

**Opis funkcjonalny
obszarowego systemu sterowania UTOPIA-SPOT**

Spis treści

1. WPROWADZENIE	1
2. OPIS FUNKCJONALNY SYSTEMU	2
2.1. Architektura systemu.....	2
2.2. Komunikacja.....	3
2.2.1. Łączność sterownik-SPOT	3
2.2.2. Łączność SPOT-SPOT	3
2.2.3. Łączność SPOT-UTOPIA	3
2.2.4. Typy komunikacji	4
2.3. Detekcja	4
2.4. Centrum sterowania	5
2.5. Algorytm optymalizacji	6
2.5.1. Optymalizacja	6
2.5.2. Realizacja programu ruchowego	7
2.5.3. Koordynacja	8
3. MONITORING, DIAGNOSTYKA, INGERENCJA	9
3.1. Monitoring i diagnostyka	9
3.2. Ingerencja	10
3.3. Podgląd obrazu z kamer	10
4. UŻYWANE SKRÓTY	12
5. SPIS TABEL I RYSUNKÓW.....	13

1. WPROWADZENIE

UTOPIA-SPOT jest adaptacyjnym systemem sterowania, który swoją „siłę” zawdzięcza połączeniu szybkiej optymalizacji na poziomie lokalnym, powiązaniem procesów optymalizacyjnych pomiędzy sąsiednimi skrzyżowaniami oraz optymalizacją na poziomie sieci skrzyżowań (stąd określenie system obszarowy).

Lokalna optymalizacja oparta jest na funkcji celu, która przedstawia sumę kosztów związanych z opóźnieniem i liczbą zatrzymań pojazdów w sieci, przekroczonych kolejek nominalnych a także innych, dodatkowych założeń optymalizacyjnych przyjętych dla danej sieci. Wszystkie koszty częściowe posiadają powiązane ze sobą i w pełni konfigurowalne współczynniki wagowe, które pozwalają na wybranie najważniejszych/pożądanych dla danej sieci kryteriów optymalizacji.

Kluczem procesu optymalizacji w systemie UTOPIA-SPOT jest dokładna estymacja oraz predykcja ruchu. Zaawansowany algorytm matematyczny estymacji jest połączony z efektywnym systemem detekcji oraz mechanizmem archiwizacji danych statystycznych o ruchu w sieci.

System zapewnia też odrębny mechanizm optymalizacji przejazdu transportu publicznego. Bazuje on na dedykowanym systemie detekcji, który pozwala na określenie (estymację) czasu przejazdu pojazdu przez poszczególne punkty charakterystyczne sieci oraz predykcji czasu przyjazdu na kolejne skrzyżowania. Mechanizm obsługi transportu publicznego pozwala na realizację priorytetów dla tego transportu na poszczególnych skrzyżowaniach (zarówno priorytety warunkowe jak i bezwarunkowe).

Nazwa UTOPIA-SPOT jest złożeniem dwóch akronimów określających dwie zasadnicze części, które składają się na omawiany system:

UTOPIA¹ – *Urban Traffic OPTimisation by Integrated Automation*, (Optymalizacja Ruchu Miejskiego przy użyciu Zintegrowanej Automatyki),

SPOT – *Signal Progression Optimisation Technology*, (Technologia Optymalizacji Sygnalizacji),

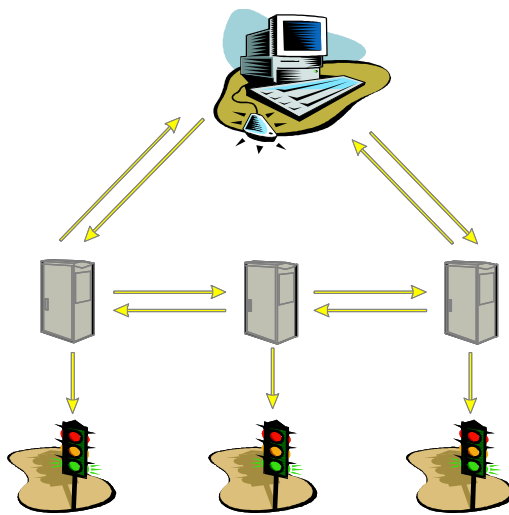
Pierwszy system UTOPIA-SPOT został zaimplementowany we Włoszech w mieście Turyn w roku 1984. W pierwszym etapie system objął 30 skrzyżowań, natomiast już w 2003 r. ilość skrzyżowań wzrosła do 390. System w Turynie objął również obsługę transportu publicznego AVM. Instalacja ta była przedmiotem wielu badań i prac naukowych. Został on m.in. objęty projektem Quartet Prompt oraz Primavera. W projekcie DRIVE-II Primavera wzięła udział pilotażowa instalacja systemu UTOPIA-SPOT w Leeds w Wielkiej Brytanii. W 1994 r. mała sieć skrzyżowań w Gotheborgu została objęta projektem PROMPT. Od roku 1997 ilość instalacji systemu UTOPIA-SPOT w zarówno we Włoszech jak i całej Europie zaczęła systematycznie wzrastać. Po Turynie powstały systemy w Rzymie (350 skrzyżowań w 2002r.), Bolonii (130), Foggi (15), Mesynie (30), La Spezii (19) oraz Trento (37) i Mediolanie (320).

¹ Akronim ten został dobrany tak, aby przypominał powszechne znaczenie słowa „utopia” tj. „niezmiernie odległe miejsce (...) stworzone w wyobraźni; (...) mrzonka, plan, pomysł wzniosły, ale utopijny, nieżyciowy, nierealny, niezniszczalny, fantastyczny.” (Wg *Słownika wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych* Władysława Kopalińskiego)

2. OPIS FUNKCJONALNY SYSTEMU

2.1. ARCHITEKTURA SYSTEMU

SPOT-UTOPIA jest systemem silnie zdecentralizowanym o tzw. rozproszonej inteligencji. System składa się z trzech podstawowych poziomów: poziomu sterownika ruchu, poziomu jednostki lokalnej SPOT oraz jednostki nadrzędnej UTOPIA.



Rys. 2.1 Architektura systemu SPOT-UTOPIA.

- **Lokalny sterownik ruchu** - jest to urządzenie sterujące pracą sygnalizacji świetlnej na danym skrzyżowaniu. Lokalny sterownik jest odpowiedzialny za sterowanie sygnalizacją świetlną zgodnie z poleceniami otrzymanymi ze SPOT. W przypadku braku informacji dopływającej ze SPOT, lokalny sterownik przejmuje sterowanie wg zapisanego w nim programu ruchowego (tak zwany program awaryjny/lokalny).
- **SPOT** jest nadrzędnym „sterownikiem” przeznaczonym do optymalizacji sterowania na skrzyżowaniach. SPOT jest to nic innego jak matematyczny algorytm zaimplementowany w lokalnym sterowniku ruchu (na specjalnym module sprzętowym), który określa wartości zmiennych sterujących sygnalizacją, poprzez znajdowanie optimum funkcji zależnej od warunków ruchu na skrzyżowaniu w przedziale czasu o długości 120 sekund (koncepcja horyzontu sterowania). Jednostka SPOT wysyła odpowiednie polecenia/rozkazy (wg obliczonej strategii) do podległego jej sterownika lokalnego.
- **UTOPIA** jest to zestaw modułów programowych odpowiedzialnych za monitorowanie, diagnostykę i nadzór nad optymalizacją sterowania całej sieci skrzyżowań objętych systemem. Moduły te zainstalowane są na komputerze², który nazywany jest serwerem UTOPIA. UTOPIA nie jest konieczną częścią systemu, ponieważ poszczególne jednostki SPOT wymieniają się między sobą informacjami o warunkach ruchowych na swoich skrzyżowaniach oraz obliczonych przez siebie strategiach sterowania. Zalecane jest jednak wykorzystanie modułów UTOPII, które

² W zależności od lokalizacji tego komputera może to być komputer przemysłowy bądź też standardowy komputer typu PC.

pozwalają w pełni wykorzystać możliwości, jakie niesie ze sobą system UTOPIA-SPOT.

2.2. KOMUNIKACJA

Bardzo ważnym elementem systemu UTOPIA-SPOT jest łączność, która umożliwia komunikację pomiędzy poszczególnymi częściami składowymi systemu, tj. jednostkami SPOT oraz serwerem UTOPIA.

2.2.1. Łączność sterownik-SPOT

Komunikacja pomiędzy modulem sprzętowym, na którym uruchomiony jest algorytm SPOT a sterownikiem jest oparta o protokół szeregowy RS422. Ten rodzaj łączności wykorzystywany jest przez SPOT do przesyłania poleceń/rozkazów SPOT do sterownika lokalnego oraz informacji na temat ruchu od sterownika (a tak właściwie od systemu detekcji) do SPOT.

2.2.2. Łączność SPOT-SPOT

Dwustronna łączność pomiędzy poszczególnymi sterownikami (jednostkami SPOT) jest podstawowym warunkiem działania sieci pracującej w systemie UTOPIA-SPOT. W przeciwnym razie nie jest możliwe przekazywanie informacji na temat warunkach ruchowych i obliczanych strategii sterowania pomiędzy nimi. Dopuszczalne są chwilowe przerwy w tej komunikacji. W takich przypadkach jednostki SPOT wykorzystują zapisane w swojej pamięci „archiwalne” dane na podstawie, których aproksymowane są wartości „aktualne”.

Zaznaczyć należy, że bezpośrednie połączenia „każdy z każdym” nie są wymagane. Należy jedynie utworzyć „sieć lokalną” łączącą wszystkie sterowniki, tak, aby połączenia pomiędzy dwoma dowolnymi sterownikami mogła być zrealizowana pośrednio poprzez inne sterowniki.

2.2.3. Łączność SPOT-UTOPIA

Łączność pomiędzy SPOT a serwerem UTOPIA służy do przekazywania danych statystycznych oraz diagnostycznych z poszczególnych sterowników do modułów UTOPII.

Łączność ta może być okresowo przerywana, co nie przyczynia się do przerywania pracy systemu jak ma to miejsce w systemach ściśle scentralizowanych. Każda jednostka SPOT posiada pamięć (bufor), w której przechowuje pewien zasób zbieranych/obliczanych danych. Jeżeli przerwy w komunikacji nie są długotrwałe to dane te przekazywane są do UTOPII tuż po wznowieniu komunikacji. Jeżeli przerwy są dłuższe to w danych statystycznych zbieranych przez moduły UTOPIA następują jedynie braki – nie powoduje to poważnych przeszkód w funkcjonowaniu całego systemu.

2.2.4. Typy komunikacji

System komunikacji obecnie jest oparty na protokole TCP/IP³. Możliwe jest, więc zastosowanie wszelkich dostępnych technologii, które wspierają ten protokół i pozwalają na połączenie kilku urządzeń z interfejsem sieciowym (każde z urządzeń posiada swój własny, unikalny identyfikator, którym jest adres IP). Przykłady metod komunikacji stosowanych w systemie UTOPIA-SPOT.:

- łączność kablowa – sieć oparta na urządzeniach MDSL – pozwala na łączność Ethernetową poprzez zastosowanie jedynie dwużyłowego przewodu miedzianego; maksymalny dystans 5 km, maksymalny transfer 760 kbit/s
- łączność światłowodowa
- łączność radiowa – urządzenia radiowe pracujące w paśmie 2.4 Ghz i/lub 5.2 Ghz.
- łączność oparta na tunelach VPN⁴ – pozwala na stworzenie sieci lokalnej w oparciu o zaszyfrowane tunele w sieci Internet – każde skrzyżowanie posiada stałe łącze internetowe (np. usługa DSL dostarczana przez TPSA – bądź równoważna dostarczana przez innych dostawców internetu) oraz wyposażone jest w odpowiedni moduł sprzętowy (router) pozwalający na tworzenie tuneli VPN.

2.3. DETEKCJA

W UTOPIA-SPOT ważną funkcję spełnia system detekcji umożliwiający poprawne zliczanie pojazdów poruszających się (wjeżdżających/wyjeżdżających) po obszarze sieci. W przeciwieństwie do klasycznego sterowania akomodacyjnego, w którym wykrywana jest jedynie obecność pojazdów, system UTOPIA-SPOT działa na zasadzie „wykrywania” dokładnej ilości pojazdów tj. liczenia pojazdów.

W systemie rozróżniamy trzy typy detektorów:

- detektory wejściowe – zliczają pojazdy wjeżdżające na skrzyżowanie; instalowane są ok. 150 m przed linią zatrzymań (odległość 150m przeważnie na kierunkach głównych; w przypadku wlotów bocznych o mniejszych prędkościach poruszających się samochodów odległość może być mniejsza – nawet 80-60m),
- detektory wyjściowe – zliczają pojazdy wyjeżdżające ze skrzyżowania, instalowane są na wylotach ze skrzyżowania,
- detektory dodatkowe - umożliwiają realizację „zadań na wybrane grupy sygnalizacyjne” lub też całe fazy, które mają być realizowane tylko w przypadku obecności pojazdów (np. lewoskręty, wloty boczne,...), lokalizowane są tuż przed linią zatrzymań dla danej grupy sygnalizacyjnej.

Rodzaj użytej detekcji (pętle indukcyjne, wideodetekcja, itp...) w zasadzie nie ma znaczenia dla działania systemu. Jedynym warunkiem, jakie dany system detekcji musi spełniać jest poprawne i dokładne zliczanie pojazdów w każdych warunkach ruchowych i pogodowych oraz lokalizacyjnych danej sieci.

Z doświadczeń instalacji systemów UTOPIA-SPOT w Polsce możemy stwierdzić, że najlepszym rozwiązaniem pod względem dokładności liczenia są pętle indukcyjne.

³ Wcześniej komunikacja oparta była na liniach szeregowych RS oraz analogowych łączach telefonicznych. Niektóre z istniejących w Europie systemów UTOPIA-SPOT nadal oparta jest na takiej technologii. Nowo budowane systemy oparte są już wyłącznie na komunikacji TCP-IP (za wyjątkiem komunikacji sterownik-SPOT).

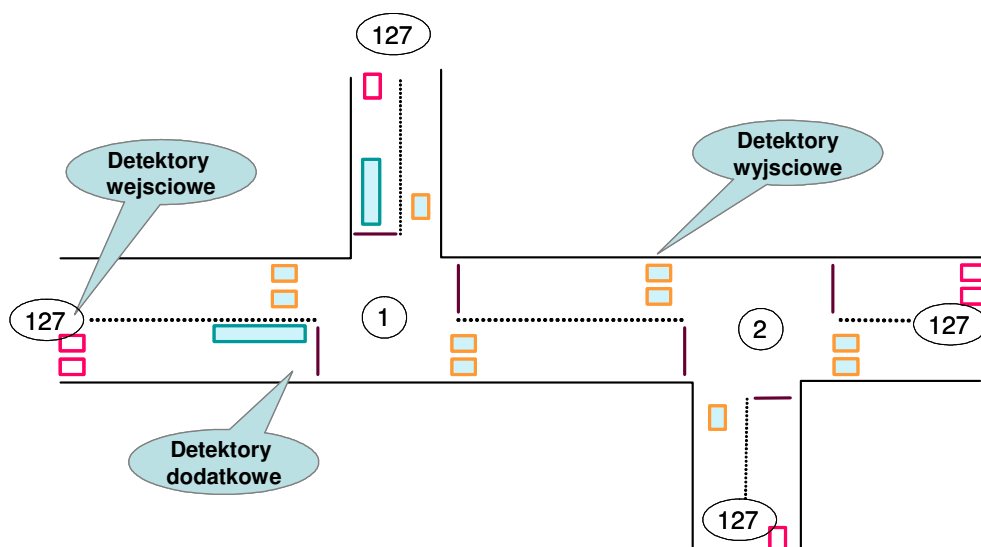
⁴ ang. Virtual Private Networks – Wirtualne Sieci Prywatne

Przeszkodą w jej stosowaniu jest jednak zły stan nawierzchni drogi, który może przyczynić się do częstych uszkodzeń takiego typu detektora.

Użycie wideodetekcji, która została stworzona do wykrywania obecności, nie pozwala na dokładne liczenie pojazdów, zwłaszcza poruszających się bardzo blisko siebie – kąt patrzenia kamery (zazwyczaj jest to 45°) uniemożliwia wychwycenie przerw pomiędzy pojazdami przejeżdżającymi w kolumnie jeden za drugim.

Również w nocy występują zafałszowania w liczeniu pojazdów - strumień światła samochodu może spowodować „zatarcie” przerwy pomiędzy nim a jego poprzednikiem.

Inną wadą wideodetektorów jest zbyt długi czas reakcji – pętla wirtualna nie zawsze jest w stanie „zauważyć” bardzo szybko przejeżdżające pojazdy (zwłaszcza pojazdy o mało kontrastowych kolorach jak np. szary, czarny).



Rys. 2.2 Rodzaje detektorów stosowane w systemie UTOPIA-SPOT.

2.4. CENTRUM STEROWANIA

UTOPIA-SPOT jest systemem w pełni zdecentralizowanym, co powoduje, że nie jest konieczne implementowanie dedykowanego centrum sterownia służącego do zarządzania tymże systemem⁵. Centrum takie może zostać zorganizowane w kolejnych etapach realizowania inwestycji, jaką jest implementacja systemu sterowania na obszarach sieci drogowej należącej do Zamawiającego. Jedynym wymaganiem jest komputer, na którym zostaną zainstalowane moduły UTOPIA. Jak już zostało to wspomniane, może to być komputer przemysłowy zainstalowany w jednej z szaf sterowniczych (jest to najczęściej stosowane rozwiązanie) bądź też stacjonarny komputer klasy PC zlokalizowany w jakimś pomieszczeniu (siedzibie zarządcy, firmy utrzymaniowej/instalacyjnej). Musi on jednak posiadać dostęp do Internetu⁶. Serwer UTOPIA pełni rolę diagnostyczną oraz pozwala na ingerencję w działanie systemu (kalibracja, zmiany programowe, korekty w parametrach wagowych, etc.).

⁵ Jako dedykowane centrum sterowania rozumiane jest wyodrębnione pomieszczenie należące do Zamawiającego, bogato wyposażone w sprzęt komputerowy (serwery, stacje robocze, monitory, itp...) oraz oprogramowanie umożliwiające zarządzanie i diagnostykę pracy systemu.

⁶ Dokładniej rzecz biorąc dostęp do sieci lokalnej obejmującej wszystkie jednostki SPOT danego systemu

2.5. ALGORYTM OPTIMALIZACJI

2.5.1. Optimalizacja

Proces optymalizacji w systemie UTOPIA-SPOT polega na tym, że dany sterownik (jednostka SPOT) na podstawie otrzymywanych danych (liczba pojazdów zbliżających się do skrzyżowania od strony skrzyżowań sąsiednich oraz czas ich dotarcia do danego skrzyżowania) oblicza w czasie rzeczywistym strategię sterowania na danym skrzyżowaniu.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że algorytm przy obliczaniu tej strategii bierze pod uwagę:

- nie tylko dane lokalne o ruchu - liczba zbliżających się do danego skrzyżowania pojazdów (dane z systemu detekcji) ale również:
- przewidywaną liczbę pojazdów, które przybędą z sąsiednich skrzyżowań (dane z sąsiednich jednostek SPOT)
- poprzednią obliczoną strategię dla danego skrzyżowania
- strategię obliczaną na skrzyżowaniach sąsiednich (jest to, więc system obszarowego sterowania).

Na podstawie tych wszystkich danych system może wyznaczyć suboptymalną⁷ strategię sterowania dla danego skrzyżowania.

Wybór/obliczenie danej strategii sterowania oparty jest na funkcji celu będącej sumą kilkunastu ważonych czynników określających koszty (czas) związane z konkretnymi wartościami zmiennych sterujących i wartościami parametrów opisujących warunki ruchu dla najbliższych 120 s.

$$F_{koszt} = \sum_{t=0}^{horiz} C_t + C_{term}$$

$$C_t = C_q + C_{qd} + C_{qp} + C_{qx} + C_{qdx} + C_s + C_{sd} + C_{sp}$$

gdzie $t \in [0, horiz]$ i jest rozumiane jako dyskretna zmienna czasu, a $horiz$ jest horyzontem sterowania (120 s).

Czynnikami są:

- C_q - straty czasu (opóźnienia) ponoszone przez pojazdy prywatne na odcinkach prowadzących do danego skrzyżowania (wlotach),
- C_{qd} - straty czasu (opóźnienia) ponoszone przez pojazdy prywatne na odcinkach wychodzących ze skrzyżowania (wylotach),
- C_{qp} - straty czasu (opóźnienia) pojazdów komunikacji publicznej,
- C_{qx} - liczba pojazdów prywatnych, które przekraczają dopuszczalną kolejkę na odcinkach prowadzących do skrzyżowania,

⁷ W przypadku tak skomplikowanego modelu obiektu sterowania, jakim jest skrzyżowanie/sieć skrzyżowań nie można mówić o optymalnej strategii sterowania; a zwłaszcza, gdy jest ona wyznaczana w czasie rzeczywistym!

- C_{qdx} - liczba pojazdów prywatnych, które przekraczają dopuszczalną kolejkę na odcinkach wychodzących ze skrzyżowania (np. na skutek złej koordynacji z następnymi skrzyżowaniami),
- C_s - liczba zatrzymań pojazdów prywatnych na odcinkach prowadzących do danego skrzyżowania,
- C_{sd} - liczba zatrzymań pojazdów prywatnych na odcinkach wychodzących ze skrzyżowania (wylotach),
- C_{sp} - liczba zatrzymań pojazdów komunikacji publicznej,

Poszukiwanie suboptymalnych wartości funkcji kosztu (a więc również wartości zmiennych sterujących) jest przeprowadzane przez algorytm, co każde 3 sekundy (a więc w czasie rzeczywistym) z wyprzedzeniem 120 sekundowym (horyzontem) liczonym od danej chwili.

Proces optymalizacji sterowania jest przeprowadzany z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa ruchu (tj. brana jest pod uwagę tablica czasów międzyzielonych oraz minimalne czasy trwania poszczególnych grup sygnalizacyjnych) a także wartości minimalnych i maksymalnych dla czasu trwania fazy i cyklu, które zostają ustalone na etapie tworzenia programu ruchowego w SPOT.

2.5.2. Realizacja programu ruchowego

Program ruchowy w systemie UTOPIA-SPOT jest typowym programem fazowym. Na etapie projektowania określa się minimalne oraz maksymalne czasy trwania poszczególnych faz wchodzących w skład programu. Ostateczna długość trwania poszczególnych faz jest dobierana automatycznie na podstawie obliczeń optymalizacyjnych algorytmu SPOT. Długość trwania zależy, więc ściśle od aktualnej sytuacji ruchowej na danym skrzyżowaniu⁸.

Rozróżniamy następujące rodzaje faz:

- Stałe (*Fixed*) – realizowane są zawsze,
- Alternatywne (*Alternative*) (sterowanie grupowe) – występują zawsze, ale niektóre z grup tej fazy mogą się nie pojawiać (jedynie po wystąpieniu żądania na te grupy)
- Opcjonalne (*Optional*) – realizowane są tylko wtedy, gdy występuje żądanie na główne grupy sygnalizacyjne tej fazy
- Opcjonalno Alternatywne (*Optional Alternative*) – połączenie dwóch powyższych przypadków

Jeżeli założymy poniższy układ faz programu ruchowego (jeden cykl) systemu UTOPIA-SPOT:

	I	II	III	IV	V
min-max [sek]	30-60	21-27	18-27	15-21	18-42
	Fix	Opt.	Fix	Opt.	Fix

⁸ Oczywiście algorytm uwzględnienia również sytuację na skrzyżowaniach sąsiednich, co było wyjaśnione w rozdziale o optymalizacji.

to przykładowa realizacja takiego programu (cztery pełne cykle + początek piątego) może wyglądać w następujący sposób:

0%	0	0	0	62%	26%	100	50%	0%	66%	50%	80%	100	0	25	20%
30	21	18	15	33	38	27	30	30	24	30	54	27	15	24	36

Wartości górne oznaczają procentowe wydłużenie fazy w danym cyklu, natomiast wartości dolne oznaczają długość trwania danej fazy (wartość w sekundach).

Widzimy, że faza pierwsza została wydłużona w drugim cyklu do 38 sekund (co stanowi 26% jej maksymalnego czasu trwania) natomiast w cyklu czwartym aż do 54 sekund (80% maksymalnego czasu). Faza druga jest fazą opcjonalną i wystąpiła tylko w pierwszym cyklu (bez wydłużenia – zostało zrealizowane tylko minimum czasu trwania), natomiast faza czwarta (również faza opcjonalna) wywołana została dwukrotnie – w pierwszym oraz czwartym cyklu.

2.5.3. Koordynacja

Klasycznie rozumiana koordynacja sterowników ruchu drogowego polega na wysyłaniu impulsu oznaczającego np. początek cyklu. Jest to podejście przestarzałe i sprawdza się tylko, jeżeli aktualny rozkład ruchu jest identyczny z rozkładem ruchu, jaki został założony przy projektowaniu "planu koordynacji".

Jeżeli chodzi o koordynację poszczególnych skrzyżowań wchodzących w skład systemu UTOPIA-SPOT to algorytm optymalizujący (SPOT) wylicza cykle poszczególnych skrzyżowań tak, aby zminimalizować rozbudowaną funkcję kosztów, na którą składa się m.in. liczba zatrzymań pojazdów w sieci. Odpowiednie dobranie współczynnika wagowego powiązanego z tym parametrem pozwala wymusić na systemie płynny i niezakłócony ruch pojazdów w danym korytarzu. Mamy tu, więc do czynienia z tzw. dynamiczną koordynacją, która zależy ściśle od chwilowych natężeń ruchu i zapotrzebowania na wyzwianie poszczególnych kierunków ruchu (tzw. grupy "na żądanie") na wszystkich skrzyżowaniach. Nie definiuje się tu żadnych offsetów tak jak w przypadku tradycyjnej koordynacji.

Jeżeli w systemie wyodrębniamy korytarze, w których najbardziej nam zależy na uzyskaniu dobrej koordynacji to możemy im przypisać odpowiednie wagi (tzw. "coordination path weights"), które powodują, że system traktuje kierunki ruchu należące do tych korytarzy jako bardziej lub mniej uprzywilejowanie (w zależności od wartości przypisanej im wagi).

Należy, więc dodać, że nie uzyskujemy w ten sposób „sztywnej koordynacji” – SPOT sam dostosowuje „parametry koordynacji” i może się zdarzyć, że celowo zaburzy koordynację na głównym korytarzu w przypadku, gdy zajdzie taka potrzeba (np. na którymś z wlotów bocznych utworzą się duże kolejki...)

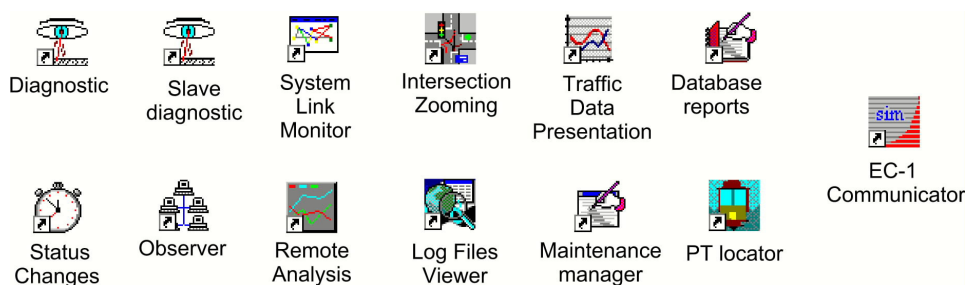
3. MONITORING, DIAGNOSTYKA, INGERENCJA

Moduły UTOPIA dostarczają trzy podstawowe funkcje:

- zdalny monitoring wszystkich urządzeń zastosowanych na drodze w tym sterowników ruchu, kamer video, jednostek optymalizacji ruchu SPOT, znaków o zmiennej treści i innych,
- diagnostyka uszkodzonych urządzeń wraz z dokładnymi czasami powstania i usunięcia awarii,
- ingerencja w działanie systemu.

3.1. MONITORING I DIAGNOSTYKA

Funkcja monitoringu ruchu oraz działania wszystkich urządzeń zainstalowanych na skrzyżowaniach jest poprowadzona przy pomocy wielu modułów systemu UTOPIA. Do urządzeń podlegających monitoringowi zalicza się sterowniki ruchu, jednostki SPOT, urządzenia łączności, znaki o zmiennej treści oraz podgląd z kamer.



Rys. 3.1 Moduły UTOPIA do diagnostyki oraz monitoringu.

Moduł *Diagnostic* SPOT zawiera 14 funkcji monitorujących wszystkie urządzenia łącznie z detekcją pojazdów, pieszych i liniami łączności.

Moduł *Slave diagnostic* może służyć do równoczesnego monitorowania systemu przez np. jednostkę administracji drogowej.

Moduł *System Link Monitor* ukazuje pracę całego systemu, stan strategicznych detektorów, natężenia ruchu oraz stan pracy sterowników.

Moduł *Intersection Zooming* pozwala na szczegółowy monitoring działania skrzyżowań, statusu działania detekcji, kolejek na wszystkich wlotach skrzyżowania oraz status łączności ze wszystkimi urządzeniami.

Moduł *Traffic Data Presentation* służy do przedstawienia w postaci graficznej danych o ruchu: długości cykli, kolejek, rozkładów natężeń, pomiarów ruchu na każdej pętli od początku działania systemu.

Moduł *Status Changes* pozwala sprawdzić zmiany stanu pracy elementów systemu: sterowników, linii komunikacyjnych, pętli, przycisków, etc.

Moduł *Observer* zbiera dane z jednostek SPOT i dystrybuuje je do wszystkich modułów w systemie

Moduł *Remote Analysis* pozwala na szczegółową obserwację kolejek na skrzyżowaniu wraz z czasami trwania poszczególnych faz ruchu i ich wydłużeniami

Moduł *PT Locator* służący do lokalizacji pojazdów transportu publicznego, przewidywania czasów przyjazdu, nadawania priorytetów

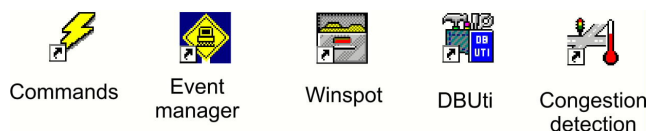
Moduł *Log File Viewer* służy do przeglądania plików zawierających rejestry zdarzeń

Moduł *Database* służący do przygotowywania i drukowania cyklicznych raportów na temat funkcjonowania systemu.

EC-1/2 Communicator - narzędzie będące częścią oprogramowania dostarczanego ze sterownikiem ruchu EC-1 oraz EC-2, służy do komunikacji ze sterownikiem poprzez protokół TCP-IP, zmiany parametrów, ściągania dzienników i danych ze sterownika oraz karty wykonawczej SPOT.

3.2. INGERENCJA

Funkcja ingerencji w działanie sygnalizacji stanowi o zasadniczej różnicy w funkcjonowaniu systemu sterowania ruchem i tradycyjnym sterowaniem sygnalizacją z koordynacją. Pozwala wpływać na pracę systemu poczynając od zmiany prostych parametrów, aż po zdalną zmianę programu.



Rys. 3.2 Moduły UTOPIA do ingerencji.

Moduł wysyłania rozkazów *Command* umożliwia operatorowi systemu natychmiastową ingerencję w działanie systemu. Między innymi pozwala na zmianę programu sterownika z centralnego na lokalny lub żółte migowe.

Moduł *Congestion Management* umożliwia automatyczną ingerencję w działanie systemu na podstawie zdefiniowanych zdarzeń na drodze związanych z blokadą pasów lub jezdni związanych głównie z wypadkami i korkami ulicznymi. Moduł umożliwia również obsługę znaków o zmiennej treści.

Moduł *Event Manager* pozwala na zaplanowaną ingerencję w działanie systemu. Ingerencja może dotyczyć priorytetów regulowanych przez wagi na różnych kierunkach ruchu i różnych grup pojazdów podlegających detekcji w określonym czasie. Moduł pozwala również na automatyczną zmianę statusu pracy sterownika, np. żółte migowe w nocy i zmianę działania sterowania w przypadku specjalnych i przewidywalnych wydarzeń takich jak wydarzenia sportowe i uroczystości.

Moduł *Winspot* oraz *DBUTi* służą do konfiguracji programów ruchowych systemu UTOPIA-SPOT.

3.3. PODGLĄD OBRAZU Z KAMER

Poprzez zainstalowanie dodatkowych urządzeń – serwerów wizji (np. Axis 241Q) możliwe jest uzyskanie podglądu z kamer w celu monitoringu sytuacji na skrzyżowaniach. Wspomniany serwer jest urządzeniem czterokanałowym, co oznacza, że umożliwia podgląd z czterech kamer równocześnie. Zadaniem serwera wizji jest zamiana sygnału analogowego pochodzącego z kamery na sygnał cyfrowy, który może być przesyłany protokołem TCP/IP.

Każdy serwer wizji posiada własny numer IP, za pomocą którego można uzyskać dostęp do obrazu z kamer.

Do celów monitoringu można użyć kamer już istniejących na skrzyżowaniach (wykorzystanych do detekcji) lub też zainstalować dodatkowe kamery przeznaczone jedynie do podglądu. W tym drugim przypadku możliwe jest lepsze dostosowanie obszaru widzianego przez kamerę - kamera wykorzystywana do celów detekcji z założenia musi „patrzeć w ziemię”.

4. UŻYWANE SKRÓTY

IP – Internet Protocol

LAN – Local Area Network

MDSL – Medium bit rate Digital Subscriber Link

PC – Personal Computer

SPOT – Signal Progression Optimization Technology

TCP – Transmission Control Protocol

UTOPIA – Urban Traffic Optimization by Integrated Automation

VPN – Virtual Private Network

5. SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Rys. 2.1 Architektura systemu SPOT-UTOPIA.	2
Rys. 2.3 Rodzaje detektorów stosowane w systemie UTOPIA-SPOT.	5
Rys. 3.1 Moduły UTOPIA do diagnostyki oraz monitoringu.	9
Rys. 3.2 Moduły UTOPIA do ingerencji.	10