

Trójmiejski Inteligentny System Transportu Aglomeracyjnego TRISTAR

Dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, dr inż. Jacek Oskarbski
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Wysoka efektywność metod i środków ITS w ograniczaniu negatywnych skutków rozwoju motoryzacji skłoniła władze miast Aglomeracji Trójmiejskiej do podjęcia działań mających na celu ich wdrożenie. Wspólną płaszczyzną tych działań powinno być wzmocnienie roli transportu zbiorowego w przewozach i konsekwentna redukcja korzystania w nich z samochodu [11]. Prace koncepcyjne nad strukturą systemu zarządzania ruchem TRISTAR rozpoczęły się w 2002 roku opracowaniem koncepcji zintegrowanego systemu dla Obwodnicy Trójmiejskiej i dla miasta Gdyni. W kolejnych latach powstały koncepcje systemu zarządzania ruchem w miastach: Sopot i Gdańsk. W 2007 roku na bazie porozumienia pomiędzy prezydentami Gdańska, Gdyni i Sopotu opracowano koncepcję szczegółową systemu TRISTAR. W tym samym roku uruchomiono projekt pilotażowy, zrealizowany w Gdyni na 9 skrzyżowaniach w ciągu ul. Morskiej, na których zainstalowano system sterowania ruchem SCATS. Podstawowym problemem, z którym zmierzali się autorzy projektu TRISTAR był brak ogólnopolskich standardów oraz krajowej architektury ITS. Celami strategicznymi zastosowania

ITS w Aglomeracji Trójmiejskiej jest bardziej efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury drogowej i transportowej, redukcja liczby wypadków drogowych, zmniejszenie zatłoczenia w podstawowym układzie dróg i ulic, poprawa warunków podróży, zwiększenie popytu na podróżowanie transportem zbiorowym, monitorowanie i ochrona środowiska naturalnego, bardziej efektywny nadzór nad funkcjonowaniem poszczególnych elementów systemu transportu, poprawa efektywności zarządzania taborem drogowym, usprawnienie zarządzania ratownictwem drogowym oraz przekazywania informacji kierowcom i podróżnym o funkcjonowaniu systemu transportu. Przedstawione cele mogą być zrealizowane tylko w warunkach integracji, koordynacji i synergii wszystkich elementów systemu. Niezbędne było zatem opracowanie regionalnej architektury ITS oraz standardów sprzętowych i funkcjonalnych, które zapewnią kompatybilność i otwartość systemu oraz wyznaczą kierunki jego rozwoju [12]. Obecnie Trójmiasto po podpisaniu umowy o dofinansowanie realizacji systemu w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko realizuje pierwsze elementy systemu.

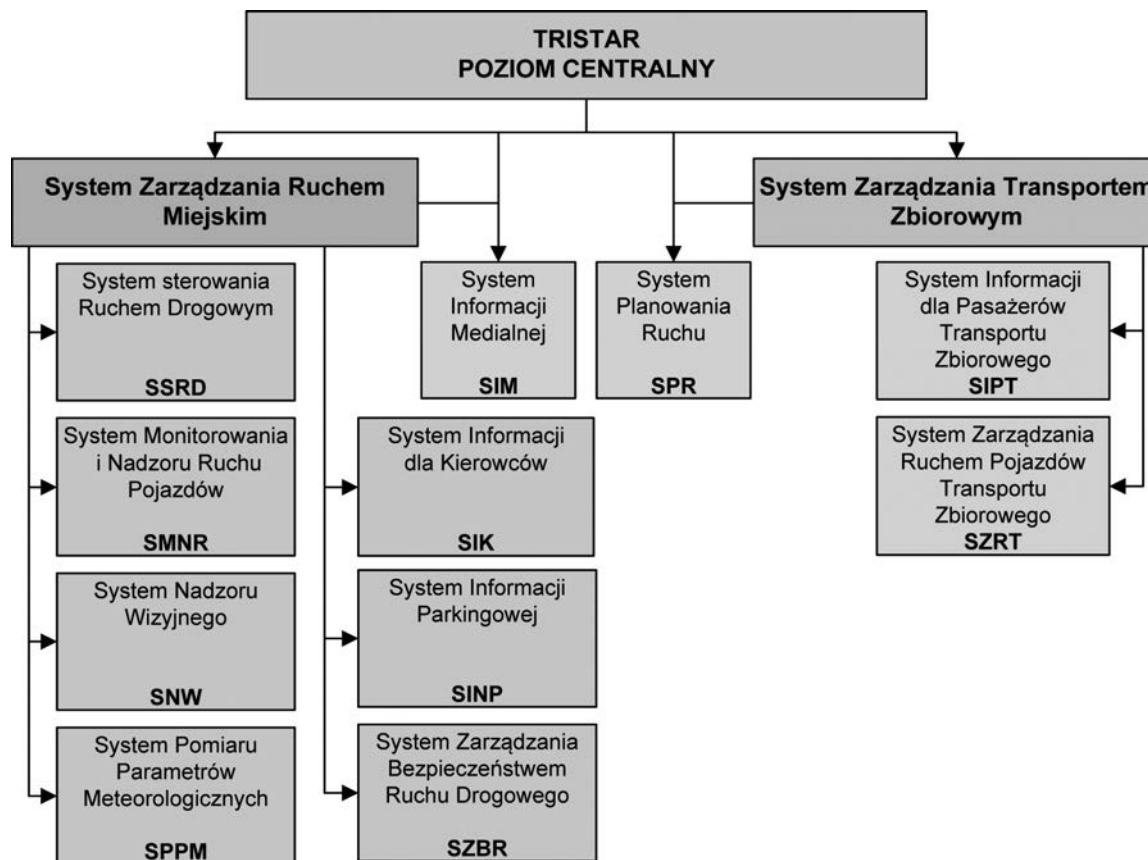
Opracowywaniu architektury trójmiejskiej towarzyszyło założenie, że będzie ona stanowić szkielet, wokół którego można opracować różne podejścia projektowe. Architektura wyznacza funkcje (np. zbieranie informacji o ruchu), które muszą być zawarte w systemie; fizyczne podsystemy, w których znajdują się te funkcje (np. jezdnia lub pojazd); interfejs/przepływ informacji między fizycznymi podsystemami i wymogi łączności do przepływu informacji (np. drogą kablową lub radiową). Architektura ITS dostarcza wskazówek zapewniających budowę systemu, produktów i usług, kompatybilnych z sobą bez ograniczania możliwości projektowych. Punktem wyjścia do budowy architektury ITS w rozumieniu amerykańskim i kanadyjskim jest określenie struktury funkcjonalnej, która będzie najlepsza z punktu widzenia użytkownika (*Users Services*). Natomiast elementem wyjściowym są kompletne moduły (*Market Packages*) realizujące określone zadania (np. pakiet zbierania danych o ruchu) [9].

TRISTAR będzie stanowić zbiór narzędzi umożliwiających efektywne zarządzanie infrastrukturą transportową oraz sprawną obsługę podróży na obszarze całej Aglomeracji Trójmiejskiej [4]. Ze względu na brak krajowych wytycznych do architektury systemu w Polsce wypracowano własne rozwiązanie, wzorując się na rozwiązaniach europejskich, japońskich i amerykańskich [1, 2, 3, 10, 13, 14].

W skład systemu TRISTAR docelowo będą wchodzić następujące systemy funkcjonalne: zintegrowany system zarządzania ruchem drogowym, zintegrowany system zarządzania transportem zbiorowym (pasażerskim), zintegrowany system zarządzania transportem towarowym (między innymi centra logistyczne), zintegrowany system zarządzania służbami ratowniczymi (zintegrowany system ratowniczy) oraz zintegrowany system informacji transportowej. W pierwszej fazie budowy systemu TRISTAR przewiduje się budowę dwóch najbardziej istotnych podsystemów - systemu zarządzania ruchem miejskim oraz systemu zarządzania transportem zbiorowym. Jednakże, w moduły każdego z tych systemów wkomponowano najbardziej istotne elementy pozostałych systemów (system zarządzania bezpieczeństwem, system informacji transportowej) [5, 6]. Do każdego z elementów systemu zaproponowano szczegółową strukturę logiczną, funkcjonalną i sprzętową. Struktura systemu zarządzania ruchem drogowym w Aglomeracji Trójmiejskiej z uwzględnieniem podziałów obszarowych i zarządów dróg powinna wyróżniać systemy zarządzania ruchem miejskim, system zarządzania ruchem na autostradach i drogach ekspresowych, system zarządzania ruchem na pozostałych drogach krajowych oraz wojewódzkich. Założono, że trójmiejski ITS powinien obejmować wszystkie elementy systemu transportu Aglomeracji Trójmiejskiej, które wymagają koordynacji pomiędzy branżami, obszarami i instytucjami uczestniczącymi w obsłudze oraz podmiotami korzystającymi z usług systemu transportowego. System powinien ponadto uwzględniać wymagania i potrzeby poszczególnych systemów lokalnych, ale równocześnie zapewnić możliwość współpracy pomiędzy tymi systemami i możliwość ich integracji. Dzięki zastosowaniu procedur i standardów wszystkie elementy ITS w Aglomeracji powinny być z sobą kompatybilne [5, 8].

W architekturze definiuje się czteropoziomą, hierarchiczną strukturę funkcjonalną (poziom zarządzania metropolitalnego, miejskiego, obszarowego i lokalnego). Poziom zarządzania miejskiego, zwany także poziomem strategicznym lub warstwą zarządzania centralnego, dotyczy zarządzania ruchem miejskim na obszarze poszczególnych miast Trójmiasta. Na poziomie tym realizowane będą główne postulaty wynikające z polityki transportowej poszczególnych miast Aglomeracji Trójmiejskiej. Zasadniczą funkcją poziomu centralnego, zlokalizowanego fizycznie w Centrach Zarządzania Ruchem w Gdańsku i Gdyni, będzie integracja wszystkich systemów wchodzących w skład realizowanego obecnie etapu systemu TRISTAR (rys. 1). Integracja będzie zapewniona przez wspólne środki sprzętowe i programowe, wspólną sieć transmisji danych oraz wspólne bazy danych umożliwiające wzajemne przetwarzanie informacji dostarczanych przez System Zarządzania Ruchem Miejskim (SZRM), System Zarządzania Transportem Zbiorowym (SZTR) i System Planowania Ruchu (SPR). Zastosowanie hierarchicznej i modułowej struktury systemu pozwoli na jego przyszłą rozbudowę poprzez dołączanie nowych elementów i uzupełnianie o nowe funkcje. Podstawowym zadaniem systemu centralnego będzie integracja systemów, podsystemów i modułów poprzez gromadzenie, przetwarzanie i dystrybucję danych [11].

System Sterowania Ruchem Drogowym (SSRD) stanowi w strukturze funkcjonalnej element (podsystem) Systemu Zarządzania Ruchem Miejskim (SZRM). System Sterowania Ruchem Drogowym będzie realizować sterowanie adaptacyjne sygnalizacją świetlną na około 150 trójmiejskich skrzyżowaniach. Będzie zachowana ciągłość sterowania na granicy obszarów, z możliwością konfiguracji podobszarów przez operatorów w Centrach Zarządzania Ruchem. Parametry sterowania (długość cyklu, podział światła zielonego i przesunięcia fazowe) na skrzyżowaniach będą wyznaczane automatycznie do każdego z podobszarów przez poziom centralny. W tym celu implementowany jest system sterowania obszarowego BALANCE, który przy zastosowaniu algorytmów genetycznych pozwala na minimalizację strat czasu, liczby zatrzymań i długości kolejek w wyznaczonym obszarze. Równocześnie odbywa się sterowanie lokalne przy wykorzystaniu systemu EPICS (optymalizacja podziału światła zielonego pomiędzy poszczególne fazy w zależności od stopnia obciążenia grup pasów skrzyżowania ruchem). Skrzyżowania w zależności od zdefiniowanych wag mogą podlegać w większym stopniu sterowaniu lokalnemu lub obszarowemu. Centralny system sterowania ruchem BALANCE zbudowany przez niemiecką firmę GEVAS wysyła ramowe plany sygnalizacji do sterowników (na poziomie modelu makro w okresach średnio i długoterminowych 5 ÷ 15 minut), a poziom lokalny może je wykorzystywać, jako programy stałoczasowe lub łączyć z akomodacyjnymi programami sygnalizacji opartymi na lokalnych detektorach. Funkcja celu w optymalizacji modelu systemu transportowego BALANCE może być dynamicznie tworzona i modyfikowana, również z użyciem wag, które pozwalają na utworzenie jej z kombinacji wielu kryteriów optymalizacji. W odniesieniu do programów sygnalizacji obliczana jest funkcja celu z wykorzystaniem wskaźnika wydajności PI, w której wykorzystuje się takie pomierzone lub obliczone parametry i ich kombinacje dla grup sygnalizacyjnych, jak straty



Rys. 1. Struktura funkcjonalna pierwszego etapu systemu TRISTAR (opracowanie własne na podstawie [11])

czasu, długości kolejek i liczba zatrzymań. Komponent oprogramowania DRIVERS umożliwi wykrywanie stanów i zakłóceń w ruchu (w przyszłości możliwe będzie pozyskiwanie danych z pojazdów) i natychmiastowe żądanie zmiany ustawień sygnalizacji w odpowiedzi na zmianę stanu ruchu. Detektory systemowe stacji pomiaru ruchu (podwójne pętle indukcyjne) są podłączone do sterownika sygnalizacji świetlnej MSR. Efektywność i zasadność wprowadzanych rozwiązań szacuje się przy wykorzystaniu SPR. System TRISTAR będzie automatycznie wykrywać zdarzenia drogowe powodujące zaburzenia w ruchu i natychmiast po ich wystąpieniu powiadamiać operatora o wystąpieniu zdarzenia ze wskazaniem lokalizacji. System SSRD będzie sterował ruchem z uwzględnieniem priorytetów dla pojazdów transportu zbiorowego. W tym celu przewiduje się zastosowanie odpowiednich urządzeń detekcji pojazdów transportu zbiorowego oraz rozwiązań służących lokalizacji pojazdów, przewidzianych w Systemie Zarządzania Ruchem Pojazdów Transportu Zbiorowego. Dzięki takiemu rozwiązaniu będzie zapewniona możliwość realizacji priorytetów dla pojazdów transportu zbiorowego z rozstrzygnięciem kolejności obsługi konfliktowych zgłoszeń pojazdów priorytetowych na podstawie opóźnienia pojazdu w stosunku do rozkładu jazdy [11].

Podstawową funkcją Systemu Monitorowania i Nadzoru Ruchu Pojazdów (SMNR) będzie dostarczanie i gromadzenie w hurtowni danych szczegółowych informacji, dotyczących liczby i rodzaju pojazdów poruszających się w obszarze objętym systemem. Moduł ten będzie wykorzystywał przede wszystkim stacje pomiaru ruchu instalowane przy skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz detektory pojazdów przyłączone do sterowników sygnalizacji. System SMNR będzie dostarczać dane

o poziomie swobody ruchu, czasie przejazdu na odcinkach dróg, ulic i sieci transportu zbiorowego, średniej prędkości potoku pojazdów w obrębie odcinków międzywęzłowych ulic [11].

Zadaniem Systemu Nadzoru Wizyjnego (SNW) będzie dostarczanie obrazu z kamer umieszczonych w newralgicznych punktach sieci drogowej. Poziom centralny zapewni dostęp do obrazu żądanych kamer za pośrednictwem interfejsu graficznego, umożliwiającemu wybór kamery na mapie sieci drogowej.

Podstawowym zadaniem Systemu Pomiaru Parametrów Meteorologicznych (SPPM) będzie zbieranie i gromadzenie w bazach oraz hurtowni danych, jak również dostarczanie informacji dotyczących warunków meteorologicznych w Aglomeracji Trójmiejskiej [11].

System Informacji Parkingowej SINP będzie służyć do przekazywania informacji o dostępności parkingów w poszczególnych obszarach poszczególnych miast. System, na podstawie informacji dostarczonej przez urządzenia zliczające pojazdy na parkingach (moduł MPNP), będzie określać liczbę dostępnych miejsc i przekazywać odpowiednie informacje do tablic i znaków wyświetlających (moduł MZP). System ten musi udostępniać aktualne dane dotyczące dostępności parkingów w centralnej bazie danych w celu umożliwienia wykorzystania ich przez pozostałe podsystemy (w szczególności przez System Informacji Medialnej za pośrednictwem strony WWW). Oprócz strony WWW, informacje będą prezentowane na tablicach (TDIP) i znakach (ZDIP) informacji parkingowej, rozmieszczonych wzdłuż ulic objętych systemem. Tablice informacji parkingowej, wskazujące wyróżniającym się kolorem obszar miasta i przypisane do niego parkingi będą zlokalizowane na

włotach do sprecyzowanych obszarów, w których kierowcy naprowadzani będą znakami zmiennej treści, wyświetlającymi liczbę wolnych miejsc i wskazującymi drogę do poszczególnych parkingów, włączonych do systemu. Na podstawie danych o zajętości parkingów do każdego parkingu będzie obliczane prognozowane napełnienie na podstawie zmian zajętości w ciągu ostatnich 10 ÷ 15 minut oraz danych historycznych. Informacja o zajętości (napełnieniu parkingu i liczbie wolnych miejsc) będzie dostarczana przez urządzenia lokalne do Centrum Zarządzania Ruchem nie rzadziej niż co 2 ÷ 5 minut. Uzupełnieniem oznakowania prowadzącego na parkingi będą tablice stałe [7].

System Zarządzania Bezpieczeństwem Ruchu Drogowego (SZBR) na obszarze Trójmiasta będzie umożliwiał realizację funkcji takich, jak: automatyczny nadzór nad zachowaniami uczestników ruchu (tj. nad prędkością i przejazdem na czerwonym świetle), sprawne i odpowiednio wczesne wykrywanie sytuacji niebezpiecznych i zdarzeń drogowych, szybkie informowanie służb ratowniczych i porządkowych o zaistniałych sytuacjach niebezpiecznych i zdarzeniach drogowych.

Głównymi funkcjami Systemu Informacji dla Kierowców będzie przetwarzanie danych zgromadzonych w bazach i hurtowni danych systemu TRISTAR i przekazywanie ich w formie informacji tekstowych i graficznych uczestnikom ruchu drogowego za pośrednictwem tablic i znaków zmiennej treści. System będzie zarządzać udostępnianiem danych dostarczanych przez pozostałe systemy lub wprowadzonych przez operatora. System będzie stanowić podstawowe źródło wiedzy dotyczącej: sytuacji drogowej w zakresie bieżącego natężenia ruchu w obszarze działania systemu, bieżących i przewidywanych warunków ruchu (czasów przejazdu poszczególnymi odcinkami dróg i stopnia zatłoczenia), aktualnych zdarzeń i utrudnień drogowych (obejmujących wypadki, awarie sygnalizacji świetlnej, awarie infrastruktury drogowej i technicznej, prowadzone prace drogowe, wyłączenia z ruchu, imprezy masowe), planowanych utrudnień (na skutek zmian organizacji ruchu, imprez masowych itp.), informacji o warunkach atmosferycznych na drogach (m.in. o temperaturze, wilgotności, sile i kierunku wiatru) oraz ostrzeżeń o warunkach pogodowych niebezpiecznych dla ruchu (np. śliska nawierzchnia, boczny wiatr, mgła), przekazywanych z automatycznych stacji pogodowych. Informacje pozyskane z SIK będą wykorzystywane przez System Informacji Medialnej (prezentowane na portalu internetowym oraz przekazywane w formie komunikatów radiowych, a w przyszłości za pośrednictwem innych mediów – np. nawigacji satelitarnej) [11].

System Informacji dla Pasażerów Transportu Zbiorowego (SIPT) będzie jednym z podsystemów w Systemie Zarządzania Transportem Zbiorowym (SZTZ). SIPT będzie realizować funkcję przekazywania pasażerom pojazdów transportu zbiorowego informacji o rzeczywistych czasach odjazdu pojazdów oraz o warunkach podróży środkami transportu zbiorowego w aglomeracji za pośrednictwem tablic informacji pasażerskiej na przystankach, terminali informacji pasażerskiej dostępnych w punktach węzłowych sieci oraz w centrach handlowych i urzędach oraz portalu internetowego, umożliwiającego planowanie podróży (System Informacji Medialnej).

Głównym zadaniem Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów Transportu Zbiorowego (SZRT) będzie utrzymanie regularności i punktualności jazdy oraz umożliwienie odpowiedniego reagowania pojazdów transportu zbiorowego na zakłócenia

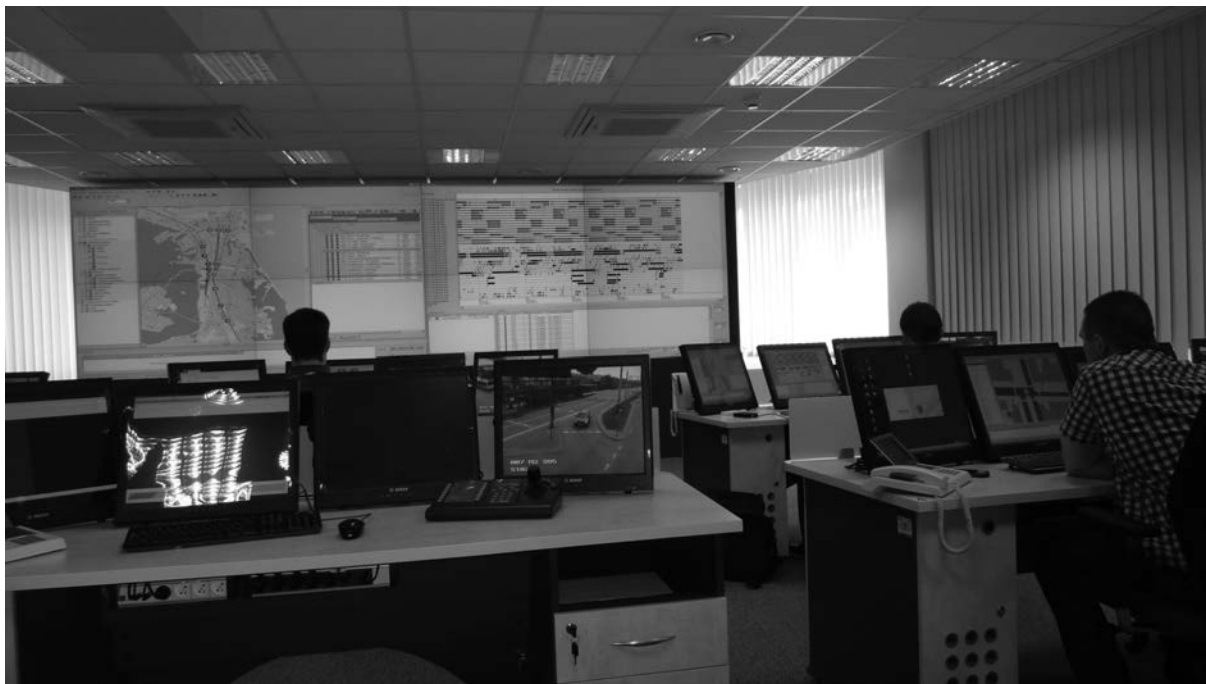
w ruchu w sieci ulicznej lub sieci transportu zbiorowego. Moduł Lokalizacji Pojazdów Transportu Zbiorowego (MLPT) będzie dostarczać informacje o położeniu geograficznym wszystkich pojazdów transportu zbiorowego aktualnie znajdujących się w ruchu na podstawie informacji dostarczanej z komputerów pokładowych pojazdów, wyposażonych w układ nawigacji satelitarnej GPS [11].

System Informacji Medialnej (SIM) będzie umożliwiać uzyskanie przez kierowców i pasażerów pojazdów poruszających się po sieci dróg i ulic (lub planujących podróż) na obszarze Aglomeracji Trójmiejskiej informacji o warunkach ruchu drogowego przed podróżą. W ramach systemu będzie uruchomiony portal internetowy, wspólny dla wszystkich miast, na którym będą wyświetlane informacje dla kierowców oraz pasażerów transportu zbiorowego. Serwis internetowy będzie umożliwiać zaplanowanie najkrótszej lub/i najszybszej trasy podróży transportem zbiorowym na podstawie rozkładów jazdy środków transportu publicznego (łącznie z SKM) oraz informacji o opóźnieniach z Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów Transportu Zbiorowego oraz pozostałych podsystemów.

System Planowania Ruchu (SPR) będzie wspomagany narzędziami (pakietami programów) użytecznymi w planowaniu systemów transportu, analizach warunków ruchu oraz testowaniu i symulacjach rozwiązań organizacji ruchu przewidywanych do wprowadzenia. Wszystkie programy będą korzystać z danych zgromadzonych w hurtowni danych. Docelowo w ramach SPR planuje się realizację wielopoziomowego modelu systemów transportowych (MST), który umożliwi opracowywanie analiz i prognoz ruchu do celów planistycznych, ale również na potrzeby bieżącego zarządzania ruchem. MST będzie czerpać niezbędne do kalibracji lub symulacji dane bezpośrednio z hurtowni danych systemu TRISTAR.

STRUKTURA SPRZĘTOWA

Zaproponowano hierarchiczną strukturę systemu zarządzania ruchem w Trójmieście, czteropoziomową w warstwie zarządzania oraz trzypoziomową w warstwie sprzętowej (poziom centralny, nadrzędny i lokalny). Poziom centralny będzie stanowić Centrum Zarządzania Ruchem (rys. 2) (przewidziano dwa centra – po jednym w Gdańsku i Gdyni). Centrum będzie składać się z: zespołu łączności i serwerów, zespołu komputerów realizujących algorytmy zarządzania, macierzy dyskowej zawierającej bazy danych, bazy wiedzy i bazy procedur zarządzania, sali operatorów zarządzania ruchem wyposażonej w skomputeryzowane stanowiska operatorskie, ekranowe monitory wizyjne, projektory multimedialne wysokiej rozdzielczości oraz zdalnych terminali komputerowych. Zdalne terminale komputerowe docelowo będą zlokalizowane w zarządach dróg miejskich, wydziałach transportu, Centrach Zarządzania Kryzysowego, wydziałach ruchu drogowego komend policji, komendach Straży Pożarnej oraz w planowanym Laboratorium ITS w Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej. Poziom nadrzędny będą stanowić inteligentne sterowniki nadrzędne koordynujące prace sterowników lokalnych. Rolę sterownika nadrzędnego może pełnić także wyróżniony sterownik lokalny. Poziom lokalny będą stanowić sterowniki lokalne, urządzenia pomiarowe i urządzenia wykonawcze.



Rys. 2. Centrum Zarządzania Ruchem Miejskim w Gdyni (fot. Dariusz Witt)

ZAKOŃCZENIE

Zarządzanie systemem transportu w miastach wymaga uwzględnienia struktury, organizacji i funkcjonowania wszystkich jego podsystemów oraz zaplanowania i wdrożenia spójnych działań ukierunkowanych na zmianę określonych parametrów zgodnie z przyjętą wcześniej strategią. Szczególnie trudne jest to w organizmie, jaki stanowi aglomeracja – skupisko sąsiadujących ze sobą miast, zarządzanych odrębnie, mających i realizujących często różne priorytety i cele, a jednak powiązanych z sobą poprzez przepływ towarów, osób, wymianę usług i uzupełnianie lub integrowanie elementów infrastruktury. W celu maksymalizacji efektywności zarządzania transportem na terenie aglomeracji niezbędne są zmiany organizacyjne umożliwiające integrację zarządzania transportem w poszczególnych ośrodkach miejskich na poziomie aglomeracyjnym lub metropolitalnym [8]. Opracowanie trójmiejskiej architektury ITS w ramach projektu TRISTAR umożliwiło określenie szczegółowych wymagań funkcjonalnych i sprzętowych poszczególnych elementów systemu, powiązań pomiędzy poszczególnymi jego elementami oraz ich struktury logicznej tak, aby zastosowane technologie były jak najbardziej efektywne oraz umożliwiały rozbudowę systemu – niekoniecznie przez jednego wykonawcę. Trójmiejska architektura ITS ma na celu zapewnienie otwartości systemu, jego integracji w poszczególnych obszarach oraz wytyczenie kierunków rozwoju systemu poprzez zdefiniowanie rozwiązań i powiązań docelowych. Dążenie do pełnej integracji systemu TRISTAR wymaga dalszych prac nad reorganizacją i integracją zarządów dróg i zarządów transportu zbiorowego [12].

LITERATURA

1. „ITS Handbook 2000”. Recommendations from the World Road Association (PIERC). Artech House, Boston 1999.

2. „ITS Handbook 2000 – 2001”. Supervised by the Ministry of Construction. Japan, Tokio 2001.

3. ITS – FRAME. Planning an Intelligent Transport System. A Guide to transport System Architecture. April 2004, <http://www.frame-online.net/>

4. Jamroz K., Oskarbski J. i inni: Koncepcja ogólna Systemu Zarządzania Ruchem na Obwodnicy Trójmiasta. Katedra Inżynierii Drogowej PG, Gdańsk 2002.

5. Jamroz K., Krystek R. i inni: Koncepcja zintegrowanego systemu zarządzania ruchem na obszarze Gdańska, Gdyni i Sopotu. Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2007.

6. Jamroz K., Oskarbski J.: Wdrażanie ITS TRISTAR w Aglomeracji Trójmiejskiej – przełamywanie barier. Polski Kongres ITS, Warszawa 2008.

7. Jamroz K., Oskarbski J., Krukowski P.: System Informacji Parkingowej w zintegrowanym systemie zarządzania ruchem TRISTAR. VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Polityka Parkingowa w Miastach”, Zakopane 2013.

8. Oskarbski J.: Inteligentny system transportu dla aglomeracji na przykładzie Aglomeracji Trójmiejskiej. Komunikacja Publiczna nr 1/2011 (wydanie specjalne), Wydawnictwo KZGOP.

9. Litwin M.: The role of Intelligent Transportation System (ITS) National Architecture and Standards – the Canadian Experience. IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”, Poznań, Będlewo 2003.

10. McQueen B., McQueen J.: Intelligent Transportation Systems Architectures. Artech House, Boston 1999.

11. Oskarbski J.: Struktura funkcjonalna systemu zarządzania transportem w Trójmieście – TRISTAR. Przegląd Komunikacyjny, nr 7-8/2011.

12. Oskarbski J., Jamroz K.: Trójmiejska regionalna architektura ITS. Polski Kongres ITS 2009.

13. The NTCIP Guide. National Transportation Communications for ITS Protocol AASHTO, ITE, NEMA. Washington 1999.

14. Tierolf J. W.: The European ITS Architecture, almost there: How to Implement it. Ministry of Transport, The Netherlands 1999.