

# Architektura informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy<sup>1</sup>

**JAN ALEKSANDROWICZ**

mgr inż., Politechnika Krakowska,  
Wydział Inżynierii Lądowej, 31-155  
Kraków, ul. Warszawska 24, e-mail:  
jaleksandrowicz@pk.edu.pl

**MACIEJ PIWOWARCZYK**

mgr inż., Politechnika Krakowska,  
Wydział Inżynierii Lądowej, 31-155  
Kraków, ul. Warszawska 24, e-mail:  
mpiwowarczyk@pk.edu.pl

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia architekturę systemu informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego, stworzoną w oparciu o metodologię FRAME. Podczas tworzenia architektury logicznej wykazano, że dostępne elementy architektury FRAME nie obejmują koncepcyjnie realizacji zadań powierzonych projektowanemu systemowi. W celu utworzenia architektury zaproponowano dodanie nowych potrzeb użytkownika, funkcji i przepływów. Artykuł przedstawia wszystkie elementy zaprojektowanej architektury. Dodatkowo zostały w nim zaprezentowane sposoby realizacji architektury w formie architektury fizycznej i organizacyjnej.

**Słowa kluczowe:** priorytet transportu zbiorowego, informacja dla kierowców, interfejs człowiek-maszyna

## Wprowadzenie

Stosowanie priorytetów na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną dla pojazdów transportu zbiorowego wiąże się z pewnymi utrudnieniami dla innych użytkowników ruchu. Dodatkowo priorytetowy sygnał umożliwiający przejazd pojazdom transportu zbiorowego przez skrzyżowanie jest nadawany tylko na określony czas, stąd w przypadku zbyt wolnej jazdy pojazdu, nie będzie on w stanie zdążyć na swoją fazę (która i tak zostanie wydłużona do maksimum, przez co będzie zwiększać utrudnienia dla pojazdów indywidualnych). W przypadku zbyt szybkiej jazdy może dojść do wymuszenia zatrzymania spowodowanego nieprzygotowaniem przez system sterowania ruchem fazy priorytetowej na czas.

Podstawowym celem artykułu jest przedstawienie zastosowania architektury FRAME do stworzenia architektury informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego w miastach. Informacja ta umożliwiłaby odpowiednie dostosowanie prędkości pojazdu do programu sygnalizacyjnego, przez co można by osiągnąć pewne korzyści (zarówno dla transportu zbiorowego, jak i pojazdów indywidualnych).

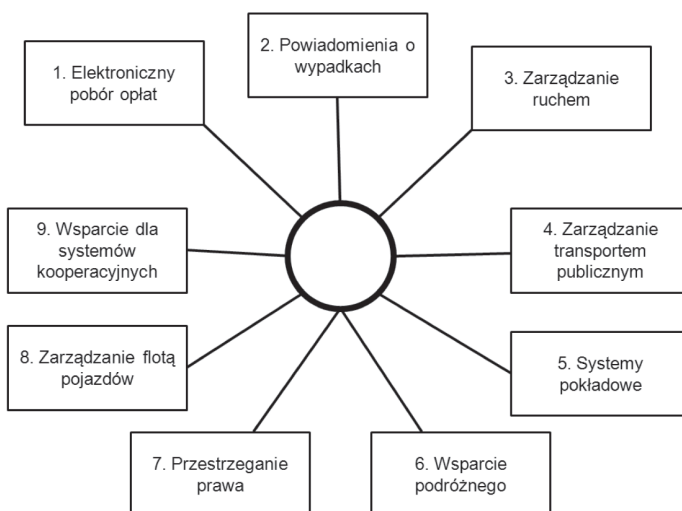
## Architektura FRAME

Architektura FRAME jest Europejską Ramową Architekturą ITS, będącą rezultatem projektu KAREN (zrealizowanego w roku 2000 w ramach V Programu Ramowego Komisji Europejskiej). Stosowanie architektury FRAME umożliwia systematyczne planowanie aplikacji inteligentnych systemów transportowych (ITS) i zapewnia kompatybilność rozwiązań tworzonych wedle tej metody. Od momentu

stworzenia architektury została ona wykorzystana z sukcesem w 9 krajach Unii Europejskiej (m.in. Austrii, Francji czy Finlandii). W Polsce największym projektem ITS wykonanym z wykorzystaniem metodologii FRAME jest krajowy System Zarządzania Ruchem na Drogach Krajowych (SZREK). [1]

Tworzenie architektury aplikacji w metodologii FRAME należy zacząć od określenia potrzeb użytkownika, jakie musi spełniać tworzona aplikacja. Następnie poprzez wybór funkcji zaspokajających wszystkie wybrane potrzeby, wybór przepływów, wykorzystywanych baz danych i aktorów systemu, możliwe jest utworzenie architektury logicznej systemu.

Kolejnym krokiem jest utworzenie architektury fizycznej, w której do stworzonych podsystemów i modułów są przypisywane wcześniej określone elementy architektury logicznej. Dzięki temu tworzona aplikacja będzie w pełni kompatybilna ze wszystkimi innymi systemami ITS tworzonymi zgodnie z metodologią FRAME. Przy tworzeniu obu architektur możliwe jest wykorzystanie dedykowanego do tych celów narzędzia FRAME Selection Tool. Ostatnią tworzoną architekturą według metodologii FRAME jest architektura komunikacyjna, która przedstawia wymagane połączenia między umiejscowieniem elementów opisanych w architekturze fizycznej. Obszary zastosowań metodologii FRAME zostały przedstawione na rysunku 1. [2]



Rys. 1. Obszary zastosowań metodologii FRAME

Źródło: opracowanie własne na podstawie: The FRAME Architecture and The ITS Action Plan

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2016. Wkład autorów w publikację: J. Aleksandrowicz 50%, M. Piwowarczyk 50%.

## Założenia dla projektowanego systemu

System informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego byłby w pełni automatyczną aplikacją ITS umożliwiającą zarówno sugerowanie prowadzącym, z jaką prędkością powinni jechać, jak i zbierającą informacje o ruchu wszystkich pojazdów transportu zbiorowego w celu optymalizacji rozkładów jazdy.

Podpowiadanie prowadzącym prędkości z jaką powinni jechać ma na celu zmniejszenie liczby zatrzymań pojazdów transportu zbiorowego na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz poprawę punktualności przyjazdów na przystanki. Sugerowana prędkość byłaby wyliczana automatycznie na podstawie danych ze sterowników sygnalizacji świetlnej na każdym skrzyżowaniu, do którego zbliżałby się pojazd (głównie na podstawie informacji o czasie, po którym nastąpi przydzielenie priorytetu dla zbliżającego się pojazdu). W przypadku, gdy pomiędzy przystankami nie znajdowałoby się żadne skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną, system na podstawie informacji z bazy danych o rozkładach jazdy i bazy danych informacji o trasie przejazdu pojazdu wyliczałby automatycznie proponowaną prędkość jazdy dla prowadzącego, w celu utrzymania punktualności przejazdu, zmniejszenia czasu opóźnienia lub niwelacji czasu nadspieszenia.

Podsystem odpowiedzialny za optymalizację rozkładów jazdy opierałby się w głównej mierze na informacjach o czasach przejazdu zbieranych na bieżąco i informacjach o sieci transportowej miasta, w którym system by funkcjonował. Zbierane informacje na temat czasów przejazdu na poszczególnych odcinkach sieci, byłyby archiwizowane w specjalnie do tego przystosowanej bazie danych. Głównym zadaniem podsystemu byłoby ocenianie, na podstawie baz danych o sieci transportowej i pomierzonych czasach przejazdu, aktualnych rozkładów jazdy. Ocena polegałaby na sprawdzeniu, czy pojazdy nie jeżdżą zbyt wolno w celu wykonywania rozkładu jazdy lub czy ograniczenia związane z infrastrukturą i organizacją ruchu uniemożliwiają punktualne przyjazdy na przystanki. W przypadku wykazania przez podsystem możliwości poprawy rozkładów jazdy aplikacja automatycznie informowałaby o tym jednostki odpowiedzialne za tworzenie rozkładów jazdy.

## Trudności przy tworzeniu architektury logicznej

Przy tworzeniu architektury logicznej systemu informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego skorzystano z narzędzia FRAME Selection Tool. Już na samym początku określania potrzeb użytkownika udało się wykazać, że dostępne elementy architektury FRAME nie obejmują koncepcyjnie realizacji zadań powierzonych projektowanemu systemowi. Stało się to powodem do rozpoczęcia prac mających na celu utworzenie nowych elementów metodologii FRAME. Stworzone elementy wraz z już istniejącymi w metodologii, umożliwiły utworzenie poprawnej architektury logicznej.

Nowo utworzone elementy architektury to potrzeby użytkownika, przepływy i jedna funkcja. Dodane elementy zostały zdefiniowane w sposób taki sam jak wszystkie już

istniejące elementy metodologii. Do nowo powstałych potrzeb użytkownika należy zaliczyć potrzeby:

- system będzie w stanie obliczać optymalne parametry jazdy pojazdu transportu zbiorowego dla zadanych ograniczeń,
- system będzie zapewniał automatyczną wymianę danych pomiędzy centrami sterowania a dyspozytoriami przewoźnika,
- system będzie w stanie zbierać informacje na temat czasów przejazdu i automatycznie w oparciu o sprzężenie zwrotne proponować zmiany w rozkładach jazdy.

Zaproponowana nowa funkcja miałaby za zadanie wyliczenie odpowiednich parametrów jazdy dla pojazdu transportu zbiorowego w celu bezkolizyjnego przejazdu przez najbliższe skrzyżowanie lub punktualny przyjazd na najbliższy przystanek. Nowa funkcja byłaby połączona z resztą architektury (m.in. bazami danych zawierającymi informacje o programach sygnalizacji świetlnej czy funkcjami odpowiedzialnymi za przekazywanie informacji prowadzącemu pojazd) za pomocą nowych przepływów danych.

## Architektura fizyczna

Stworzona architektura logiczna stała się podstawą do przygotowania architektury fizycznej. W tym celu stworzono sześć modułów:

- główna dyspozytornia,
- pojazd transportu zbiorowego,
- kierowca pojazdu transportu zbiorowego,
- moduł danych o sieci ulicznej i torowej,
- moduł rozkładów jazdy,
- system sygnalizacji świetlnej.

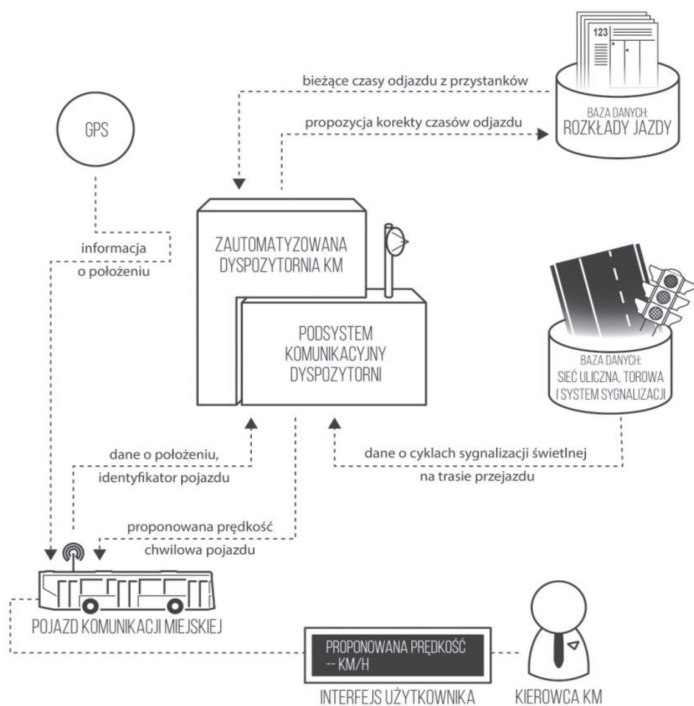
Moduły zostały przypisane do trzech podsystemów, odpowiedzialnego za informowanie prowadzącego pojazd o sugerowanej prędkości, komunikacyjnego dyspozytorni i zajmujący się optymalizacją rozkładów jazdy. Schemat architektury fizycznej został przedstawiony na rysunku 2.

Moduł głównej dyspozytorni odpowiedzialny jest za zbieranie i przekazywanie informacji między modułami. Dyspozytornia pełni także funkcje miejsca, w którym wykonywane są wszystkie niezbędne obliczenia umożliwiające poprawne funkcjonowanie systemu.

Moduł pojazdu transportu zbiorowego jest odpowiedzialny za zbieranie informacji na temat ruchu pojazdu i przekazywanie kierowcy informacji o proponowanej prędkości. Informacja o prędkości jest tylko sugestią systemu dla kierowcy, stąd nie są wykorzystywane w tym module funkcje, które mogłyby wymusić na kierowcy zmianę prędkości.

Moduł kierowcy pojazdu transportu zbiorowego ściśle związany jest z modułem pojazdu. Kierowca na podstawie otrzymanych danych z systemu może, ale nie musi, zmienić prędkość, przez co oddziałuje na moduł pojazdu.

Moduł danych o sieci ulicznej i torowej składa się w głównej mierze z baz danych na temat długości odcinków, organizacji ruchu czy infrastrukturze na poszczególnych odcinkach.



Rys. 2. Schemat architektury fizycznej  
Źródło: opracowanie własne

Moduł rozkładów jazdy zawiera w sobie bazę danych z aktualnymi rozkładami jazdy oraz odpowiedzialny jest za zbieranie informacji na temat aktualnych czasów przejazdu, które mogą posłużyć do optymalizacji rozkładów jazdy.

Moduł systemu sterowania ruchem odpowiedzialny jest za zbieranie informacji ze wszystkich objętych systemem sterownikami sygnalizacji świetlnej na temat planów sygnalizacyjnych. Moduł ten odpowiada także za przesyłanie informacji do głównej dyspozytorni o czasie, po jakim zostanie nadany priorytet w danej relacji dla zbliżającego się pojazdu.

### Praktyczne zastosowanie stworzonej architektury aplikacji ITS

Na podstawie stworzonej architektury systemu informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego możliwe jest stworzenie systemu umożliwiającego spełnianie wszystkich potrzeb przyszłych użytkowników. Odpowiednie zaprogramowanie systemu mogłoby zapewnić zmniejszenie kosztów transportu zbiorowego, skrócić czas przejazdu na części odcinków, a także wpłynąć pozytywnie na transport indywidualny (m.in. poprzez zmniejszenie negatywnego wpływu priorytetów na ruch pojazdów indywidualnych).

Zaprogramowany system powinien się opierać na stosowanych w danym mieście rozwiązaniach, zarówno z dziedziny sterowania sygnalizacją świetlną, detekcji pojazdów, jak i łączności między elementami systemu czy archiwizacji danych. W przypadku detekcji pojazdów architektura systemu wymaga ciągłego śledzenia pojazdu w sieci, co powoduje przymus stosowania takich metod detekcji, które by to zapewniały (np. GPS).

Zastosowanie technologii GPS umożliwia szybką detekcję pojazdu w sieci, jednakże ze względu na możliwe zakłócenia potrzebny jest dodatkowy system detekcji (np. drogą radiową). W przypadku skrzyżowań z sygnalizacją świetlną najlepszym rozwiązaniem dla efektywności pracy systemu byłoby

umieszczenie przekaźnika informacji w sterowniku sygnalizacji świetlnej, dzięki czemu od razu po wykryciu pojazdu możliwe byłoby wysłanie informacji do głównej dyspozytorni.

Następnie tuż po przetworzeniu danych i wyliczeniu sugerowanej prędkości informacje byłyby wysyłane do pojazdu, gdzie mogłyby być przekazywane kierowcy w formie głosowej lub tekstowej. Warto zauważyć, że detekcja pojazdu przy zastosowaniu podwójnego systemu detekcji możliwa byłaby tuż po przejechaniu wcześniejszego skrzyżowania lub tuż po opuszczeniu przystanku przez pojazd. Dzięki temu sugerowana prędkość mogłaby być znacznie wcześniej przesłana do kierowcy. Dodatkowym atutem tego rozwiązania byłaby możliwość odpowiedniego kolejowania pojazdów w węzłach komunikacyjnych poprzez sugerowanie mniejszej prędkości pojazdom nadspieszonym (przy jednoczesnym opóźnieniu wyświetlenia fazy dla tego pojazdu) i większej dla pojazdów opóźnionych (przy jednoczesnym przyspieszeniu wyświetlania się fazy dla tego pojazdu).

Ostatnim praktycznym zastosowaniem stworzonego systemu stałaby się funkcja optymalizacji rozkładów jazdy. Funkcja ta mogłaby być realizowana poprzez komunikaty wysyłane do dyspozytorni informujące o możliwości poprawy rozkładu jazdy. System dodatkowo mógłby być połączony z używanymi programami do układania rozkładów jazdy, dzięki czemu nowe rozkłady jazdy automatycznie uwzględniałyby zaobserwowane przez system zmiany w czasach przejazdu na różnych odcinkach sieci.

### Podsumowanie

Proces tworzenia architektury dla systemu informacji o priorytecie dla prowadzących pojazdy transportu zbiorowego umożliwił wykazanie, że Europejska Ramowa Architektura ITS – FRAME nie obejmuje wszystkich możliwych zagadnień z dziedziny systemów ITS. Dzięki zastosowaniu nowych elementów (takich jak przepływy, potrzeby użytkownika czy funkcje) możliwe było stworzenie architektury logicznej i funkcjonalnej dla projektowanego systemu. Aby jednak przystąpić do programowania nowej aplikacji, muszą zostać wykonane wszelkie pomiary, które wykażą, w jaki sposób użycie aplikacji wpłynie na transport zbiorowy oraz czy stosowane do tej pory systemy (m.in. sterowania ruchem, planowania rozkładów jazdy) byłyby kompatybilne z zaprojektowanym rozwiązaniem.

Stworzona architektura umożliwi dostosowanie jej do większości stosowanych obecnie rozwiązań technicznych i informatycznych w taki sposób, aby stworzony na jej podstawie system był możliwie najbardziej efektywny. Dodatkowo warto zauważyć, że wykorzystanie przy projektowaniu metodologii FRAME zapewnia kompatybilność ze wszystkimi systemami i aplikacjami zaprojektowanymi zgodnie z tą metodologią.

### Literatura

1. Olszewski P., Kasprzak W., *Wykorzystanie metody FRAME do określenia architektury systemu zarządzania ruchem w warszawskim węzle dróg krajowych*, Polski Kongres ITS, 2015.
2. The FRAME Architecture and The ITS Action Plan, Booklet of the E-FRAME Project, czerwiec 2011.