

MONIKA ZIEMSKA  
Akademia Morska w Gdyni  
MATEUSZ ŚRUBKA  
Zarząd Dróg i Zieleni w Gdyni

DOI: 10.12716/1002.31.19

## ANALIZA PORÓWNAWCZA INTELIGENTNYCH SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM DROGOWYM, METODA BALANCE I METODA SCATS

*W pracy opisano dwa przykładowe Inteligentne Systemy Transportowe BALANCE i SCATS. Przedstawiono ich architekturę oraz przykładowe wdrożenia w Trójmieście i Łodzi. Ponadto pokazane zostały korzyści wynikające z wdrożenia obu systemów.*

**Słowa kluczowe:** transport, sterowanie ruchem, inteligentne systemy sterowania ruchem.

### WSTĘP

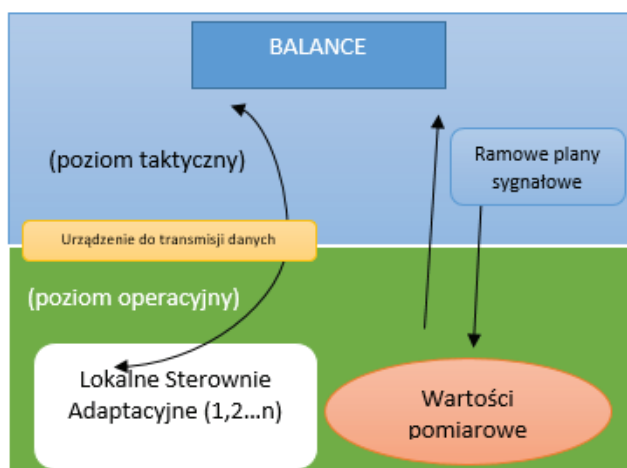
W wyniku gwałtownego rozwoju motoryzacji, zagospodarowania przestrzennego oraz rosnącej liczby ludności występuje znaczny wzrost natężenia ruchu na drogach, w szczególności w obszarach miejskich [1]. Wysokie koszty budowy, ochrony środowiska oraz trudności związane z finansowaniem inwestycji praktycznie wykluczają możliwość budowy nowych sieci drogowych. Rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie nowoczesnych metod sterowania ruchem drogowym.

### 1. METODA BALANCE

BALANCE (*Balancing Adaptive Network Control Method*), jak nazwa wskazuje, jest to adaptacyjne sterowanie sieciowe. Sterowanie sieciowe ma w swoich składowych model ruchu makro- lub mezoskopowy wraz z algorytmami odpowiadającymi za optymalizację sterowania. Przykładowe modele do połączenia z BALANCE to: OPTIMA, DRIVERS, VISUM, TRELAN, EPICS. Obecnie wdrożenia produktu znajdują się m.in. w miastach Dusseldorf, Frankfurt, Gdańsk, Gdynia, Sopot, Salzburg, Regensburg, Belgrad.

### 1.1. Architektura metody BALANCE

Architektura systemu BALANCE jest oparta na koncepcji hierarchicznej dwupoziomowej. W skład sterowania wchodzi poziom lokalny/operacyjny oraz poziom taktyczny. Na poziomie lokalnym zmiany odbywają się na podstawie sterowania mikroskopowego w sekundowych odcinkach czasowych poprzez dostosowanie sterowania do sytuacji znajdującej się na danym skrzyżowaniu. Poziom ten odpowiada również za przydzielanie priorytetów transportowi zbiorowemu. Sterowanie opiera się na wprowadzaniu zmian w ramowych planach sygnalizacji, skracając bądź wydłużając sygnały dla poszczególnych grup sygnałowych. Na poziomie taktycznym algorytm BALANCE jest modelem makroskopowym działającym w przedziale czasowym, zaliczanym do średnioterminowego lub długoterminowego, tj. od 5 do 15 minut. „BALANCE zadaje przy tym poszczególnym węzłom ramowe plany sygnałowe. Ramowy plan sygnałowy definiuje dla poszczególnych faz sterowania lokalnego zakresy stałe i zmienne dla wszystkich sygnalizacji świetlnych jednej grupy ze wspólnym czasem cyklu. W obrębie zakresów zmiennych sterowniki węzłów mogą się dostosowywać do aktualnego ruchu na podstawie swoich lokalnych detektorów. Przez podawanie ramowych planów sygnałowych tworzy się jednak podstawową strukturę dla poszczególnych sygnalizacji, w której poruszają się czasy zielonego światła poszczególnych grup sygnałowych. Minimalizacja czasów strat przez zależną od ruchu koordynację sygnalizacji świetlnych między sobą (optymalizacja czasów przesunięcia, zielona fala) oraz ogólne dostosowanie czasów światła zielonego grup sygnałowych odbywa się więc centralnie na poziomie sieci, a dokładne dostosowanie czasów światła zielonych w sygnalizatorach. Jeżeli w węźle nie ma żadnej detekcji lokalnej albo żadnego sterowania zależnego od ruchu, to ramowe plany sygnałowe można też realizować bezpośrednio jako program stałoczasowy” [2]. Do zrozumienia działania architektury systemu BALANCE może być pomocny rysunek 1.



Rys. 1. Architektura BALANCE

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2].

## 1.2. Korzyści z wprowadzenia adaptacyjnego sterowania sieciowego

Podstawową korzyścią, uzyskaną po wprowadzeniu adaptacyjnego sterowania sieciowego, jest skrócenie czasu podróży. Kierowcy pojazdów indywidualnych, jak i pojazdy transportu zbiorowego zmniejszają czas poruszania się w sieci sterowanej. Skracanie czasu spowodowane jest przez skoordynowanie sygnalizacji świetlnej, tj. ograniczoną liczbę zatrzymań na czerwonym świetle, a także ruszanie po pojawieniu się sygnału zielonego. Poprzez eliminację ruszania i zatrzymywania się na światłach zmniejszona zostaje emisja CO<sub>2</sub>, tym samym korzyść materialną ponoszą kierowcy, spalając mniej benzyny, oleju napędowego, gazu, prądu. Według wykonawcy Inteligentnego Systemu Sterowania Ruchem TRISTAR w Trójmieście po wprowadzeniu systemu uzyskano skrócenie czasu o 18% dla transportu indywidualnego i 9% dla transportu zbiorowego [5]

## 1.3. Architektura TRISTAR – Trójmiasto

Architektura systemu jest bazą do opracowania struktury logicznej i sprzętowej, opisuje czteropoziomową, hierarchiczną strukturę funkcjonalną: poziom zarządzania metropolitalnego, miejskiego, obszarowego i lokalnego. Poziom zarządzania miejskiego obejmuje zarządzanie ruchem miejskim na obszarze miast Trójmiasta. Zasadniczą funkcją poziomu centralnego, zlokalizowanego fizycznie w Centrach Zarządzania Transportem w Gdańsku i Gdyni, będzie integracja wszystkich systemów, wchodzących w skład systemu TRISTAR. Integrację zapewniają wspólne środki sprzętowe i programowe, wspólna sieć transmisji danych oraz wspólne bazy danych, umożliwiające wzajemne przetwarzanie informacji dostarczanych przez System Zarządzania Ruchem Miejskim, System Zarządzania Transportem Zbiorowym i System Planowania Ruchu. Zastosowano budowę modułową, w której wszystkie podsystemy mogą działać niezależnie od pozostałych.

Zlokalizowanie poszczególnych modułów w strukturze funkcjonalnej Systemu Zarządzania Ruchem jest następujące:

- System Sterowania Ruchem Drogowym;
- System Monitorowania i Nadzoru Ruchu Pojazdów;
- System Nadzoru Wizyjnego;
- System Pomiaru Parametrów Meteorologicznych;
- System Informacji Parkingowej;
- System Zarządzania Bezpieczeństwem Ruchu Drogowego;
- System Informacji Medialnej;
- System Planowania Ruchu [7].

## 2. METODA SCATS

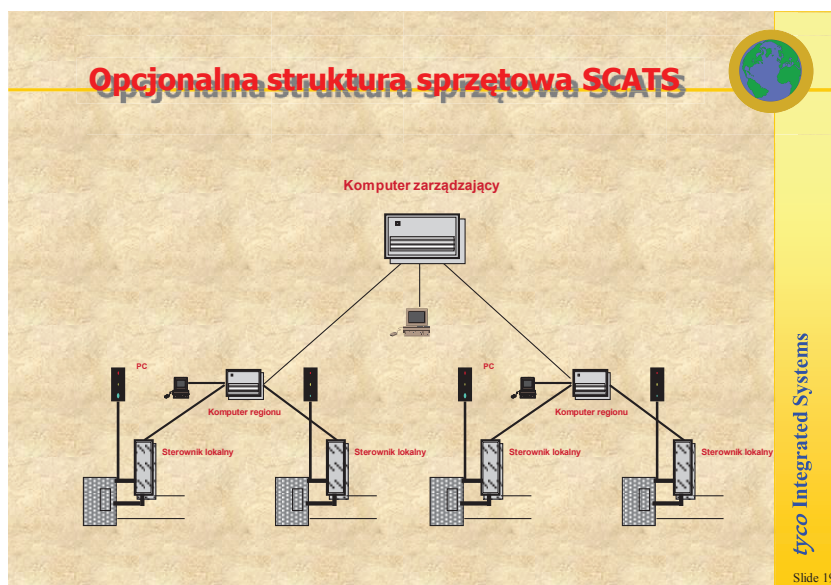
SCATS (ang. *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System*) jest to australijski system sterowania ruchem ulicznym, zaprojektowany przez Zarząd Dróg Nowej Walii (RTA). Działa od ponad 25 lat, obecnie funkcjonuje w wielu miastach na

świecie. Pracuje w trybie *on-line*, dostosowując program do bieżącej sytuacji w sieci ulicznej. Dzięki zebranych informacjom ustalane są długości faz, cykli, offsetów. Programy sygnalizacji w każdej chwili są optymalne, co znacznie zwiększa efektywność sieci drogowej. Sterowanie ruchem odbywa się w sposób całkowicie automatyczny, operatorzy mają jednak możliwość wpływu na parametry sterowania ruchem. Sytuacja jest stale monitorowana przez inżynierów ruchu, mających pełną kontrolę nad całą siecią [8].

## 2.1. Architektura SCATS

Dużą zaletą systemu SCATS jest jego uniwersalność. Sprawdza się zarówno na dużym, jak i małym obszarze. System jest oparty na technologii *Windows NT*, może korzystać z dowolnych sterowników, wykorzystuje komórkową transmisję danych GPRS. RTA cały czas zbiera informacje na temat systemu i dokonuje modernizacji oraz aktualizacji oprogramowania. Daje to systemowi nieograniczone możliwości rozwoju. SCATS cechuje duża adaptacyjność. W przypadku nagłych obciążeń lub zdarzeń drogowych automatycznie podejmowane są kroki, które pozwolą jak najszybciej przywrócić sieć do normalnego funkcjonowania. System jest bardzo elastyczny, istnieje możliwość integracji z innymi systemami ITS. Ponadto część systemu może pracować w trybie adaptacyjnym, a część w stałoczasowym. Podczas akcji ratunkowej system automatycznie ustala „zieloną falę” dla pojazdów uprzywilejowanych [6].

Rysunek 2 przedstawia opcjonalną strukturę sprzętową systemu SCATS. Pokazuje poszczególne poziomy pracy systemu, przedstawiając przykładowe centrum sterowania ruchem z wykorzystaniem systemu australijskiego.



Rys. 2. Architektura systemu SCATS [4]

## 2.2. Korzyści z wprowadzenia adaptacyjnego sterowania ruchem

Efektywność systemu SCATS jest bardzo wysoka. Badania prowadzone pokazują niepodważalne korzyści od kilku do kilkudziesięciu procent w zakresie [8]:

- redukcji emisji spalin;
- redukcji zużycia paliwa;
- zmniejszenia strat czasu;
- zmniejszenia liczby zatorów.

Zmiany w sterowaniu ruchem przyniosły korzyści użytkownikom transportu, jak i zarządcom transportu zbiorowego.

## 2.3. Inteligentny System Transportowy Łódź

Inteligentny System Transportowy wdrożony w Łodzi jest aktualnie największym systemem w Polsce. Na szczególną uwagę zasługuje fakt bardzo krótkiej realizacji. Umowę na budowę systemu podpisano w sierpniu 2014 r. Realizację zakończono po 16 miesiącach. Aktualnie w systemie, opartym na algorytmie SCATS, pracuje 236 skrzyżowań. Aż 700 pojazdów MPK zostało włączonych do systemu, dzięki czemu pasażerowie są informowani o realnym czasie odjazdu. W ramach realizacji systemu zamontowano ponad 130 tablic, służących do przekazywania informacji pasażerom. Podczas wdrożenia nad ulicami miasta pojawiło się aż 176 kamer ANPR i CCTV i 9 tablic o zmiennej treści VMS, a ponadto urządzenia, służące do obsługi i zarządzania ruchem w tunelu. Aby system mógł funkcjonować, wybudowano 40 km kanalizacji kablowej i położono 555 km okablowania. Dane na temat natężenia ruchu drogowego przez całą dobę zbiera ponad 3000 pętli indukcyjnych [3]

W systemie wyróżnia się cztery podsystemy:

- 1) System Sterowania Ruchem SCATS odpowiada za obszarową optymalizację sygnalizacji świetlnych, priorytety dla transportu zbiorowego oraz zarządzanie ruchem w tunelu.
- 2) System Zarządzania Transportem Publicznym MUNICOM umożliwia nadzór ruchu pojazdów transportu zbiorowego oraz zarządza dynamiczną informacją przystankową wysyланą na tablice informacji pasażerskiej TIP i portal www.
- 3) System Kamery, składający się z kamer ANPR, służących do wykrywania numerów tablic rejestracyjnych i wyznaczania czasu przejazdów, CCTV – nadzór wizyjny oraz AID, służących do wykrywania zdarzeń drogowych w tunelu.
- 4) System Kierowania na Trasy Alternatywne z wykorzystaniem tablic VMS.

Do najbardziej innowacyjnych rozwiązań łódzkiego systemu sterowania ruchem należą m.in.:

- włączenie do obszaru sterowania tunelu, reakcja systemu na sytuację drogową w tunelu i odpowiednie zarządzanie obszarowe;
- centralne priorytety dla tramwajów i autobusów oraz łatwa możliwość zarządzania nimi z poziomu operatorskiego;
- system ewidencji pasa drogi zintegrowany z systemem ITS.

Celem wdrożenia Inteligentnego Systemu Sterowania Ruchem w Łodzi było skrócenie czasu przejazdu dla transportu indywidualnego i zbiorowego o 5%. Dzięki wprowadzeniu rozwiązań z zakresu ITS czas przejazdu z wykorzystaniem transportu indywidualnego został skrócony o ponad 29%, a transportu zbiorowego – 9,6%. Oprócz korzyści wynikających z oszczędności czasowej pasażerowie autobusów i tramwajów posiadają rzetelną informację na temat odjazdów pojazdów MPK, co pozwala lepiej zaplanować podróż. Kierowcy dzięki systemowi mają informację o sytuacji drogowej w mieście i mogą dobrać trasy w zależności od warunków ruchu. Dzięki systemowi kamer poprawiło się bezpieczeństwo. Stały nadzór nad urządzeniami znacznie skraca czas reakcji w przypadku awarii [3].

## PODSUMOWANIE

Artukół prezentuje zalety implementowania Inteligentnych Systemów Transportowych w miejskiej sieci drogowej. Wyniki uzyskane w obu miastach pokazują, jak wielką rolę w ruchu drogowym odgrywa zarządzanie i sterowanie ruchem. Dla transportu indywidualnego większą poprawę uzyskano w Łodzi. W przypadku transportu zbiorowego korzyści dla obu systemów kształtują się na poziomie 9%. W zależności od stanu przed wdrożeniem, warunków ograniczających, a także środków finansowych, możliwa jest poprawa warunków ruchu od kilku do nawet kilkudziesięciu procent.

Należy pamiętać, że oszczędności czasu przelicza się dla całego systemu drogowego. Patrząc jednostkowo, w przypadku krótkich tras oszczędności dla jednego kierowcy mogą wydawać się nieznaczne. Jednak biorąc pod uwagę liczbę wszystkich pojazdów, uczestników ruchu, liczbę podróży w ciągu tygodnia bądź miesiąca, oszczędności czasowe dla całej sieci są ogromne. Oprócz czasu kierowcy oszczędzają również pieniądze z powodu mniejszej liczby zatrzymań, a także maleje spalanie i zmniejsza się negatywny wpływ pojazdów na środowisko naturalne.

## LITERATURA

1. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego: teoria i praktyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
2. *Gevas software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH – Balance handbook*.
3. *System obszarowego sterowania ruchem w Łodzi*, materiały konferencyjne, ITS POLSKA, Łódź 2016.
4. *Tyco Integrated Systems SCATS*, Tyco Integrated Systems Traffic Division, prezentacja multimedialna, Rzeszów.
5. <https://trojmiasto.pl> stan na 23.08.2016.
6. <http://www.edroga.pl> stan na 23.08.2016.
7. <https://www.gdynia.pl> stan na 23.08.2016.
8. <http://www.tyco-its.com/> stan na 23.08.2016.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS USING IN TRAFFIC CONTROL, METHOD BALANCE AND METHOD SCATS

### Summary

*The article describes two examples of Intelligent Transportation Systems: BALANCE and SCATS. The main topic is presentation about architecture of systems and implementation in polish cities: Łódź and Tricity. Furthermore, paper shows the benefits obtained from using intelligent transportation systems.*

**Keywords:** transport , traffic control, Intelligent Transportation Systems.