

Włodzimierz KASPRZAK<sup>1</sup>  
Piotr OLSZEWSKI<sup>2</sup>

# ARCHITEKTURA INFORMATYCZNA SYSTEMÓW ITS

## Streszczenie

Omawiane są zagadnienia architektury systemów ITS (inteligentne systemy transportowe), w szczególności pod kątem wymagań stawianych przez nią systemom teleinformatycznym. Przedstawiono metodykę projektowania systemów ITS zwaną KAREN/FRAME i zastosowano ją podczas projektowania systemu zarządzania ruchem drogowym w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych. Jako przykłady stosowania systemów informatycznych w ITS przedstawiono systemy zarządzania ruchem na drogach i w ruchu miejskim oraz środki telematyki stosowane w „inteligentnym” pojeździe.

## Abstract

The architecture of ITS systems (intelligent transport systems) is discussed, especially the requirements posed by it onto communication and information systems. An ITS system design methodology, called KAREN/FRAME, is presented and applied for the design of a road traffic management system in the Warsaw node of national roads. Examples of information systems required in ITS are given: road and urban traffic management systems and tools of telematics implemented in a “smart” vehicle.

## 1 WPROWADZENIE

**ITS** (ang. *Intelligent Transport System*), czyli inteligentne systemy transportowe, to dziedzina zajmująca się wykorzystaniem środków telematyki do poprawy podróży i transportu towarów [Frame 2004], [MI 2005]. **Architektura ITS** oznacza podejście systemowe do problematyki ITS [Olszewski 2008], [Krukowski 2007, 2009], co: 1) pozwala na planowanie integracji systemów ITS, 2) umożliwia różne wdrożenia tej samej usługi, w tym przez różnych dostawców; i 3) wymusza zdolność współpracy urządzeń różnych dostawców.

<sup>1</sup> Dr hab. inż. Włodzimierz Kasprzak jest profesorem w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej.

<sup>2</sup> Dr hab. inż. Piotr Olszewski jest profesorem w Instytucie Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej.

Typowe grupy zagadnień składających się na system ITS to:

1. Zarządzanie ruchem (SZR)
2. Elektroniczny pobór opłat
- 3. Usługi informacyjne dla podróżnych**
4. Bezpieczeństwo, ratownictwo i zarządzanie kryzysowe
5. Wsparcie w zakresie egzekwowania prawa
6. Zarządzanie utrzymaniem/eksploatacją infrastruktury
- 7. Zarządzanie danymi i telekomunikacja.**

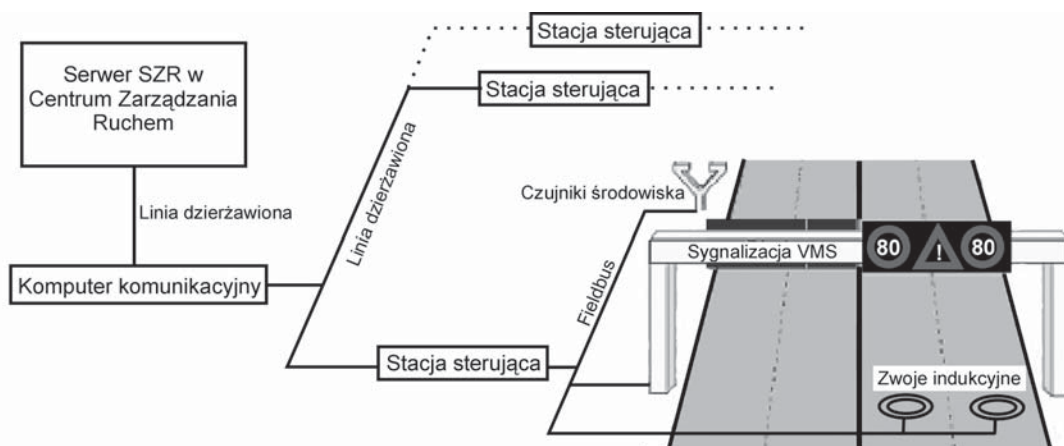
Systemy informatyczne są powszechnie stosowane w ITS, w szczególności do realizacji w praktyce powyższych zagadnień – trzeciego (znaki informacyjne zmiennej treści [VMS 2009]) i – siódmego (standard udostępniania danych zewnętrznym aplikacjom [Datex 2006]), oraz w urządzeniach telematyki stosowanych w pojazdach [Krukowski 2009].

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane aspekty projektowania architektury systemu ITS. W rozdziale 2 przedstawiono typową architekturę logiczną systemu zarządzania ruchem drogowym. W rozdziale 3 omówiono europejską metodykę projektowania systemów ITS. W rozdziale 4 skupiono się na środkach telematyki stosowanych w nowoczesnych pojazdach.

## 2 SYSTEM ZARZĄDZANIA RUCHEM

### 2.1 Przykład SZR dla autostrad i dróg ekspresowych

Typowy system zarządzania ruchem (SZR) na drogach ekspresowych i autostradach obejmuje następujące komponenty informatyczne, które można wyróżnić



Rys. 2.1. Przykład struktury informatycznej SZR dla autostrad

zarówno na poziomie logicznym jak i w fizycznej implementacji (rys. 2.1) [Siemens 2008]:

1. serwery i terminale w Centrum Zarządzania Ruchem;
2. komputery komunikacyjne;
3. centrale (stacje) zewnętrzna;
4. terminale danych – czujniki i efektory.

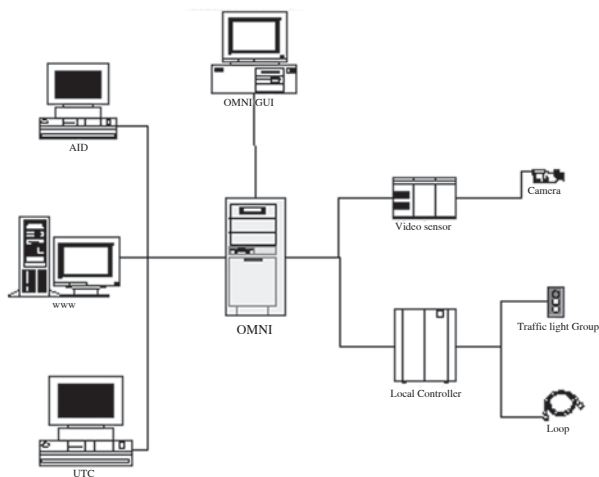
## 2.2 System SZR w mieście

Strukturę informatyczną wczesnego (początek lat 2000) systemu zarządzania ruchem w mieście ilustruje rys. 2.2 [OMNI 2000]. Główny element tego systemu stanowi centralny komputer rejestrujący wszystkie zasoby SZR, komunikujący się ze sterownikami zewnętrznymi i terminalami danych w trybach zbierania danych i wysyłania sterowań, oraz udostępniający swoje zasoby i zebrane dane różnym aplikacjom.

Podstawowe aplikacje w systemie SZR to:

- AID – wykrywanie wypadków i sytuacji nadzwyczajnych,
- WWW -informacja o ruchu na bieżąco udostępniana podróżnym,
- UTC – właściwa aplikacja SZR ustawiająca tryby sterowania światłami na skrzyżowaniach.

Reprezentowane w systemie OMNI zasoby zewnętrzne (znajdujące się na skrzyżowaniu ulic) przypisane są do odpowiednich obszarów ulic. Wyróżniono czujniki



Rys. 2.2. Przykład struktury SZR w ruchu miejskim: (od lewej) aplikacje, centralny serwer (OMNI), sterowniki, czujniki i efektory [OMNI 2000]

odpowiadające za zliczanie pojazdów (tzw. *gate sensor*), pomiar długości kolejki pasa ruchu (tzw. *lane sensor*) i nadzór wyróżnionego obszaru (np. przystanku) (tzw. *zone sensor*). Do pomiaru natężenia ruchu typowe jest stosowanie czujnik indukcyjnych, wbudowanych w jezdnię. Nowoczesne i elastyczne metody pomiaru polegają m.in. na korzystaniu z analizy obrazu pochodzącego z kamer. Przykład takiego rozwiązania pokazano na rys. 2.3 [Kasprzak 2005]. Zmiana koloru „bramki” z niebieskiego na zielony to wykrycie i rejestracja kolejnego pojazdu dla danego pasa ruchu. Zmiana koloru linii w środku pasa ruchu z czerwonego na żółty oznacza wykrycie kolejki i pomiar aktualnej długości kolejki pojazdów.



Rys. 2.3. Analiza obrazu z kamery na potrzeby pomiaru natężenia ruchu i określania długości kolejki

### 3 METODYKA PROJEKTOWA FRAME

#### 3.1 Prace nad architekturą ITS w Europie

Pierwsza faza prac nad założeniami architektury ITS w Europie obejmuje lata 1989-1994 i dotyczy tzw. projektów „Drive I”: SECFO (1989-92) i CORD (1992-94). Efektem drugiej fazy (1994-1998) w projektach SATIN i CONVERGE było określenie wymagań i założeń architektury ITS – identyfikacja najlepszych praktyk i propozycja metodologii.

Od 1998 r. ma miejsce tworzenie europejskiej architektury ramowej ITS, w efekcie rekomendacji złożonej przez „European High Level Group on road transport telematics” i zatwierdzonej przez Europejską Radę Ministrów. Tę trzecią fazę prac rozpoczęto projektem Unii Europejskiej o nazwie KAREN (1998-2000) i kontynuowano w projektach o zbiorczej nazwie FRAME (2001-2004). Obecnie te prace kontynuowane są przez projekty E-FRAME, Frame Forum i projekty regionalnych i narodowych architektur ITS w wielu krajach Europy. Np. projekt CONNECT jest jednym z siedmiu projektów euro-regionalnych realizowanych w ramach programu Komisji Europejskiej o nazwie TEMPO i dotyczy koordynacji wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych w ośmiu krajach Europy Środkowo-Wschodniej (Austrii, Czech, Niemiec, Węgier, Włoch, Polski, Słowacji i Słowenii) w celu zharmonizowania systemów ITS.

#### 3.2 Przykład zastosowania metodyki FRAME

W metodologii projektowania systemów ITS opracowanej w projektach europejskich KAREN/FRAME wyróżniamy cztery główne kroki [Frame 2004]:

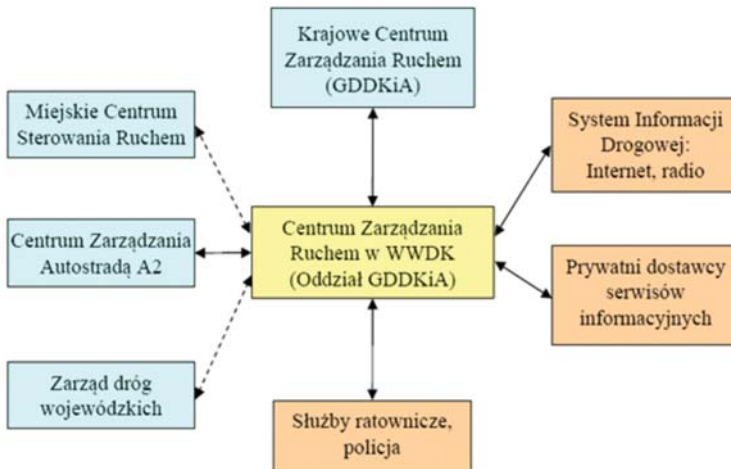
1. określenie wymagań użytkowników;
2. określenie architektury funkcjonalnej systemu, polegające na dopasowaniu do wymagań użytkownika możliwych funkcji ich realizacji i przepływów pomiędzy nimi;
3. określenie architektury fizycznej, polegające na zdefiniowaniu podsystemów i modułów oraz ich lokalizacji i przepływów pomiędzy nimi;
4. określenie architektury systemu łączności, czyli środków wymiany informacji pomiędzy różnymi częściami Systemu ZR oraz podmiotami zewnętrznymi.

Zasadnicze grupy wymagań użytkownika wobec pełnego systemu ITS ilustruje rys. 3.1. W dalszej części skupimy się na projekcie architektury ITS dla wybranego systemu zarządzania ruchem (SZR) w warszawskim węźle dróg krajowych (WWDK).



Rys. 3.1. Zasadnicze grupy wymagań użytkownika wyróżniane we FRAME (wg. [Frame 2004]).

W pierwszej fazie najpierw zidentyfikowaliśmy użytkowników instytucjonalnych projektowanego systemu ZR w WWDK (rys. 3.2). To pozwoliło nam wybrać z listy 420 możliwych wymagań użytkownika (ang. *user needs*), dostępnych w modelu FRAME, 78 pozycji, które należą do 9 grup. Większość wybranych grup wymagań użytkownika dotyczy bezpośrednio zarządzania ruchem (rys. 3.3): pięć grup ma związek z monitorowaniem warunków ruchu, trzy z dostarczaniem informacji a jedna dotyczy sytuacji kryzysowych.



Rys. 3.2. Powiązania instytucjonalne użytkowników systemu SZR w WWDK

Id	Grupa wymagań
2.1.1	System będzie pozyskiwać informacje o warunkach ruchu
2.1.2	System będzie wspierać planowanie transportu
2.1.3	System umożliwi ocenę strategii zarządzania ruchem
2.1.4	System będzie zbierać i archiwizować dane o ruchu na sieci
2.2.2	System będzie monitorować stan tuneli
5.1.0	System umożliwi pozyskiwanie zgłoszeń alarmowych
6.1.2	System będzie dostarczać informacje o warunkach ruchu
6.2.2	System będzie dostarczać operatorowi informacje o stanie sieci drogowej
6.2.3	System będzie dostarczać kierowcom informacje przy pomocy VMS
7.1.0	System będzie wspierać dynamiczne zarządzanie ruchem na sieci (strategie, plany operacyjne, wymiana informacji)
7.1.1	System będzie monitorować sieć, warunki ruchu, warunki pogodowe i środowiskowe
7.1.10	System umożliwi zarządzanie ruchem na pasach
7.1.2	System będzie wykonywać prognozy ruchu i prognozy warunków środowiskowych
7.1.3	System umożliwi operatorowi centrum ZR sterowanie ruchem przy pomocy sygnalizacji, VMS, itd.
7.1.4	System umożliwi stosowanie dozowania ruchu, kontroli dostępu i uprzywilejowania pewnych kategorii użytkowników
7.1.5	System umożliwi zarządzanie ruchem w sytuacjach wyjątkowych (roboty, wypadki, imprezy)
7.1.6	System umożliwi wykonywanie prognoz rozkładu ruchu na sieć
7.1.7	System umożliwi sterowanie prędkością
7.2.0	System umożliwi wykrywanie i weryfikację zdarzeń oraz będzie wspierać strategie operacyjne odpowiednie do zdarzenia
7.2.2	System będzie zbierać dane o zdarzeniach i dostarczać informacje kierowcom
7.2.3	System będzie prowadzić statystykę zdarzeń
7.2.4	System umożliwi minimalizację skutków zdarzeń
7.2.5	System umożliwi wykrywanie zagrożeń (np. gołoledzi)

Rys. 3.3. Ilustracja listy wymagań użytkownika.

### 3.3 Architektura funkcjonalna

W skład architektury funkcjonalnej w metodyce FRAME wchodzi (definiowane po kolei) następujące elementy:

1. grupy funkcji i funkcje;
2. przepływy danych;
3. terminatory (aktorzy);
4. bazy danych i repozytoria.

Najpierw wyznaczono **funkcje** służące do realizacji wybranych wymagań użytkownika. We FRAME wyróżnia się zasadniczo 8 **grup funkcji**: elektroniczny pobór opłat, zarządzanie kryzysowe i bezpieczeństwo ruchu, zarządzanie ruchem, zarządzanie transportem publicznym, zaawansowane systemy wspomaganie kierowcy,

systemy informacyjne dla podróźnych, wsparcie służb nadzoru i egzekwowania prawa, zarządzanie flotą w transporcie towarowym.

Spośród nich na potrzeby projektowanego systemu wybrano 28 funkcji należących do pięciu grup funkcjonalnych. W ramach każdej grupy funkcji wyróżniane są podgrupy i funkcje. Przykład wybranych funkcji i ich przynależność do grup funkcji pokazano na rys. 3.4.

Po określeniu i weryfikacji kompletności zbioru funkcji, program „FRAME Selection Tool” wygenerował automatycznie 117 **funkcjonalnych przepływów danych** wymaganych do realizacji wybranych funkcji.

Id	Grupa funkcji	Id	Funkcja szczegółowa
2.1	Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych	2.1.1	Pozyskiwanie zgłoszeń alarmowych
3.1.2	Świadczenie zarządzania ruchem na drogach krajowych	3.1.2.1	Zbieranie danych o ruchu
		3.1.2.2	Zbieranie danych o parkowaniu
		3.1.2.3	Przygotowanie prognoz ruchu i strategii operacyjnych
		3.1.2.4	Zarządzanie danymi o ruchu
		3.1.2.5.1	Świadczenie bieżącego zarządzania ruchem
		3.1.2.5.2	Świadczenie planowego zarządzania ruchem
		3.1.2.5.3	Określanie stanu napełnienia parkingów
		3.1.2.5.4	Świadczenie sterowania prędkością
		3.1.2.5.5	Dostarczanie sygnałów i informacji
		3.1.2.5.6	Świadczenie sterowania pasami
3.1.2.5.7	Interfejs operatora w zarządzaniu ruchem		
3.1.2.5.8	Wykrywanie wykroczeń drogowych		
3.1.2.5.9	Zarządzanie danymi o sieci drogowej		
3.1.3	Świadczenie	3.1.3.2	Ocena warunków i stanu tuneli

Rys. 3.4. Ilustracja wybranych funkcji i grup funkcji dla systemu SZR w WWDK

**Powiązania zewnętrzne** systemu wyrażone są poprzez pojęcia terminator i aktor. **Terminator (aktor)** – podmiot będący częścią świata zewnętrznego względem systemu, wymieniający dane z systemem. **Aktor** jest pojęciem bardziej szczegółowym niż terminator (rys. 3.5).

W kolejnym kroku dokonano wyboru **baz danych** potrzebnych do obsługi wybranych funkcji spośród możliwych 33 baz danych. W naszym przypadku potrzebne są następujące cztery bazy danych/repozytoria:

- baza danych (repozytorium) o ruchu na drogach krajowych;
- baza danych (repozytorium) o warunkach środowiskowych;
- baza danych (repozytorium) o zdarzeniach;
- baza danych o sieci drogowej.



Id	Nazwa terminatora	Nazwa aktora	Opis
ruc	Ruch		Ruch kołowy na drogach objętych ZR
poj	Pojazd		Pojazdy wyposażone w moduły łączności
kie	Kierowca		Kierowcy pojazdów poruszających się na drogach objętych systemem ZR
inu	Inny użytkownik		Użytkownicy dróg inni niż kierowcy: piesi, rowerzyści, pasażerowie komunikacji zbiorowej
sro	Środowisko		Środowisko otaczające układ drogowy. Atrybutami środowiska są warunki pogodowe, zanieczyszczenie powietrza i poziom hałasu
int	Infrastruktura tunelu		Budowla tuneli i warunki panujące w tunelu
isz	Inny system ZR		Inne centra ZR, w szczególności Centrum Krajowe, centrum miejskie, itd.
plt	Planista transportu		Organizacje zaangażowane w planowanie transportu
slm	Służba meteorologiczna		Służba meteorologiczna
ops	Operator	Operator SZR	Operator Centrum ZR

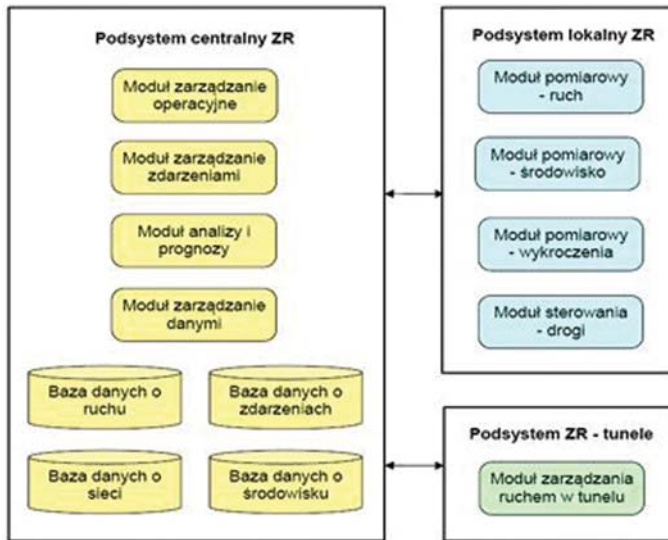
Rys. 3.5. Ilustracja wybranych powiązań zewnętrznych dla systemu SZR w WWDK

### 3.4 Architektura fizyczna

W fazie określenia architektury fizycznej (poprawniej byłoby mówić o strukturze organizacyjnej systemu) następuje przyporządkowanie funkcji do różnych jednostek organizacyjnych. Jednostkami organizacyjnymi mogą być **podsystemy**, które z kolei można podzielić na **moduły** i **bazy danych**. Po wstępnej analizie różnych wariantów zaproponowano podział systemu ZR w WWDK na trzy podsystemy, dziewięć modułów i 4 bazy danych (rys. 3.6):

1. Centralny podsystem ZR (zawiera 4 moduły i 4 bazy danych),
2. Lokalny podsystem ZR (zawiera 4 moduły),
3. Podsystem ZR – tunele (1 moduł).

Podsystem centralny zarządzania ruchem zlokalizowany jest fizycznie w Centrum ZR i zakres jego działania pokrywa się z działaniem Centrum. Podsystem centralny zapewnia podstawowe funkcje zarządzania ruchem na sieci drogowej: monitorowanie warunków ruchu i warunków środowiskowych oraz wybór odpowiedniej strategii operacyjnej i jej wprowadzanie w życie poprzez sterowanie sygnalizacją, znakami zmiennej treści i przekazywanie informacji kierowcom. Podsystem centralny zapewnia też połączenia między systemem ZR dla WWDK a innymi systemami ZR w celu koordynacji zarządzania ruchem na sąsiadujących obszarach.



Rys. 3.6. Ilustracja architektury fizycznej dla systemu SZR w WWDK

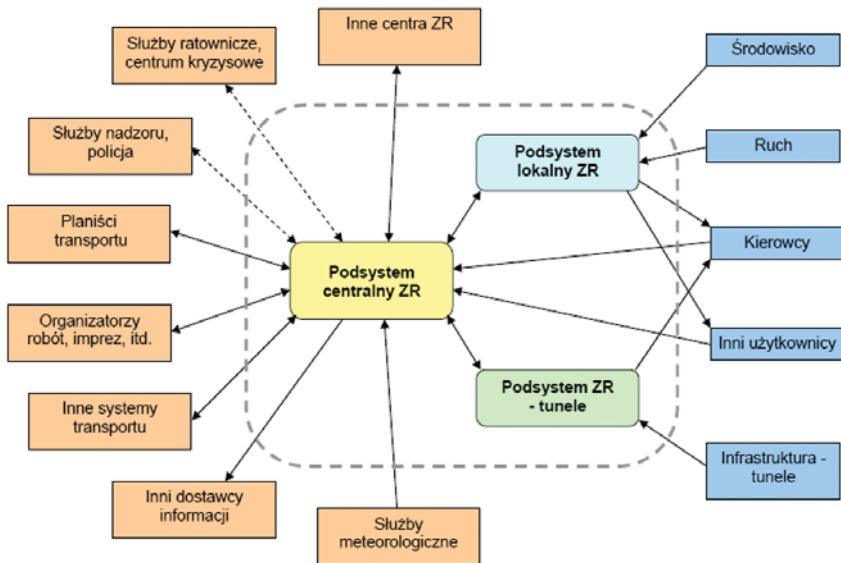
Podsystem lokalny zarządzania ruchem obejmuje wszystkie urządzenia zlokalizowane w pasie drogowym: stacje pomiaru ruchu, stacje pogodowe, kamery przemysłowe, stacje ważenia pojazdów, urządzenia sygnalizacji świetlnej, znaki i tablice zmiennej treści, itp. Podsystem ten jest rozproszony to znaczy jego elementy znajdują się na całym obszarze WWDK objętym zarządzaniem ruchem.

Ostatni z podsystemów dotyczy tuneli. Jest on także zlokalizowany w terenie, jednakże ze względu na specyfikę tuneli są one potraktowane odrębnie. Zarządzanie ruchem w tunelu jest ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa ponieważ w sytuacjach awaryjnych tunel może stać się potencjalną pułapką ze względu na ograniczone możliwości ewakuacji.

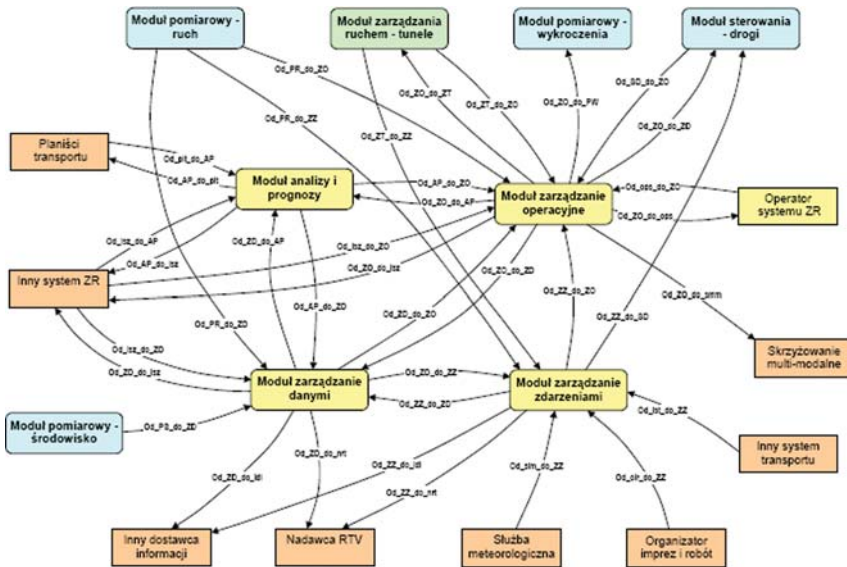
Górny rysunek pokazuje odwołania pomiędzy dwiema „funkcjami” a rysunek dolny – pomiędzy „terminatorem” a „funkcją”.

Diagram kontekstowy pozwala pokazać ogólne powiązania podsystemów z zewnętrznymi terminatorami (rys. 3.7). Przepływom funkcjonalnym pomiędzy funkcjami systemu (w architekturze funkcjonalnej) odpowiadają przepływy fizyczne pomiędzy modułami w architekturze fizycznej. Wybrane fizyczne przepływy danych pomiędzy modułami i pomiędzy modułami a terminatorami pokazano na rys. 3.8.

Jak można zauważyć KAREN/FRAME posługuje się strukturalną metodyką projektową. Można jednak stosunkowo łatwo odwzorować proponowaną strukturę systemu na projekt zorientowany obiektowo, co jest zgodne z normą ISO/TR 14813. W modelu obiektowym działanie systemu przedstawione zostało w postaci

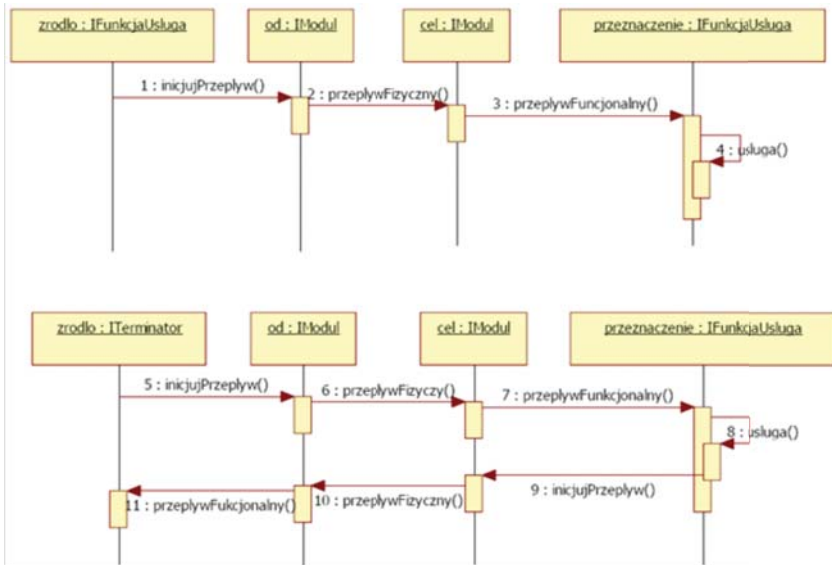


Rys. 3.7. Diagram kontekstowy dla projektowanego SZR

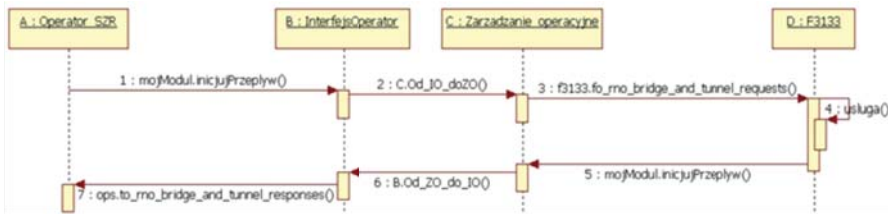


Rys. 3.8. Tzw. fizyczne przepływy danych pomiędzy modułami i terminatorami w projektowanym SZR

sieci komunikujących się ze sobą obiektów. Zasadnicze odwołania pomiędzy dwoma obiektami reprezentującymi „właściwe” funkcje lub pomiędzy „terminatorem” a „funkcją” przedstawiono na diagramie sekwencji na rys. 3.9. Konkretny przykład miejsca i roli przepływu funkcjonalnego i fizycznego zawiera rys. 3.10.



Rys. 3.9. Diagram sekwencji przedstawia wykonanie operacji w systemie SZR – składają się na niego: przepływ fizyczny, przepływ funkcjonalny i operacja (usługa)



Rys. 3.10. Przykład diagramu sekwencji dla zapytania przez operatora SZR o stan tuneli i odpowiedzi modułu zarządzania operacyjnego

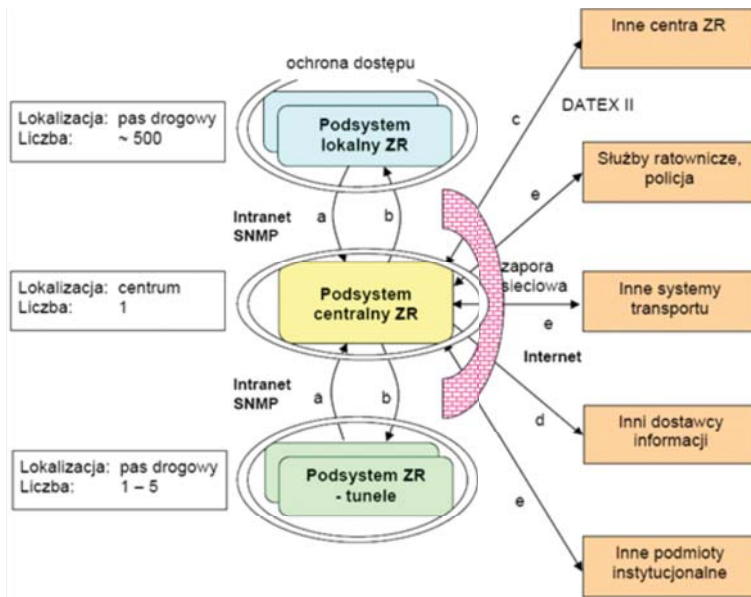
### 3.5 Architektura łączności

Architektura łączności (ang. *communications architecture*) to zespół środków umożliwiających wymianę informacji pomiędzy różnymi częściami Systemu ZR oraz podmiotami zewnętrznymi. Przy określaniu wymagań dla systemu łączności rozważymy dwa aspekty:

- Po pierwsze, kanały łączności powinny zapewnić odpowiednią szybkość, przepustowość i koszt transmisji. Prowadzi to do sformułowania wymagań funkcjonalnych i technicznych.
- Po drugie, należy zapewnić to, że informacja będzie przesyłana bez zniekształceń i że będzie właściwie zrozumiana. Ten aspekt dotyczy sprawy zabezpieczeń systemu łączności oraz protokołów transmisji.

Przy analizie wymagań systemu łączności rozróżniamy następujące rodzaje połączeń o różnej charakterystyce przepływu informacji (rys. 3.11):

- połączenia między Centrum (podsystem centralny ZR) a urządzeniami w terenie (podsystem lokalny ZR i podsystem ZR tunele) – dla obsługi tych połączeń proponujemy sieć wewnętrzną (Intranet) opartą o dedykowane łącza dużej przepustowości oraz system monitoringu funkcjonowania urządzeń;
- połączenia między Centrum (podsystem centralny ZR) a innymi centrami ZR (Centrum Krajowe ZR, miejskie Centrum w Warszawie, Centrum ZR Autostrady A2) – dla obsługi tych transmisji proponujemy łącza dedykowane i wykorzystanie protokołu DATEX II do kodowania informacji o warunkach ruchu na sieci;
- połączenia między Centrum (podsystem centralny ZR) a innymi dostawcami informacji dla kierowców oraz pozostałymi podmiotami instytucjonalnymi – dla obsługi tych połączeń możliwe jest wykorzystanie Internetu, jednakże z zapewnieniem alternatywnych awaryjnych kanałów łączności.



Rys. 3.11. Architektura łączności w systemie SZR

Podczas projektowania systemu teleinformatycznego musimy spełnić podstawowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa systemu oraz bezpieczeństwa wymiany informacji. Niezbędne jest opracowanie polityki bezpieczeństwa informacji dla systemu ZR według zaleceń normy PN-I-13335. Ze względu na różnorodność zagrożeń

oraz strategiczne znaczenie prawidłowości funkcjonowania zarządzania ruchem, system powinien posiadać klasę bezpieczeństwa co najmniej EAL3 (według ISO15408 – EAL v.2). Sieć wewnętrzna powinna posiadać odpowiednie zabezpieczenia fizyczne, natomiast połączenia zewnętrzne powinny być chronione przy pomocy zapory sieciowej (ang. *firewall*). Ponadto dostęp użytkownika do zasobów systemu komputerowego – systemu operacyjnego i programów usługowych, stacji roboczych i urządzeń lokalnych oraz do danych – powinien być zabezpieczony przez zastosowanie metod autoryzacji, kontroli dostępu i uwierzytelniania.

## 4 TELEMATYKA W POJEŹDZIE

### 4.1 Funkcje

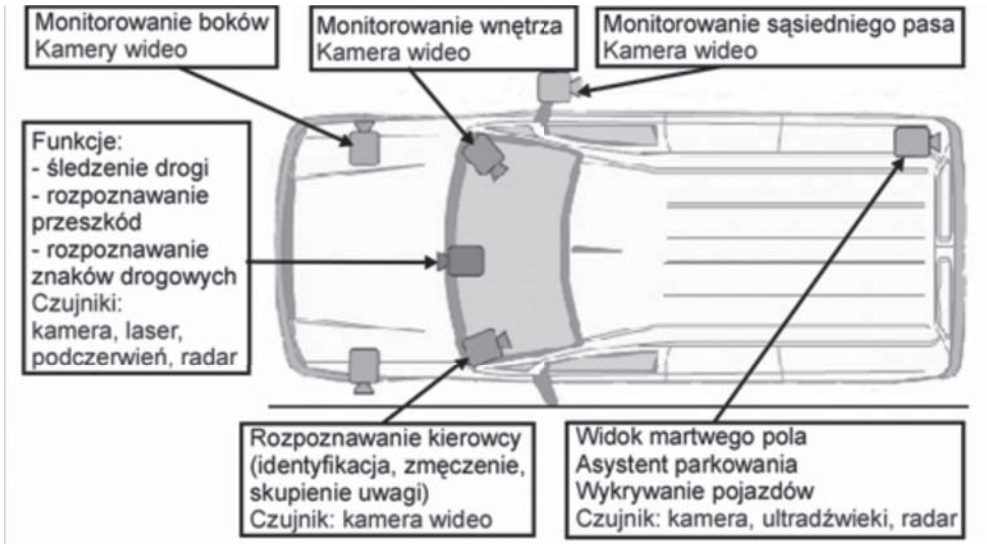
Zasadnicze funkcje systemów telematyki w pojeździe dotyczą:

1. poboru opłat za przejazd,
2. lokalizacji GPS i nawigacji,
3. komunikacji GPRS,
4. odgrywania roli asystenta kierowcy w bezpiecznym sterowaniu pojazdem [Broggi 2008].

Szczególnie ten ostatni zbiór funkcji zasługuje na naszą uwagę. Według WHO rocznie w wypadkach drogowych ginie 1,2 mln osób a ok. 40 mln zostaje rannych. Przyczyną 90% wypadków są błędy człowieka, w tym znaczna część dotyczy kierowcy pojazdu. Dlatego też coraz większe znaczenie zyskują urządzenia zwiększające bezpieczeństwa podróży. Badania naukowe stosowane nad systemami autonomicznego sterowania pojazdem w ruchu na drogach prowadzone były w wysoko rozwiniętych krajach w latach 1985-1995, np. [Thorpe 1990], [Kasprzak 1998]. Faza prototypów przemysłowych obejmuje okres lat 1996 – 2005. Od ok. 2006 r. mam już do czynienia z wdrożeniami do produkcji seryjnej.

### 4.2 Asystent kierowcy

Obecnie w pojeździe drogowym może występować wiele czujników (rys. 4.1), np. kamery wideo do sterowania torem ruchu, obserwowania otoczenia pojazdu a także obserwowania stanu zmęczenia kierowcy, skaner laserowy do pomiaru odległości od przeszkód, czujniki podczerwieni do pomiaru odległości na krótki dystans jako pomoc w parkowaniu, radar do pomiaru odległości w średnim i długim dystansie, ułatwiający jazdę w kolumnach.



Rys.4.1. Czujniki w pojeździe i ich rola w systemie asystenta kierowcy (według [Broggi 2008])

## 5 PODSUMOWANIE

O ITS należy myśleć i je planować już wtedy, gdy rozbudowujemy infrastrukturę drogową. ITS optymalizuje wykorzystanie istniejącej infrastruktury, zwiększa bezpieczeństwo ruchu i wygodę podróży, umożliwia szybkie powiadamianie o sytuacjach nadzwyczajnych – jednak ITS NIE zastąpi BRAKU infrastruktury komunikacyjnej. Np. planowanie tras zastępczych wymaga, aby takie trasy istniały; buspasy są dobre, gdy jest wystarczająco dużo autobusów i osób korzystających z nich, itp. W Polsce jak dotąd rozwój ITS jest chaotyczny – od miasta do miasta, od dysponenta do dysponenta. Potrzebna jest krajowa architektura ITS pozwalająca na systemowe i jednolite podejście do projektowania takich systemów i na łatwą integrację elementów pochodzących od różnych producentów.

### Literatura

- [MI 2005] R. Krystek, J. Pasek, W. Suchorzewski (red.): *Polityka Transportowa Państwa na lata 2006-2025*, Ministerstwo Infrastruktury, 2005.
- [Frame 2004] *FRAME – European ITS Framework Architecture: Planning an Intelligent Transport System*. A Guide to transport System Architecture, April 2004. [www.frame-online.net](http://www.frame-online.net)
- [Datex 2006] – : *DATEX II VI.0 USER GUIDE*, Document version: 1.0, 22 December 2006. European Commission, Directorate General for Transport and Energy. <http://datex2.eu>
- [VMS 2006] María Teresa Blanch Micó, Antonio Lucas Alba and Carla Messina: *ES4-Mare Nostrum: The Working Book, 2nd edition*, Dirección General de Tráfico, Madrid, 2009.

5. [Krukowski 2007] Piotr Krukowski, Marek Litwin, Piotr Olszewski, Wojciech Suchorzewski: *Założenia systemu zarządzania ruchem na drogach krajowych*. Raport dla GDDKiA, Suchorzewski Konsulting, Warszawa, 2007.
6. [Krukowski 2009] Piotr Krukowski: *Rozwój systemów ITS w Polsce*. Prezentacja niepublikowana, Warszawa 2009.
7. [Siemens 2008] -: SST4. *Control of traffic management systems*. Siemens AG, Industry Sector, Munich, 2008.
8. [Kasprzak 2005] W. Kasprzak, M. Jankowski: *Implementacja czujnika wizyjnego w systemie sterowania ruchem drogowym*. Postępy Robotyki. Sterowanie robotów z percepcją otoczenia. WKiŁ, Warszawa, 2005, 73-82.
9. [Olszewski 2008] Piotr Olszewski, Włodzimierz Kasprzak: *Koncepcja monitoringu i zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych*. Raport na zlecenie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, Transplan Konsulting, Warszawa, 2008.
10. [OMNI 2002] OMNI consortium: *Open Model for Network-Wide-Heterogeneous Intersection-Based Transport Management*, Final Report, European Project OMNI IST 11250 – March 2002.
11. [Thorpe 1990] Ch. E. Thorpe (ed.): *Vision and Navigation. The Carnegie Mellon Navlab*. Kluwer Academic Publ. Dordrecht 1990.
12. [Kasprzak 1998] W. Kasprzak, H. Niemann: *Adaptive Road Recognition and Egostate Tracking in the Presence of Obstacles*, International Journal of Computer Vision, Kluwer Academic Publ., vol. 28 (1998), No. 1, 6-27.
13. [Broggi 2008] A. Broggi, A. Zelinsky, M. Parent, Ch.E. Thorpe: *Intelligent Vehicles*, [In: B.Siciliano, O.Khatib: Springer Handbook of Robotics, Springer, 2008], 1175-1198.