

SYSTEM OBSZAROWEGO STEROWANIA RUCHEM I SYSTEM NADZORU RUCHU TRAMWAJOWEGO W KRAKOWIE

W artykule przedstawiono rozwiązania pozwalające na poprawę sytuacji w ruchu drogowym w mieście, m.in. praktyczne zastosowanie priorytetu dla transportu publicznego. Wdrożone systemy pozwoliły zarządzającym infrastrukturą komunalną na pozyskanie narzędzia pozwalającego na sprawne planowanie, testowanie i wprowadzanie określonych decyzji w obszarze objętym system sterowania.

Wprowadzenie

Takie zjawiska, jak: wzrost natężenia ruchu miejskiego i międzymiastowego, wzrost liczby pojazdów, konieczność poprawy sprawności transportu zbiorowego, wymuszają na zarządzających drogami i miastami wdrażanie rozwiązań kompleksowych i perspektywicznych. Jak przy obecnej liczbie samochodów na drogach i ciągłych zatorach drogowych w mieście zapewnić sprawny dojazd na miejsce? Jak sprawnie regulować ruchem pojazdów, gdy wszyscy o jednej porze chcą pojechać w jednym kierunku bądź – wprost przeciwnie – ich drogi się krzyżują, a każdy chce przejechać jak najszybciej? Czy na pewno pozostaje im jedynie spokojnie czekać w kolejkach i stać na każdym skrzyżowaniu? Czy nic nie można zrobić?

Władze miasta Krakowa wyszły z założenia, że można i postanowiły skorzystać z innowacyjnych, a jednocześnie sprawdzonych rozwiązań technologicznych. Ponieważ sama rozbudowa infrastruktury przy obecnym poziomie natężenia ruchu drogowego już nie wystarcza, należało dodatkowo wprowadzić mechanizmy pozwalające na optymalne jej wykorzystanie.

Już od roku działa w Krakowie System Obszarowego Sterowania Ruchem (UTCS – Urban Traffic Control System) oraz System Nadzoru Ruchu Tramwajowego (TTSS – Tram Traffic Supervisory System). Systemy w sposób automatyczny nadzorują pracę urządzeń sygnalizacji świetlnej, dostosowując ich działanie do bieżącej sytuacji na drogach i w oparciu o analizę danych prognozują najbliższe zmiany. Projekt ten, w imieniu miasta, wdrożył Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Trans-

portu, a zrealizowała firma Siemens. Podstawowym celem funkcjonowania systemu jest zapewnienie maksymalnej płynności ruchu w określonych obszarach miasta oraz priorytetu przejazdu Krakowskiego Szybkiego Tramwaju.

Poziomy zarządzania ruchem w mieście

Kompleksowe zarządzanie ruchem w mieście (rys. 1) prowadzone jest jednocześnie na trzech poziomach:

- operacyjnym,
- taktycznym,
- strategicznym.

Poziom operacyjny polega na bezpośredniej interakcji z uczestnikami ruchu poprzez sygnalizację świetlną, znaki i tablice o zmiennej treści, detekcję ruchu, kamery systemu monitoringu i detekcji.

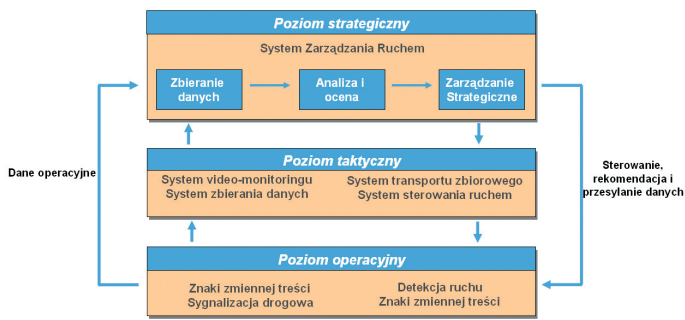
Poziom taktyczny dotyczy zarządzania grupą urządzeń, np. sterowania sygnalizacją świetlną, zarządzania transportem zbiorowym. Poziom ten jest odpowiedzialny za realizację strategii wypracowywanych na poziomie strategicznym systemu zarządzania ruchem.

Poziom strategiczny, na podstawie danych operacyjnych zebranych przez wszystkie zintegrowane podsystemy, przeprowadza analizę i ocenę sytuacji oraz zwrótnie wysyła dane sterujące.

Komunikacja wewnątrz systemu odbywa się zarówno pomiędzy różnymi poziomami sterowania, jak i w obrębie poszczególnych poziomów, np.: komunikacja pomiędzy systemem zarządzania ruchem drogowym i systemem wykrywania zdarzeń drogowych lub komunikacja pomiędzy sterownikami sygnalizacji świetlnej i pojazdami komunikacji zbiorowej.

Ponieważ wdrażanie systemów w miastach, a zwłaszcza dużych aglomeracjach miejskich takich jak Kraków, odbywa się zawsze etapowo, niezbędne jest przyjęcie takiej architektury systemu oraz standardowych rozwiązań, które gwarantują otwartość systemu oraz jego rozbudowę zarówno w aspekcie terytorialnym, jak i funkcjonalnym. Dla uniknięcia wielu zagrożeń podczas rozbudowy systemu niezbędne jest stosowanie standardowych i otwartych rozwiązań powszechnie stosowanych w systemach ITS (Intelligent Traffic Systems).

¹ Mgr inż., Siemens Sp. z o.o., piotr.haremza@siemens.com



Rys. 1. Trzy poziomy działania w kompleksowym systemie zarządzania ruchem

Architektura systemu zarządzania ruchem, bazująca na wzorcowym modelu opisanym powyżej, powinna być modułowa, co zapewnia dowolną rozbudowę systemu, oraz oparta na otwartych interfejsach komunikacyjnych i standardowych rozwiązaniach z dziedziny wymiany informacji. Standardowe rozwiązania w systemach ITS dotyczą zarówno stosowanych urządzeń, oprogramowania, komunikacji i interfejsów do wymiany danych na różnych poziomach działania (operacyjnym, taktycznym i strategicznym), ale również komunikacji z innymi systemami zewnętrznymi. Zintegrowany system zarządzania ruchem zainstalowany w Krakowie w pełni odpowiada powyższym wymaganiom.

Wszystkie wdrożone systemy są zgodne ze standardem OCIT^{®2} i w związku z tym mogą bez żadnego problemu współpracować z systemami innych producentów.

Elementy rozwiązania wdrożonego w Krakowie

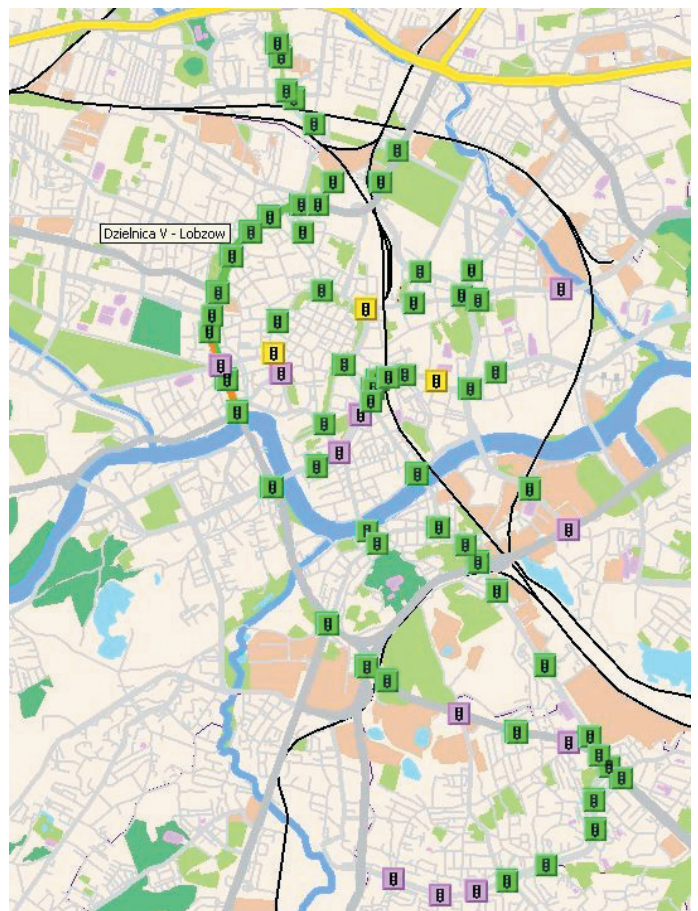
Oba systemy – System Obszarowego Sterowania Ruchem oraz System Nadzoru Ruchu Tramwajowego – są obecnie eksploatowane przez firmę Siemens i przez ich użytkowników – Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu (ZIKiT) i Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne (MPK). W trakcie rocznego wspólnego użytkowania prowadzono intensywne szkolenia oraz dostrajano system do bieżących zmian w ruchu drogowym w mieście. Podstawową funkcją systemu jest stała i konsekwentna optymalizacja ruchu drogowego na podstawie sukcesywnie zbieranych i analizowanych danych.

Dla obsługi obu systemów oraz innych kluczowych systemów miejskich, w ramach opisywanego projektu utworzono w Krakowie Centrum Sterowania Ruchem (fot.1). Zlokalizowane jest ono w siedzibie ZIKiT przy ul. Centralnej. Mieści serwery oraz stacje robocze obu systemów, stacje robocze systemu monitorowania tunelu tramwajowego pod Dworcem Głównym – SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) jak również system tablic informacji miejskiej ZIKiT.



Fot. 1. Stanowiska robocze w Centrum Sterowania Ruchem

System obejmuje 72 kluczowe skrzyżowania w mieście, na których wybudowano sygnalizację świetlną lub zmodernizowano ją, wymieniając sterowniki sygnalizacji oraz instalując detektory ruchu. Wszystkie skrzyżowania połączone są z Centrum Sterowania siecią komunikacji przewodowej opartej na protokole TCP-IP. Dane o sytuacji drogowej zbierane są i przesyłane na bieżąco do centralnego serwera systemu (rys. 2 i 3). Dzięki przebudowaniu i modernizacji skrzyżowań podniósł się poziom bezpieczeństwa i płynności ruchu. Przykładem może być pierwsza obwodnica miejska wokół plant, gdzie znacznie usprawniono przejazd tramwajów i usunięto wiele punktów kolizyjnych z ruchem kołowym i pieszym.



Rys. 2. Przykładowa wizualizacja w Centrum Sterowania Ruchem pokazująca stan sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach objętych działaniem systemu obszarowego sterowania ruchem

² OCIT[®] – *Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems*. Jest to nazwa stosowanego w praktyce standardu dla komputerowych systemów sterowania ruchem i sygnalizatorów świetlnych. Standaryzacja OCIT prowadzona jest dwutorowo w zakresie zdefiniowania interfejsu wymiany danych pomiędzy systemami nadrzędnymi i urządzeniami lokalnymi, tzw. OCIT-Outstations (np. sterowniki sygnalizacji, stacje pomiarowe, znaki zmiennej treści) oraz w zakresie wymiany informacji pomiędzy aplikacjami i systemami na poziomie centralnym, tzw. OCIT-Instation. W zakresie OCIT-Outstations wiodącą rolę pełni organizacja ODG (OCIT Developer Group), natomiast w zakresie interfejsów OCIT Instation organizacja OTEC (Open Communication for Traffic Engineering Components).



Rys. 3. Przykładowa wizualizacja jednego ze skrzyżowań

W Centrum, w sposób zdalny i wygodny realizowane są funkcje zarówno kontrolne, jak i operacyjne w zakresie sterowania (fot. 2).



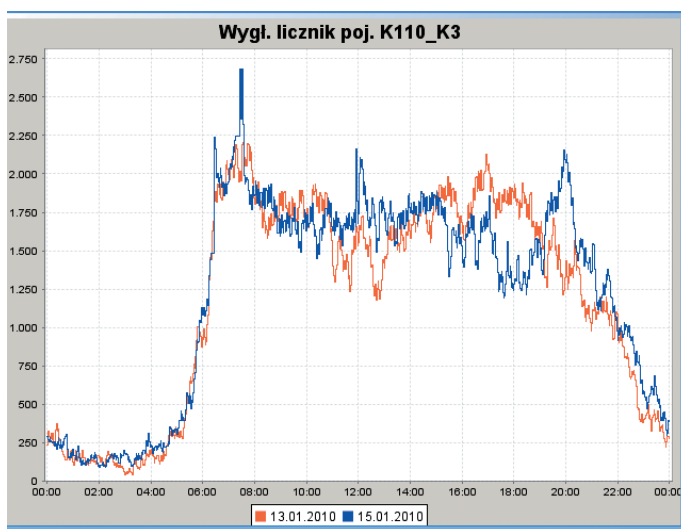
Fot. 2. Pełna kontrola i dostęp do funkcjonowania systemów

Operatorzy i administratorzy systemu mają możliwość prowadzenia wielu operacji kontrolnych bez wyjeżdżania w teren i bezpośredniego podłączania się do infrastruktury na skrzyżowaniach:

- dokonywania przeglądu sieci ruchu z najwyższego poziomu – planu miasta i jego najważniejszych skrzyżowań. Informacja w czasie rzeczywistym;
- dokonywania pomiarów natężenia ruchu w czasie rzeczywistym w obszarach miasta objętych systemem (rys. 4);
- prowadzenia obserwacji pomiaru zatłoczenia i monitorowania miejsc występowania zatorów;
- łatwego budowania strategii i scenariuszy, umożliwiających szybkie reagowanie na sytuacje awaryjne lub inne szczególne zdarzenia drogowe;
- kontrolowania poprawności działania sygnalizacji oraz dokładnej identyfikacji ewentualnej usterki z poziomu Centrum, co znakomicie poprawia bezpieczeństwo ruchu i skraca znacząco czas reakcji na awarie oraz zgłaszane problemy;
- korzystania z wizualizacji programów działających na skrzyżowaniach;
- zdalnego ingerowania w programy sygnalizacji w celu optymalizacji ich działania,

- przeprowadzania symulacji projektowanych zmian i analizy ich ewentualnego wpływu na ruch, bez przeprowadzania testów „na żywym organizmie”.

Pozytywne efekty działania systemu są obecnie łatwo zauważalne w wielu miejscach miasta: w ciągu alei Trzech Wieszców oraz w obszarze ulic Kamińskiego i Wielickiej, gdzie system skutecznie radzi sobie ze wzmożonym natężeniem ruchu związanym z uruchomieniem największego w kraju kompleksu handlowego Bonarka. Natomiast na trasie przejazdu szybkiego tramwaju od pętli Kurdwanów do pętli Krowodrza Górka zostało wykorzystane rozwiązanie z priorytetem dla tramwajów i pojazdów komunikacji publicznej, aby zapewnić jak najlepszą obsługę transportu zbiorowego.



Rys. 4. Przykładowy wykres zmian natężenia ruchu w czasie na jednym ze skrzyżowań

Architektura i elementy systemu zarządzania ruchem Sitraffic

System zarządzania ruchem Sitraffic (Concert/Scala/Guide) ma budowę modułową pozwalającą konfigurować system, który jest „skrojony” dokładnie do wymagań miasta, a jednocześnie łatwy do rozbudowy. Architektura systemu Sitraffic ma postać plastra miodu. Bazą systemu są moduły stanowiące jego jądro:

- Graphic User Interface (GUI) – pomiary ruchu, zarządzanie użytkownikami, raporty i statystyki, komunikaty operacyjne, zarządzanie awariami, mapy GIS,
- moduł związany z zarządzaniem na poziomie strategicznym.

W zależności od konfiguracji systemu do modułów podstawowych dobierane są moduły związane ze sterowaniem ruchem drogowym:

- zarządzania na trasach szybkiego ruchu,
- zarządzania znakami zmiennej treści,
- zarządzania informacją o zdarzeniach, robotach drogowych i imprezach masowych,
- zarządzania systemem telewizji przemysłowej CCTV,
- zarządzania strefami parkingowymi,
- sterowania znakami kierującymi do parkingów.

Całość architektury uzupełniona jest o rozbudowany zbiór interfejsów/ protokołów służących do komunikacji z dowolnymi zewnętrznymi urządzeniami lub systemami. System Sitraffic ma interfejsy do komunikacji z:

- sterownikami OCIT,
- systemami/pojazdami komunikacji zbiorowej – VDV,
- serwisami internetowymi WWW,
- znakami zmiennej treści VMS (Variable Message Signs) – SOAP,
- systemami pomiaru ruchu – TEU (Traffic Eye Universal),
- radarami,
- innymi systemami zewnętrznymi.

Logiczna architektura systemu jest czteropoziomowa. Najniższy poziom stanowią urządzenia, takie jak sterowniki czy stacje pomiarowe, komunikujące się z serwerami komunikacyjnymi (poziom 2) za pomocą protokołu OCIT lub innego protokołu komunikacyjnego. Powyżej serwerów komunikacyjnych znajdują się serwery systemowe – aplikacyjne (jak np. serwer GUI, serwer MOTION). Stanowią one poziom 3. systemu. Najwyższy, 4. poziom systemu stanowią aplikacje klientów systemu zainstalowane na stacjach roboczych.

Wszystkie serwery, oprócz serwerów komunikacyjnych działających pod systemem Linux, pracują w oparciu o system MS Windows 2003 Server oraz bazę danych Oracle. Zastosowanie systemu Windows daje możliwość szerokiego wyboru oprogramowania do administrowania systemem, edycji plików oraz oprogramowania antywirusowego. Oprogramowanie systemowe – aplikacje, interfejs użytkownika, optymalizacja sieciowa, dane konfiguracyjne – działają w oparciu o platformę MS Windows.

Wszystkie stacje robocze systemu pracują w oparciu o system MS Windows XP Professional. Tak samo jak w przypadku serwerów, zastosowanie systemu Windows daje możliwość szerokiego wyboru aplikacji użytkownika (edytory, antywirusy) oraz znacznie ułatwia administrację systemem ze względu na jego powszechną znajomość.

Wykorzystanie światłowodów oraz Ethernetu, jako warstwy transportowej, pozwala na bardzo elastyczne podchodzenie zarówno do struktury, jak i przepływności w sieci. Ponieważ we wszystkich miejscach węzłowych stosowane są przełączniki ethernetowe, zawsze istnieje możliwość dołączenia nowych urządzeń. W przypadku konieczności zwiększenia przepływności na poszczególnych odcinkach sieci można wymienić interfejsy w przełącznikach na inne o większej przepływności lub przełączniki o mniejszej wydajności przenieść w inne miejsca sieci i zastąpić urządzeniami o wyższych poziomach wydajności i przepływności. Można też dodawać nowe węzły agregujące ruch wyposażone w interfejsy o bardzo dużych przepływnościach (1G, 10G). Przełączniki zastosowane w warstwie szkieletowej pozwalają na zarządzanie ruchem, na separowanie i filtrowanie, itp. Daje to bardzo duże możliwości modyfikacji sieci i przepływów, co jest szczególnie przydatne w przypadku awarii.

Korzyści z wdrożenia systemów

Korzyści można oceniać z punktu widzenia użytkowników ruchu oraz operatora systemu.

Korzyści dla użytkowników ruchu:

- zmniejszenie liczby zatrzymań wymuszanych przez sygnalizację,
- zmniejszenie strat czasu przejazdu,
- mniejsze utrudnienia w ruchu,
- szybka reakcja na zmiany w ruchu drogowym.

Korzyści dla operatora systemu:

- planowanie ruchu i zarządzanie nim na poziomie centrum,
- automatyczne generowanie programów sygnalizacji,
- możliwość wyboru strategii sterowania,
- możliwości analizy danych w czasie rzeczywistym,
- w przyszłości możliwość wykorzystania danych generowanych przez system do wizualizacji sytuacji ruchowej na portalu internetowym.

Priorytet dla pojazdów transportu publicznego

Jednym z najważniejszych zadań projektu jest zapewnienie priorytetu dla pojazdów transportu publicznego, zwłaszcza dla szybkiego tramwaju kursującego na linii Kurdwanów – Krowodrza Górka (fot. 3). Tramwaj uzyskuje tam pierwszeństwo przy przejazdach przez skrzyżowania.

Możliwości dalszej optymalizacji w tym zakresie związane są z rozszerzeniem systemu na autobusy, które korzystają z wydzielonego pasa ruchu komunikacji publicznej oraz poruszają się po trasie szybkiego tramwaju.

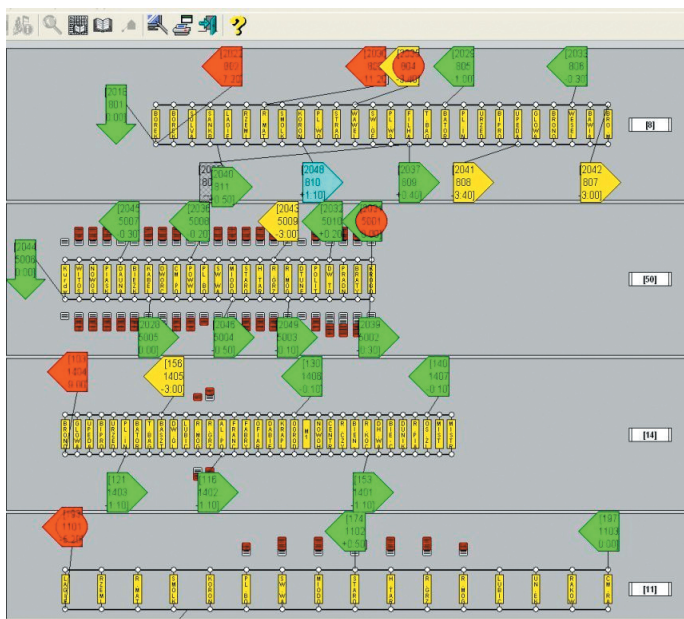
System Nadzoru Ruchu Tramwajowego obejmuje całą sieć tramwajową i wszystkimi pociągami tramwajowymi w mieście. Jest szczególnie dobrze postrzegany przez pasażerów tramwajów, którzy mają do dyspozycji system informacji pasażerskiej, działający z dużą dokładnością w czasie rzeczywistym. Pasażerowie otrzymują informacje za pośrednictwem czterdziestu czterech tablic świetlnych umieszczonych na przystankach linii Szybkiego Tramwaju. Pokazują one w dynamiczny sposób rzeczywiste czasy oczekiwania na poszczególne tramwaje, opierając się na ich rzeczywistej lokalizacji. Zastosowany system łączności, oparty na transmisji GSM/GPRS, pozwala na łatwe rozszerzenie tego



Fot. 3. Monitory systemu nadzoru tunelu krakowskiego Szybkiego Tramwaju

systemu o dalsze tablice informacji pasażerskiej na pozostałych przystankach komunikacji miejskiej.

Cały ruch tramwajowy jest wizualizowany w Centrum Sterowania Ruchem, jak i również w siedzibie MPK (przy ulicy Wawrzyńca 13). Dyspozytorzy ruchu pojazdów w MPK i inspektorzy w ZIKiT mogą obserwować wszystkie linie tramwajowe, nie tylko te w korytarzu szybkiego tramwaju. Każdy ze 196 wozów wyposażonych w komputery pokładowe i system lokacji opartej na GPS jest w czasie rzeczywistym przedstawiony w systemie (rys. 5). Można na przykład od razu zorientować się, które pojazdy tramwajowe jadą zgodnie z rozkładem jazdy (w kolorze zielonym), a które są opóźnione (w kolorze czerwonym).



Rys. 5. Przykładowe odwzorowanie ruchu tramwajów na mieście w danej chwili

Do tramwajów i tablic informacji pasażerskiej można wysłać informacje tekstowe wyświetlane natychmiast w pojazdach oraz na dowolnych przystankach, co daje możliwości szybkiego informowania zarówno motorniczych, jak i pasażerów na przystankach o nadzwyczajnych sytuacjach, o których powinni wiedzieć (np. wypadek drogowy, konieczność objazdu itd.).

Tablice informacji pasażerskiej w sposób przyjazny dla pasażerów informują o czasie oczekiwania na kolejny pojazd (fot. 5, 6)

Podsumowanie

System Zarządzania Ruchem wdrożony w Krakowie jest podstawą realizowanego systemu mającego objąć docelowo swoim zasięgiem całe miasto, dlatego sieć łączności dla celów sterowania ruchem miejskim została zaprojektowana w sposób umożliwiający jej łatwą rozbudowę. Dodatkowo istnieje stosunkowo łatwa możliwość rozszerzenia systemów na kolejne obszary geograficzne, a przede wszystkim funkcjonalne, w obszarach takich jak:

- sterowanie znakami zmiennej treści,
- nadzór i sterowanie strefy płatnego parkowania,
- monitoring telewizji przemysłowej CCTV (kamery),



Fot. 5. Przykładowa tablica informacji pasażerskiej z dokładnym czasem oczekiwania na tramwaj



Fot. 6. Przykładowa tablica informacji pasażerskiej w tunelu tramwajowym

- informacja wyświetlana wewnątrz pojazdu,
- informacja głosowa,
- wykorzystanie danych systemowych dla różnych kanałów informacji (np.: Internet, serwis SMS).

Systemy Obszarowego Sterowania Ruchem oraz System Nadzoru Ruchu Tramwajowego są zbudowane na wzór standardowych rozwiązań w systemach zarządzania ruchem. Rozbudowa systemów jest możliwa zarówno w zakresie terytorialnym, jak i funkcjonalnym. Systemy są rozwiązaniem kompleksowym i stanowią spójną podstawę do budowy systemu zarządzania ruchem dla całego miasta. Zastosowana architektura i standardy pozwalają na wymianę informacji z dowolnym systemem zewnętrznym komunikującym się za pomocą protokołu XML. Wdrożenie omówionych rozwiązań pozwoliło na poprawę sytuacji drogowej w mieście, praktyczne zastosowanie priorytetu dla transportu publicznego. Wdrożone systemy pozwoliły też zarządzającym infrastrukturą komunalną na pozyskanie narzędzia pozwalającego na sprawne planowanie, testowanie i wprowadzanie określonych decyzji w tym obszarze.

Literatura

1. Dokumentacja techniczna systemu UTCS w Krakowie.
2. Dokumentacja techniczna systemu TTSS w Krakowie.
3. *Opisy techniczne Systemu Sitraffic*, www.siemens.com