

Tomasz TEMPLIN¹
Dariusz POPIELARCZYK²

ZASTOSOWANIE SATELITARNYCH TECHNIK POMIAROWYCH GNSS W PROCESIE REJESTRACJI DANYCH O ZDARZENIACH DROGOWYCH I ICH DYSTRYBUCJI Z WYKORZYSTANIEM STANDARDÓW OGC

Bezpieczeństwo ruchu drogowego (BRD) jest kluczowym aspektem polityki transportowej. Negatywny wpływ na rozwój systemów transportowych stanowi obecnie liczba rannych i ofiar wypadków drogowych. Poprawa stanu BRD zależy od wyników analiz prowadzonych na podstawie wiarygodnych danych o zdarzeniach drogowych.

W referacie przedstawiono potencjalne możliwości budowy nowoczesnego systemu pozyskiwania danych z wykorzystaniem oprogramowania darmowego oraz satelitarnych technik pomiarowych. Podstawowym celem rozwiązania było stworzenie systemu pozyskiwania, przechowywania i udostępniania danych o zdarzeniach drogowych z wykorzystaniem oprogramowania Open Source. Pozyskane informacje mogą być w czasie rzeczywistym przetwarzane i udostępniane poprzez sieć Internet.

THE UTILIZATION OF GNSS TECHNOLOGY FOR ROAD ACCIDENT DATA ACQUIRING AND DISTRIBUTION USING THE OGC STANDARDS

Traffic safety plays integral role in a sustainable transportation development strategy. The main negative impact of modern road transportation systems today is injury and loss of life as a result of road accidents. The success of traffic safety depend on the analysis of accurate and reliable road accident data.

This paper discusses the potentials of developing a traffic accidents information system using free Open Source geographic information system and GNSS system as a source of spatial data. The main purpose was to create the solution for acquiring, storing and analyzing spatial data about road accidents using Open Source software. This spatial information can be processed and shared by the Internet.

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Geodezji i Kartografii, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, 10-724 Olsztyn, ul. Heweliusza 5, tel: +48 523 47 71, Fax: +48 523 47 23, e-mail: t.templin@kgsin.pl

²Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Geodezji i Kartografii, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, 10-724 Olsztyn, ul. Heweliusza 5, tel: +48 523 47 71, Fax: +48 523 47 23, e-mail: d.popielarczyk@kgsin.pl

1. WSTĘP

Nowoczesne technologie pomiarowe znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach. Jedną z najważniejszych zastosowań satelitarnych systemów pozycjonowania stały się Inteligentne Systemy Transportowe (*ang. Intelligent Transportation Systems, ITS*). Wyznaczają one kierunek rozwoju, implementacji nowoczesnych technologii w celu usprawnienia systemu transportowego, uczynienia go bardziej wydajnym, mniej zatłoczonym, bezpieczniejszym oraz mniej szkodliwym dla środowiska. [1]

Szybkie tempo tworzenia nowych aplikacji ITS opartych na systemie satelitarnego pozycjonowania, w tym głównie systemach monitorowania pojazdów, systemach nawigacji samochodowej jak również technologii tworzenia map cyfrowych wpływa pozytywnie na rozwój inteligentnych systemów transportowych. [2, 3] Wyniki prowadzonych badań wskazują, że rozwiązania ITS mogą mieć bardzo pozytywne skutki jeśli chodzi o efektywność, ekologiczność i bezpieczeństwo transportu. [4]

Prowadzenie skutecznej polityki w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego jest zbyt złożonym problemem, by mógł być on rozwiązany przez stosowanie prostych środków prewencyjnych w sposób doraźny, bez systemowego ich skoordynowania [5]. Narzędziem dającym możliwość poprawy stanu bezpieczeństwa na drogach stają się tworzone systemy zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego, w tym systemy zarządzania zdarzeniami drogowymi. [6] Większość z dotychczas funkcjonujących systemów zbierania i analizowania danych o zdarzeniach drogowych umożliwia jedynie realizację zadania gromadzenia danych atrybutowych lub mało dokładnych informacji przestrzennych. Wprowadzenie do systemu precyzyjnej lokalizacji (pozycji zdarzenia), przekazywanej w czasie rzeczywistym, pozwoli na jej bezpośrednie wykorzystanie w systemach informacji dla podróżnych oraz późniejszą wszechstronną analizę przyczyn zdarzeń i podjęcie działań wspomagających proces podejmowania decyzji planistycznych. [7]

Podstawą dobrego systemu pozyskiwania oraz aktualizacji danych przestrzennych jest system lokalizacyjny. Aby system był niezawodny proces określenia lokalizacji powinien być precyzyjny i wiarygodny. Jednym z najbardziej popularnych systemów lokalizacyjnych wykorzystywanych w wielu systemach jest globalny, satelitarny system pozycjonowania GPS (*ang. Global Positioning System*). Stanowi on uniwersalny system dający się wykorzystać zarówno na lądzie, morzu jak i w powietrzu. [8, 9]

2. PODSTAWOWY CEL BUDOWY SYSTEMU

Na terenie całego kraju w roku 2008 miało miejsce 49 054 wypadków drogowych, w których 5 437 osób zginęło, a 62 097 zostało rannych. Policji zgłoszono 381 520 kolizji drogowych [10]. Analizując statystyki europejskie możemy zauważyć, że w 2008 roku na europejskich drogach doszło do ponad 1,2 mln wypadków. Zginęło w nich 39 tys. osób, a ponad 1,7 mln zostało rannych. Szacuje się, że wypadki drogowe kosztują unijną gospodarkę ponad 160 mld euro rocznie [4].

Narzędziem dającym możliwość poprawy stanu bezpieczeństwa na drogach są systemy zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego. Podstawowym zadaniem tych systemów jest realizacja procesu, którego celem jest redukcja liczby i ciężkości wypadków drogowych.

Dotychczas funkcjonujące systemy zbierania i analizowania danych o zdarzeniach drogowych umożliwiły realizację zadania gromadzenia danych, dostarczając informacji opisowej o strukturze zdarzeń drogowych. Szybki postęp technologiczny w dziedzinie przesyłania informacji oraz powszechny dostęp do odbiorników GPS umożliwił unowocześnienie stosowanych rozwiązań.

Proces budowy systemu monitorowania zdarzeń drogowych jest zadaniem interdyscyplinarnym. Wymaga zastosowania rozwiązań z różnych dziedzin, dotyczących między innymi: Inteligentnych Systemów Transportowych, satelitarnych technik pomiarowych, integracji metod satelitarnych oraz systemów GIS (*ang. Geographic Information System*), budowy przestrzennych baz danych oraz implementacji rozwiązań sieciowych w oparciu o standardy dystrybucji danych w sieci.

W artykule przedstawiono możliwości technologiczne budowy systemu zbierania danych przestrzennych o zdarzeniach drogowych, zapewniającego wymagany przez użytkowników końcowych poziom dokładności oraz zbudowanego z wykorzystaniem dostępnego na rynku oprogramowania darmowego (*ang. Free and Open Source Software, FOSS*). Opracowany system z założenia powinien być zgodny z obowiązującymi na rynku standardami dotyczącymi dystrybucji informacji przestrzennej. Jako podstawowe źródło danych o lokalizacji, umożliwiające pozyskiwanie danych w czasie rzeczywistym, wykorzystane zostaną dostępne na rynku tanie odbiorniki GPS wbudowane w urządzenia mobilne typu palmtop, smartphone.

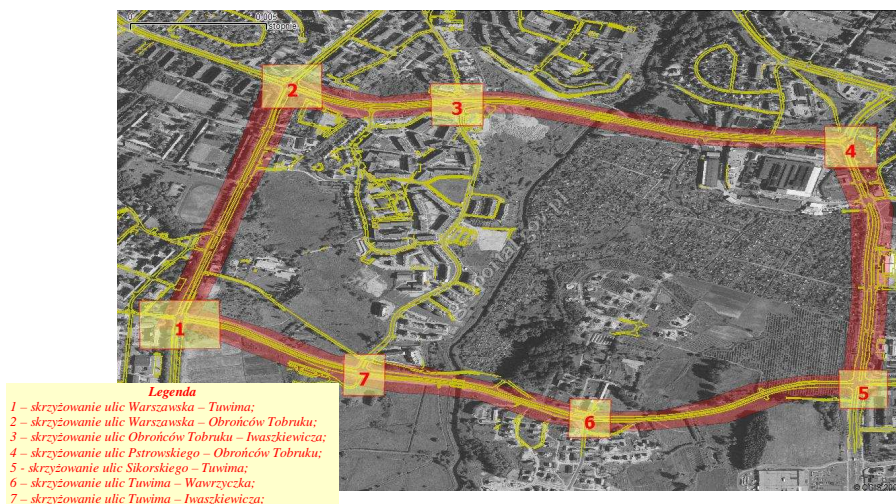
Aktualnie istnieje na rynku wiele narzędzi komercyjnych umożliwiających budowę systemu monitorowania zdarzeń w oparciu o oprogramowanie konkretnej firmy. W ofercie producentów oprogramowania GIS, znajdują się zarówno serwery sieciowe jak i komponenty programistyczne pozwalające na budowę nowoczesnego systemu zbierania danych przestrzennych. Jednak ze względu na ograniczenia licencyjne i cenowe (wysokie koszty), które mogłyby stanowić istotną przeszkodę we wdrażaniu systemu, zdecydowano się na wykorzystanie narzędzi darmowych udostępnianych bezpłatnie wraz z kodem źródłowym. Umożliwia to zarówno ograniczenie kosztów jak i lepsze dostosowanie systemu do indywidualnych potrzeb użytkownika końcowego.

3. METODA LOKALIZACJI ZDARZEŃ DROGOWYCH

W celu sprawdzenia potencjału dostępnych na rynku urządzeń przenośnych przeprowadzono badania dotyczące przydatności dla potrzeb systemu tanich odbiorników GPS oraz mobilnych urządzeń przenośnych typu: palmtop, smartphone. Uzyskane wyniki pozwoliły na wytypowanie urządzeń najlepiej dostosowanych do wymagań systemu zbierania danych o zdarzeniach drogowych. Dodatkowo przetestowano także możliwości wykorzystania w procesie zbierania danych przestrzennych techniki DGPS oraz serwisów udostępnianych w ramach systemu ASG EUPOS, zapewniającego dostępność korekcji DGPS/RTK na terenie całego kraju.

Dla potrzeb projektowanego systemu wykonano eksperyment mający na celu określenie dokładności i precyzji pomiaru tanich odbiorników GPS (*ang. low cost GPS receivers*) w rzeczywistych warunkach drogowych przy normalnym natężeniu ruchu.

Jako obszar testowy wybrany został fragment miasta z kilkoma charakterystycznymi skrzyżowaniami. Obejmuje on 7 skrzyżowań o różnym natężeniu ruchu drogowego.



Rys. 1. Zasięg obszaru testowego oraz przyjęta numeracja skrzyżowań na tle ortofotomapy miasta Olsztyn (www.geoportal.gov.pl)

W trakcie eksperymentu przetestowanych zostało 13 odbiorników GPS. Odbiorniki ze względu na parametry i wyposażenie zostały sklasyfikowane w jednej z 4 kategorii:

- Urządzenia typu palmtop posiadające wbudowane odbiorniki GPS.

Model	Asus A696	Fujitsu-Siemens N560	Mio P360	Mio P560
				

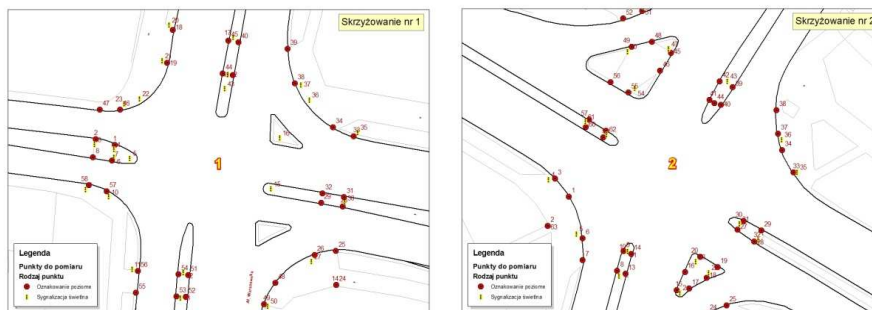
- Urządzenia typu smartphone z wbudowanym modułem GSM oraz GPS.

Model	Asus P750	Eten x500	Eten m700	Eten x800	Htc P330
					

- Trzecią kategorię stanowiły dwa odbiorniki Garmin oraz Mobile Mapper Office, a czwartą profesjonalny odbiornik GIS Trimble GeoXH.

Model	Garmin eTrex Legend	Garmin GPS MAP 60CSX	Mobile Mapper	Trimble GeoXH
				

Na każdym skrzyżowaniu oznaczono w terenie punkty przeznaczone do pomiaru. Łącznie na wszystkich skrzyżowaniach wyznaczonych zostało 362 punktów. Przykładowe szkice rozkładu punktów wyznaczonych do pomiaru przedstawione na rysunku 2.

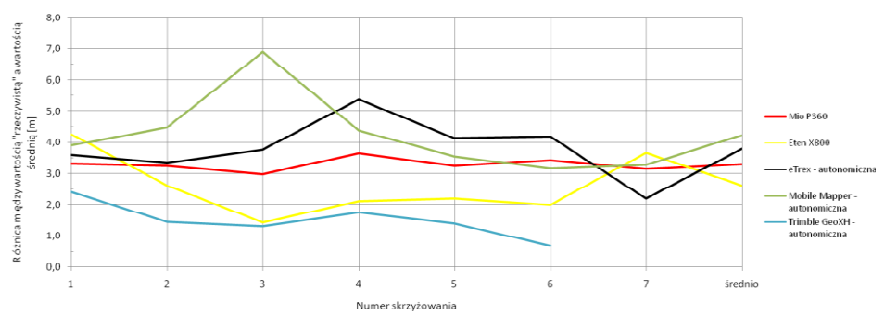


Rys. 2. Szkielet rozmieszczenia punktów wybranych do pomiaru na skrzyżowaniach nr 1 i 2.

Ekspertyzy wykonano w okresie od marca do sierpnia 2009r. w pięciu etapach:

1. Pomiar i zamarkowanie punktów metodą RTK OTF. Pomiary zostały wykonane z wykorzystaniem zestawu RTK Topcon Hiper Pro z kontrolerem FC200.
2. Pomiar autonomiczny z wykorzystaniem 13 testowanych odbiorników GPS.
3. Pomiar metodą różnicową (DGPS) za pomocą 4 odbiorników oraz poprawek serwisu ASG-EUPOS.
5. Pomiar DGPS (fazowy) z wykorzystaniem odbiornika Trimble GeoXH.

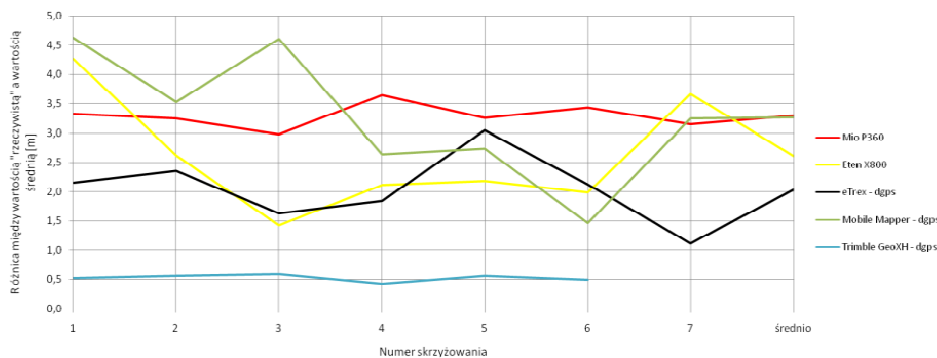
Wyniki prac pomiarowych zostały pogrupowane w zbiory danych. Każdy zawierał dane z pomiaru wykonanego jednym odbiornikiem, wybraną metodą pomiarową. W trakcie obliczeń pomiary wykonane techniką RTK uznane zostały jako „prawdziwe” (najbliższe rzeczywistej wartości) a wyznaczone współrzędne punktów za wolne od błędów.



Rys. 3. Zestawienie wyników dla odbiorników, które uzyskały najlepsze wyniki przy zastosowaniu metody absolutnej

Na podstawie przedstawionej procedury wykonano obliczenia dla każdego odbiornika oraz metody pomiarowej, określono dokładność każdego odbiornika. Analizując dokładność pomiarów autonomicznych stwierdzono że, najlepsze rezultaty uzyskał odbiornik Trimble GeoXH - przeciętny błąd położenia 2D wahał się od 0,7 do 2,4 metra. Bardzo dobre wyniki uzyskały smartphoney Eten X800 – wynik w przedziale od 1,4 do 4,3 metra oraz palmtop Mio P360 od 3,1 do 3,6 metra. Nieco gorzej wypadły odbiorniki przenośne, Garmin eTrex Legend osiągnął wyniki od 2,2 do 5,4 metra a Mobile Mapper

od 3,2 do 6,9 metra. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki uwzględniające różne metody pomiarowe. Najlepszy wynik osiągnął odbiornik Trimble GeoXH. W trakcie pomiarów DGPS z wygładzaniem fazowym uzyskał dokładności pomiaru na stabilnym poziomie 0,5 metra bez względu na charakterystykę skrzyżowania na którym wykonywano pomiary.



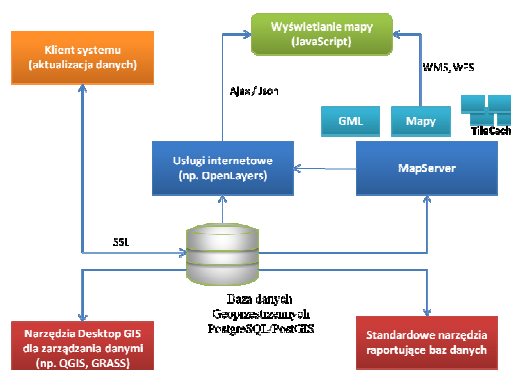
Rys. 4. Zestawienie najlepszych wyników uzyskanych przy zastosowaniu różnych metod pomiarowych

Bardzo dobre wyniki osiągał także odbiornik Garmin eTrex Legend w trybie DGPS. Okazało się jednak, że zbliżone wyniki do Garmina uzyskał najlepszy smartphone Eten X800 wykonujący pomiar w trybie autonomicznym. Dla kolejnego odbiornika osiągającego dobre dokładności dla pomiarów DGPS - Mobile Mapper Office, przeciętny błąd określenia pozycji 2D uzależniony był mocno od liczby obserwowanych satelitów i zmieniał się w zależności od geometrii rozkładu satelitów. Zbliżone wyniki prezentował Mio P360, który utrzymywał stały przeciętny błąd pomiaru niezależnie od warunków pomiaru.

Na podstawie uzyskanych wyników możemy powiedzieć, że testowe odbiorniki firmy Garmin oraz odbiornik Mobile Mapper, stanowiące już dosyć starą konstrukcję uzyskiwały w trybie DGPS podobne wyniki jak najlepsze urządzenia wyposażone w nowoczesny, czuły odbiornik SIRF Star III. Pozycja wyznaczana odbiornikami firmy Garmin oraz Mobile Mapper była precyzyjna lecz mało dokładna. Pomimo, że urządzenia typu palmtop oraz smartphone dysponowały odbiornikiem GPS opartym na tym samym chipsecie (SIRF Star III), to uzyskane wyniki są znacząco różne. Dotyczy to zarówno precyzji jak również dokładności pomiarów. Przyczyna wynika zapewne z odmiennej architektury wewnętrznej urządzeń, użytych komponentów sprzętowych oraz oprogramowania wewnętrznego obsługującego poszczególne elementy urządzenia.

4. BUDOWA SYSTEMU MONITOROWANIA ZDARZEŃ DROGOWYCH

Techniczna realizacja systemu została wykonana w oparciu o narzędzia typu Open Source, w tym oprogramowanie: MapServer, PostgreSQL, PostGIS, Apache. Taka konstrukcja systemu zapewnia pełną interoperacyjność systemu, niski koszt udostępnienia danych, łatwość obsługi oraz rozdzielenie funkcji na niezależne moduły (znacznie ułatwiając modernizację systemu).



Rys. 5. Architektura proponowanego systemu

Zasadę działania projektowanego systemu można przedstawić w następujący sposób. Wyposażona w odpowiednie urządzenia pomiarowe ekipa (klient systemu) wyznacza lokalizację miejsca zdarzenia oraz określa dodatkowe informacje dotyczące utrudnień w ruchu. Następnie łączy się z bazą danych i przesyła elektroniczną wersję lokalizacyjnej karty zdarzenia. Uaktualniona baza danych stanowi źródło informacji dla pozostałych komponentów systemu, takich jak: serwer map, serwis internetowy zawierający informację o przestrzennym rozkładzie zdarzeń drogowych, serwery usług: WMS, WFS. Główne źródło danych dla systemu stanowią użytkownicy mobilni (policjanci) z oprogramowaniem „Rejestrator” realizującym funkcje zbierania danych o zdarzeniach drogowych. Za pomocą urządzenia typu smartphone lub terminal mobilny z dostępem do sieci Internet jednostki policyjne poprzez szyfrowane połączenie SSL łączą się z bazą danych i przesyłają informację do serwera.

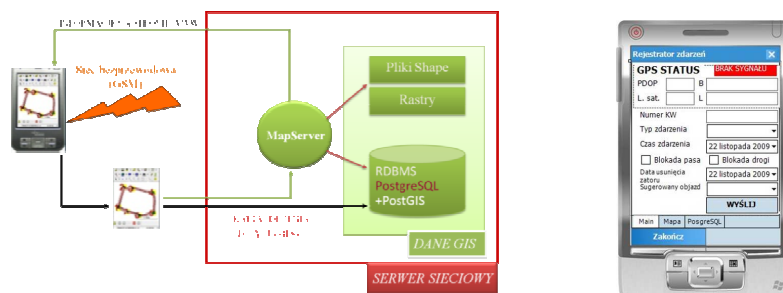
Zainstalowany na serwerze system zarządzania bazą danych PostgreSQL wraz z rozszerzeniem PostGIS realizuje następujące zadania: prowadzi proces autentykacji użytkownika, dba o spójność wprowadzanych danych, umożliwia udostępnianie w czasie rzeczywistym danych. Administratorzy systemu mają dodatkowo zapewniony dostęp do bazy z wykorzystaniem oprogramowania typu Desktop GIS, takiego jak: darmowy QGIS, GRASS lub płatny pakiet ArcGIS firmy ESRI poprzez mechanizm ArcSDE (ang. *Spatial Database Engine*). Dodatkowo istnieje możliwość wykorzystania standardowych narzędzi raportujących dla bazy danych w celu generowania raportów, statystyk, itp.

Zgromadzone na serwerze dane stanowią podstawowe źródło danych dla serwera map, zbudowanego w oparciu o oprogramowanie UMN MapServer. Konfiguracja serwera map pozwala na dystrybucję zgromadzonych danych z wykorzystaniem: strony internetowej lub

serwerów usług WMS i WFS. Wśród użytkowników wyróżnić możemy dwie podstawowe grupy: pierwsza to użytkownicy indywidualni, którzy będą mogli uzyskać dostęp do zgromadzonych danych w oparciu o stronę internetową lub usługę WMS. Druga grupa to użytkownicy uprzywilejowani, np. organizacje zainteresowane aktualizowaną informacją o ruchu drogowym. W zależności od uprawnień mogą wykorzystać zgromadzone w bazie danych informacje za pomocą usług WMS, WFS lub korzystać z repliki bazy danych.

4.1 Aplikacja klienta

Do budowy aplikacji wykorzystano oprogramowania Microsoft Visual Studio 2008, Net Compact Framework 3.5, Windows Mobile 5.0 Smartphone SDK oraz Windows Mobile 6.0 Professional. Kod programu napisano z wykorzystaniem języka C#. Po uruchomieniu aplikacji Rejestrator oprogramowanie próbuje automatycznie wykryć odbiornik GPS urządzenia. Po uzyskaniu sygnału z co najmniej 4 satelitów pozycja zostaje wyświetlona w polach B i L oraz w polach PDOP i liczba satelitów. Użytkownik wypełnia pola dotyczące numeru zdarzenia, typu zdarzenia, czasu zdarzenia, zaznacza czy nastąpiła blokada pasa/drogi i przewidywany czas trwania blokady, określa również czy zaleca objazd miejsca zdarzenia. Po wypełnieniu formularza wybiera przycisk Wyślij.

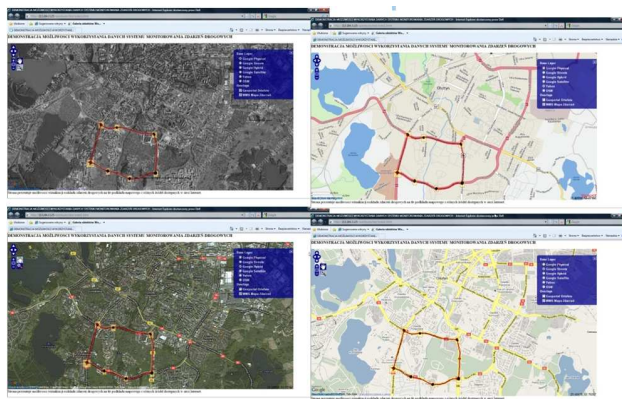


Rys. 6. Schemat interakcji klienta z serwerem oraz interfejs aplikacji Rejestrator

Po wybraniu opcji Wyślij aplikacja próbuje nawiązać połączenie z serwerem baz danych, zalogować się do bazy Zdarzenia i przesłać wypełnione informacje, w oparciu o podany przez użytkownika login i hasło. Po uzyskaniu połączenia aktualizuje i dodaje kolejny rekord w tabeli zdarzeń. Jeżeli operacja wysyłania danych do bazy danych systemu zakończy się sukcesem otrzyma komunikat z potwierdzeniem operacji.

4.2 Wykorzystanie interfejsu OpenLayer do wizualizacji rozkładu zdarzeń

Interfejs użytkownika zbudowano w oparciu o funkcję biblioteki OpenLayers. Umożliwia ona stworzenie intuicyjnego interfejsu obsługiwanego w oparciu o kod strony internetowej. Zdefiniowano podstawowe elementy mapy, takie jak: styl wyświetlania warstw, przezroczystość, paski menu, wielkość obszaru mapy oraz układ współrzędnych.



Rys. 7. Wykorzystanie interfejsu OpenLayers do budowy witryny umożliwiającej prezentację rozkładu zdarzeń drogowych – wizualizacja na podkładzie mapowym Geoport.pl, Yahoo Street Maps, Google Hybrid Maps, Google Street Maps

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono założenia budowy systemu zbierania danych o zdarzeniach drogowych. Cechą wyróżniającą to rozwiązanie jest możliwość wizualizacji w czasie rzeczywistym informacji o rozkładzie zdarzeń drogowych w sieci Internet. Udostępnienie tej informacji z bazy danych, oraz za pomocą usług WMS oraz WFS pozwala na stworzenie referencyjnego systemu, który może stać się źródłem danych systemu informacji dla podróżnych, centrum zarządzania ruchem, a także systemów przesyłających informację bezpośrednio do kierowcy (np. *TMC – Traffic Message Channel*). Dodatkowo zebrane dane stanowią cenny materiał dla inżynierów drogowych, którego analiza pozwala na podejmowanie działań zmierzających do poprawy bezpieczeństwa w miejscach niebezpiecznych np. poprzez zmianę oznakowania lub modernizację infrastruktury.

Satelitarne systemy pozycjonowania są narzędziem niezwykle przydatnym oraz relatywnie tanim do zastosowania w procesie inwentaryzacji zdarzeń drogowych. Systematyczny rozwój technologii satelitarnych oraz budowa nowych systemów gwarantuje, że satelitarne technologie wyznaczania pozycji będą jeszcze przez wiele lat stanowiły podstawowy system lokalizacyjny, również w sektorze związanym z bezpieczeństwem ruchu drogowego. Pozyskanie danych o zdarzeniach drogowych z informacją o ich lokalizacji pozwala na zwiększenie dokładności lokalizacji w stosunku do tradycyjnych metod pomiarowych.

W wyniku testów dokładności odbiorników GPS stwierdzono, że metoda DGPS pozwala na uzyskanie dokładności wyznaczenia pozycji na poziomie 2m, dla pomiarów kodowych. Na obszarach zurbanizowanych nie pozwoliła zatem w znaczący sposób poprawić dokładności pomiarów autonomicznych. Wyniki przeprowadzonych testów wskazują, że część odbiorników (np. smartphone Eten X800), w trakcie pomiarów autonomicznych uzyskiwało dokładności zbliżone do kodowych pomiarów DGPS.

Dokładność na poziomie 2-3 metrów uzyskać można również z wykorzystaniem pomiarów autonomicznych. Poprawa dokładności była możliwa dopiero dzięki wykorzystaniu odbiornika DGPS, umożliwiającego wykonanie pomiaru fazowego

z wykorzystaniem korekt fazowych DGPS. Zastosowanie odbiornika Trimble GeoXH (niestety bardzo drogiego, cena około 15 000zł) w istotny sposób poprawiło dokładność i dało wyniki pomiaru na poziomie 0,5m.

Dystrybucja zebranych danych zgodnie z opracowanymi przez OGC standardami udostępniania danych przestrzennych w sieci Internet pozwala na integrację dostępnych w sieci źródeł danych i komponowanie map tematycznych w oparciu o dane pochodzące z różnych źródeł, często bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów. Pozwala to operatorom systemu GIS na wykonywanie szczegółowych analiz dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego uwzględniających niedostępne dotychczas czynniki.

Na podstawie przeprowadzonych testów można stwierdzić, że oprogramowanie Open Source znakomicie sprawdza się w realizacji zadań związanych z dystrybucją danych w sieci Internet. Jednak istniejące na rynku oprogramowanie Desktop GIS dostępne na licencji Open Source dysponuje, w porównaniu z rozwiązaniami płatnymi, ograniczonymi możliwościami zaawansowanej edycji danych. Brakuje także darmowych narzędzi umożliwiających budowę mobilnych aplikacji do bezpośredniego pozyskiwania danych i edycji zbiorów udostępnianych w sieci Internet. Wydaje się, że rozsądnym rozwiązaniem jest powiązanie istniejących elementów i budowa rozwiązań hybrydowych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Drane Ch., Rizos Ch.: *Positioning Systems in Intelligent Transportation Systems*, Artech House Inc. 1998.
- [2] Krystek R., Żukowska J.: *ITS w bezpieczeństwie transportu – cz. I.*, <http://edroga.pl/nauka/ekspertyzy/171-its-w-bezpieczenstwie-transportu-cz-I>, 04.06.2009.
- [3] Jamrozik K.: *Oddziaływanie ITS na BRD*, <http://edroga.pl/inzynieria-ruchu/its/147-oddziaływanie-its-na-brd>, 04.12.2009.
- [4] COM(2008) 886: *Komunikat Komisji. Plan działania na rzecz wdrażania inteligentnych systemów transportowych w Europie*, Bruksela 16.12.2008.
- [5] Oszczak S.: *Geodezja i nawigacja a bezpieczeństwo ruchu drogowego*, Olsztyn 2004.
- [6] Oskarbski J., Jamroz K., Litwin M.: *Inteligentne systemy transportu - zaawansowane systemy zarządzania ruchem*, I Polski Kongres Drogowy "Lepsze drogi - lepsze życie", Warszawa 2006, s. 167-174.
- [7] Templin T., Oszczak S.: *Wykorzystanie technik satelitarnych i informatycznych do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego*, VI Międzynarodowa Konferencja Problemy zapewnienia bezpieczeństwa regionalnego", Olsztyn 19-21.06.2008.
- [8] Misra P., Enge P.: *Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*, Ganga-Jamuna Press, Lincoln 2006.
- [9] Baran L. W., Oszczak S., Zieliński J. B.: *Wykorzystanie technik kosmicznych w geodezji i nawigacji w Polsce*, Nauka 4/2008, PAN.
- [10] Komenda Główna Policji, Statystyka – www.policja.pl, 2009
- [11] Templin T.: *Opracowanie systemu monitorowania zdarzeń drogowych z wykorzystaniem technik GPS jako źródła danych przestrzennych*, Rozprawa doktorska, Olsztyn 2010.