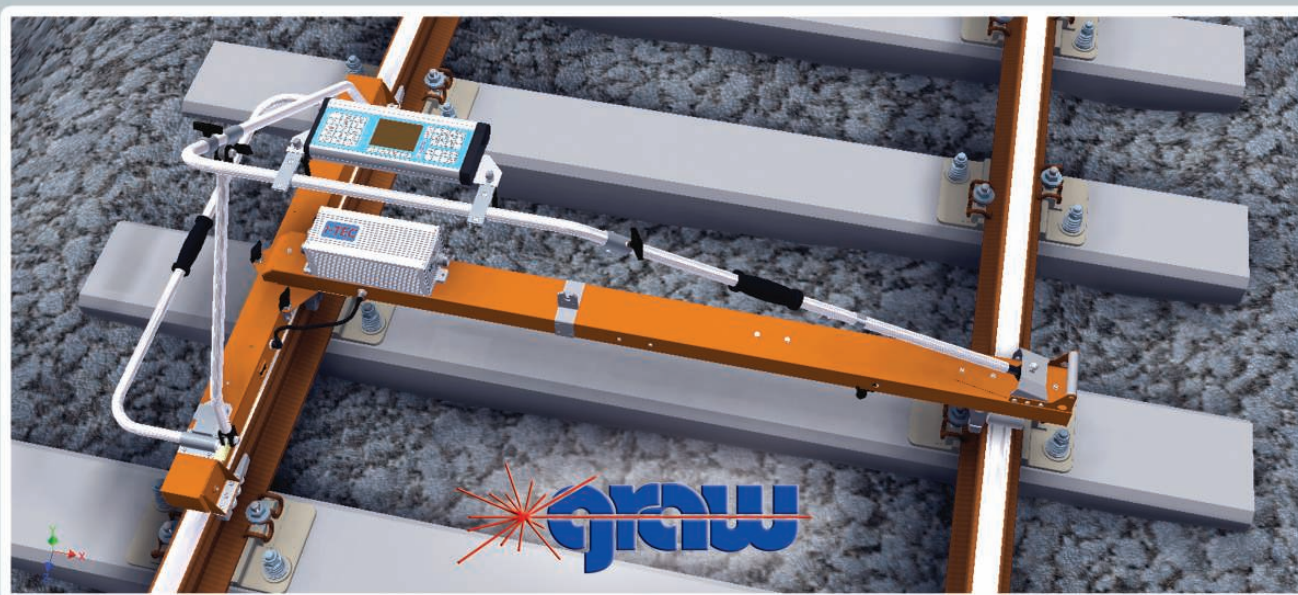
Istotny wpływ na dokładność satelitarnej lokalizacji ma charakter zabudowy. Dotyczy to zarówno autobusów jak i tramwajów. W miejscach o wysokiej i gęstej zabudowie powstające błędy są 2 ÷ 3 razy większe niż w terenie otwartym. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Halak A. „SNRT2000”, materiały firmy Infotron, <http://www.infotron.com.pl/index.php/snrt-2000>.
- [2] Januszewski J.: „Systemy GPS i Inne Systemy Satelitarne w Nawigacji Morskiej”, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 2004.
- [3] Kita M.: Ocena dokładności lokalizacji pojazdów transportu publicznego w Satelitarnych Systemach Lokalizacji” praca inżynierska pod kierunkiem dr. J. Sudy Wydział Transportu PW, Warszawa 2014.
- [4] Niedziółka M.: „Ocena dokładności satelitarnej lokalizacji tramwajów warszawskich” praca inżynierska pod kierunkiem dr. J. Sudy Wydział Transportu PW, Warszawa 2015.
- [5] Pluto M.: „Identyfikacja metodą RFID”, Logistyka nr 1 / 2001.
- [6] Sabak G.: „Wykorzystanie danych lokalizacji strumienia pojazdów w ITS – perspektywa operatora sieci komórkowych”, „ITS Przegląd” 2011, <http://przeglad-its.pl/2011/03/18/>
- [7] Schematy rozmieszczenia linii komunikacyjnych <http://www.ztm.waw.pl/mapy.php?c=117&l=1>
- [8] Suda J.: „Efekty wprowadzania systemów zarządzania ruchem pojazdów miejskiej komunikacji publicznej”. II Konferencja Naukowo Techniczna „Zintegrowany transport publiczny w obsłudze miast i regionów Public Trans 2007”, Warszawa 2007.
- [9] Suda J.: „Wymagania funkcjonalne dla oprogramowania Sewera Łączności Alarmowej”. Opracowanie niepublikowane, wykonano dla MZA Sp.z o.o.. Warszawa 2012 r.
- [10] „Tracking Cell ID to location”, materiały firmy Enaikoon, <https://www.enaikoon.com/en/tools/cell-id-location/>.

REKLAMA

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com