



PREZYDENT MIASTA KRAKOWA

OR-03.0003.1659.2016

Kraków, 13 CZE 2016

Pan
Michał Drewnicki
Radny Miasta Krakowa

W odpowiedzi na Pana interpelację w sprawie systemu inteligentnego sterowania ruchem w Krakowie, zgłoszoną na sesji Rady Miasta Krakowa w dniu 25 maja 2016 r., uprzejmie informuję.

Podczas koordynowania sygnalizacji świetlnych należy brać pod uwagę szereg czynników, w tym tak znaczące jak: podstawowa długość cyklu, odległości między sygnalizacjami świetlnymi, geometria i natężenia ruchu na poszczególnych skrzyżowaniach oraz dozwolona prędkość poruszania się pojazdów.

Podstawowa długość cyklu jest wyznaczana przez najbardziej obciążone skrzyżowanie na całym ciągu koordynowanym i jest wspólna dla wszystkich sygnalizacji, jakie się na niej znajdują. Prowadzi to do sytuacji, gdzie wszystkie skrzyżowania, na których ten cykl mógłby być krótszy, mają sztucznie wydłużane czasy oczekiwania. Na rozpatrywanym ciągu al. Pokoju takimi punktami krytycznymi są skrzyżowania z ul. Lema i ul. Ofiar Dąbia.

Kolejną determinantą jest odległość i prędkość jazdy między skrzyżowaniami, a także ich geometria, która ma bezpośredni wpływ na strukturę programu (układ faz), jaki może zostać zastosowany na danym skrzyżowaniu, co z kolei ma bezpośredni wpływ na dostępną długość sygnału zielonego dla kierunku koordynowanego oraz istotnie wpływa na możliwość koordynacji w dwóch kierunkach ruchu. Natomiast odległość i prędkość pokonywania drogi między skrzyżowaniami jest wyznacznikiem, ile czasu będzie potrzebowała kolumna pojazdów na przejazd. Biorąc pod uwagę wcześniejsze uwarunkowanie barier w doborze szczegółowo określonych ram czasowych w cyklu dla sygnału zielonego kierunku koordynowanego, rysuje się typowy problem takiego określania programów sygnalizacji na poszczególnych skrzyżowaniach, aby odległości czasowe między przydzielaniem sygnału zielonego na kolejnych skrzyżowaniach odpowiadały czasowi przejazdu i to w dwie strony. Jednak, ze względu na możliwość do zastosowania struktur programów, jest to najczęściej niemożliwe i należy wybierać, w którą stronę należy koordynować wiązkę pojazdów, a w którą należy ją zatrzymać.

Wyżej opisane ograniczenia dotyczą warunków idealnych (pomijających szereg innych uwarunkowań), tj. programów stałoczasowych na wszystkich sygnalizacjach świetlnych w ciągu. W tym miejscu obraz należy skomplikować poprzez nałożenie na niego wymagań dotyczących ruchu pieszego (np. koordynacją sygnału zielonego dla pieszych na przejściach przez sąsiadujące jezdnie), zmienności związanej z dostosowywaniem

się programów do aktualnego natężenia ruchu (akomodacja) oraz kwestii związanych z miejską polityką transportową (priorytet dla komunikacji zbiorowej).

Kwestia sposobu obsługi pieszych jest jednoznacznie związana z faktem przebiegania danego ciągu koordynowanego przez gęsto zamieszkane tereny (np. osiedle mieszkaniowe) oraz usytuowaniem głównego ciągu komunikacyjnego względem jezdni. Odosobnione przejścia dla pieszych, szczególnie prowadzące do przystanków komunikacji publicznej stanowią z punktu widzenia pieszego istotną barierę komunikacyjną, gdyż aby przejść z jednej strony osiedla na drugą lub dojść do przystanku komunikacji publicznej, trzeba pokonać przynajmniej jedną jezdnię. Przypadek al. Pokoju był szczegółowo analizowany pod kątem jakości obsługi pieszych na poszczególnych przejściach wraz z Radą i Zarządem Dzielnicy II. Na podstawie wyników tej analizy ustalono, że przy występujących uwarunkowaniach ruchu pieszego, najbardziej korzystnym wariantem jest dwukrotne otwieranie przejść dla pieszych w jednym cyklu. Zdecydowanie polepsza to warunki ruchu pieszego, jednocześnie minimalizując utrudnienia dla samochodów. Jednak takie działanie programów jest jednym z czynników, które powodują, że przejście może otrzymać sygnał zielony także na początku lub końcu czasu przeznaczanego dla wiązki koordynacyjnej.

Kolejnym czynnikiem jest praca programów w trybie akomodacyjnym. Polega ona na dostosowywaniu fazy pracy sygnalizacji do aktualnej sytuacji ruchowej na skrzyżowaniu, w przeciwieństwie do programu stałoczasowego, w którym otwarcia sygnału zielonego następują po sobie w zdefiniowanej czasowo kolejności. Efektem akomodacji jest wydłużanie, skracanie lub nawet nieprzydzielanie sygnału zielonego. Końcowa struktura realizowanego programu, będzie inna niż jest to założone w programie stałoczasowym. Szczególnie dotyczy to momentów przyznania i zakończenia sygnału zielonego. Może więc zaistnieć sytuacja, że na pierwszym skrzyżowaniu w ciągu koordynowanym sygnał zostanie przydzielony wcześniej, a na kolejnym trochę później niż wykazuje plan koordynacji i w konsekwencji pojazdy jadące głównym ciągiem będą musiały się zatrzymać.

Pewną nieprzewidywalność kształtowania się wiązki koordynacyjnej, wprowadzaną przez akomodację, znacząco zwiększa wprowadzenie priorytetu dla komunikacji zbiorowej. Nie ma w tym przypadku znaczenia czy korytarz z nadanym priorytetem przebiega w poprzek, czy wzdłuż ciągu koordynowanego dla samochodów. Priorytet dla komunikacji polega w głównej mierze na przydzieleniu sygnału zezwalającego dla pojazdu komunikacji zbiorowej szybciej (co wymaga przerwania i skrócenia sygnału zielonego aktualnie realizowanego), wydłużeniu już przydzielonego sygnału poza domyślne ramy czasowe lub uruchomieniu dodatkowej fazy w takim momencie cyklu, gdy przy braku zgłoszenia pojazdu komunikacji zbiorowej byłyby obsługiwane inne strumienie ruchu. Każda z powyższych strategii sterowania priorytetowego powoduje, że początek lub koniec sygnału zielonego w wiązce koordynowanej ulega przesunięciu czasowemu. W szczególnych przypadkach to przesunięcie może wynosić nawet połowę cyklu, co de facto oznacza przydzielenie sygnału całkowicie poza domyślnymi ramami czasowymi (czyli poza teoretycznie wyznaczoną idealną wiązką koordynacji dla pojazdów). Skutki przydzielenia priorytetu najczęściej wykraczają poza cykl, w którym priorytet został przydzielony i mogą trwać do dwóch kolejnych cykli (przesunięcie koordynacji jest stopniowo korygowane z cyklu na cykl). Z punktu widzenia kierowcy takie zachowanie sygnalizacji jest niczym nieuzasadnione, gdyż w zasięgu jego wzroku nie przebywa żaden tramwaj, jednak nie jest tak z punktu widzenia algorytmiki i ograniczeń prawnych, jakie są narzucone na pracę programów sygnalizacji świetlnych.

Przenosząc wyżej opisaną teorię pracy programów na warunki panujące w ciągu al. Pokoju, w pierwszej kolejności należy rozpatrzyć wpływ geometrii oraz długości maksymalnego cyklu sygnalizacji na możliwość wykonania wiązki koordynacyjnej w obu

kierunkach. Na ciągu od Centrum Handlowego M1 do ulicy Kordylewskiego istnieją cztery miejsca, w których występują ograniczenia w kształtowaniu wiązki koordynacyjnej. Są to skrzyżowania: wjazd do C.H. M1, ul. Lema, wjazd do C.H. Plaza i skrzyżowanie z ul. Ofiar Dąbia. Każde z tych skrzyżowań charakteryzuje się innymi zależnościami między grupami (obecność wydzielonych relacji skrętnych w lewo, obecność i długość przejść dla pieszych). Minimalną długość cyklu wyznacza skrzyżowanie z ul. Lema i obecnie wynosi on 90 sek. Przy takiej długości cyklu i ograniczeniach w programach na ww. skrzyżowaniach nie jest fizycznie możliwe złożenie wiązki koordynacyjnej tak, aby był możliwy przejazd w dwie strony bez zatrzymania nawet dla programu stałoczasowego. W obecnej chwili „idealna” (bazowa) wiązka jest tak kształtowana, aby w każdym kierunku ruchu na al. Pokoju nastąpiło jedno lub dwa zatrzymania. Należy także zauważyć, że prędkość na znaczącym odcinku al. Pokoju jest ograniczona do 50 km/h i na taką prędkość jest ta wiązka kształtowana. Przejazd z wyższą prędkością niż ta, dla której kształtowana jest wiązka, powoduje tylko dłuższe postoje na poszczególnych skrzyżowaniach.

Istotną kwestią jest także sposób kształtowania się przejazdu kolumny pojazdów przez poszczególne sygnalizacje świetlne. Najczęściej spotykaną wersją jest nierównomierność w otrzymywaniu sygnału zielonego przed przejazdem kolejki pojazdów. Jest to związane z geometrią ciągu i może prowadzić do takiej sytuacji, że na pierwszym skrzyżowaniu pojazd rusza na początku sygnału zielonego, na drugim przejeżdża w połowie jego trwania (koniec poruszającej się kolumny pojazdów musi się zatrzymać), aby na kolejnym musieć się na chwilę zatrzymać lub mocno zwolnić. W takiej sytuacji może dochodzić do sytuacji, że kierujący widzący szybciej przyznany sygnał zielony na drugim skrzyżowaniu przyspieszają, i utrzymują zwiększoną prędkość na kolejnym odcinku, co skutkuje późniejszym zatrzymaniem na kolejnej sygnalizacji. Natomiast przejazd z prędkością mniejszą zwiększa prawdopodobieństwo zatrzymania na drugiej sygnalizacji. Należy zwrócić uwagę, że kształt wiązki jest taki, że samochody stojące na drugiej sygnalizacji po ruszeniu mają także zagwarantowane zatrzymanie na trzeciej z nich, dopóki nie „wejdą” z powrotem do wiązki koordynowanej razem dla trzech, a nie dwóch skrzyżowań. W przypadkach skomplikowanych taka sytuacja może powtarzać się przez kilka kolejnych skrzyżowań i jest ona praktycznie nie do uniknięcia. Takie rozwiązanie, które z punktu widzenia kierujących sprawia wrażenie wadliwej pracy sygnalizacji jest zwykle skutkiem próby pogodzenia warunków ruchu dla dwóch kierunków ruchu (alternatywnym rozwiązaniem jest bardzo dobra koordynacja w jednym kierunku i brak koordynacji w kierunku przeciwnym, skutkujący zatrzymaniem na każdym skrzyżowaniu i długim oczekiwaniem na sygnał zielony).

Drugim poruszonym aspektem są uwarunkowania ruchu pieszego. Ciąg od przejścia przy ul. Świtezianki do przejścia przy ul. Kordylewskiego biegnie przez środek osiedla mieszkaniowego. Takie położenie przyczynia się do wysokiego udziału pieszych przekraczających całą szerokość al. Pokoju (nawet ponad 30%, gdy średnia dla miasta wynosi między 15 a 20%). Drugim elementem mocno wpływającym na natężenia ruchu pieszego jest lokalizacja przystanków komunikacji tramwajowej (głównego środka komunikacyjnego w tym ciągu) w pasie dzielącym jezdnie. W takich przypadkach możliwe są do zastosowania dwie strategie sterowania: przydzielanie sygnału zielonego na wszystkich przejściach jednocześnie na dłuższy czas lub przydzielanie zielonego na poszczególnych przejściach na krótko, ale niezależnie i częściej. Obie strategie mają swoje wady i zalety, dlatego obie są stosowane zależnie od potrzeb oraz mają różny wpływ na efektywność koordynacji sygnalizacji.

Z uwagi na fakt, że na każdy program sygnalizacji narzucone są pewne ograniczenia w zakresie możliwych do zastosowania długości cyklu (w tym wymogi koordynacji), obie strategie mają odmienną charakterystykę częstości przydzielania sygnału zielonego. Ponadto

z przejść korzystają dwie różne grupy pieszych, które mają odmienne wymagania odnośnie działania sygnalizacji. Pierwsza z nich to piesi przechodzący na drugą stronę ulicy. Preferują przejście na sygnale zielonym „na raz” i mogą poczekać dłuższy, choć ograniczony czas na jego otrzymanie. Druga grupa porusza się tylko z i na przystanek. Ta grupa pieszych oczekuje, że sygnał będzie przydzielany jak najszybciej i jak najczęściej.

W pierwszej ze strategii sterowania sygnał zielony przydzielany jest na dość długi czas, który jest determinowany przepuszczaniem pieszego przez cały przekrój ulicy. Dla przykładu na przejściach przy ul. Kordylewskiego i ul. płk. Nullo jest to ok. 25 m, co przy standardowej prędkości pieszego 5 km/h daje czas przejścia równy 18 sek. Wliczając wymagane czasy bezpieczeństwa, pełna obsługa przejścia od zakończenia do rozpoczęcia sygnału zielonego dla pojazdów wynosi 34 sek. Czas ten ulega jednak często dodatkowemu wydłużeniu ze względu na osoby starsze, które najczęściej nie są w stanie przejść na drugą stronę z założoną teoretyczną prędkością. Przy długości cyklu 90 sek. długość sygnału zielonego dla pojazdów w przypadku pojedynczego otwarcia wyniesie 56 sek., a przy podwójnym otwarciu 18 sek. (po 8 sek. na otwarcie). Przy takich warunkach czasowych podwójnego otwarcia w tej strategii nie stosuje się. Ma to swoje konsekwencje w znacznym czasie oczekiwania na sygnał zielony oraz dużej akumulacji pieszych pomiędzy jezdnią a torowiskiem po przyjeździe tramwaju. Należy także zauważyć, że ze względu na priorytet dla tramwaju nie ma gwarancji przejścia na drugą stronę w jednym cyklu, gdyż sygnał dla pieszych może zostać skrócony po zarejestrowaniu tramwaju w pobliżu przejścia. Dochodzą więc nieprzewidywalne straty czasu dla pewnej liczby pieszych.

W przypadku drugiej ze strategii (przejście „dzielone”) sygnał przydzielany jest na minimalny czas potrzebny na przejście przez jedną jezdnię. W obu lokalizacjach jest to 7 sek., a łączny czas obsługi wynosi 22 sek. Przy założeniu dwukrotnego otwarcia dla pojazdów pozostaje do dyspozycji 46 sek., a więc nieznaczaco mniej niż w przypadku pierwszej strategii (przejścia jednoetapowo przez obie jezdnie). Dodatkowo skraca się czas oczekiwania pieszych do średniej wartości ok. 25 sek. z ok. 45 sek. w przypadku pierwszej strategii. Nie występuje problem przerywania sygnału zielonego poprzez priorytet dla tramwaju. Natomiast skutkiem jest brak płynnego przejścia przez cały przekrój ulicy, co jest kompensowane krótkim czasem oczekiwania na wyspach rozdzielających jezdnie od torowiska.

Wybór danego rozwiązania jest determinowany przez wzajemny stosunek liczebności obu grup pieszych, warunków koordynacji i poziomu priorytetu dla tramwaju, jaki jest zakładany. W przypadku przejść przy ul. Świtezianki, ul. płk. Nullo i ul. Kordylewskiego została wybrana strategia dzielonych przejść. Na przejściu przy wejściu do C.H. Plaza oraz przy ul. Fabrycznej przejścia są dzielone, jednak bez podwójnego otwarcia. Natomiast na skrzyżowaniu z ul. Ofiar Dąbia liczba pieszych, którzy nie kierują się do tramwaju jest tak znacząca, że zagwarantowane jest przejście „na raz”.

Jak było zaznaczone uprzednio, wprowadzanie dwukrotnego otwarcia przejść dla pieszych musi się odbyć kosztem przecięcia części wiązki koordynacyjnej. Polepszenie warunków ruchu pieszego pogarsza jakość przejazdu, nie zmniejszając jednocześnie przepustowości całego ciągu.

Na zarysowany, uproszczony obraz ogólnych zasad pracy sygnalizacji należy narzucić warunki tworzone przez pracującą na wszystkich skrzyżowaniach akomodację. W przypadku al. Pokoju najlepiej jest to widoczne na przykładzie układu skrzyżowań ul. Lema – C.H. Plaza, gdyż każde większe odbiegnięcie realizacji programu od założonej wiązki koordynacyjnej kończy się w tym zespole zatrzymaniem na kolejnej sygnalizacji. Ten efekt jest szczególnie widoczny w godzinach porannych, kiedy ruch wjazdowy i wyjazdowy

z C.H. Plaza jest na tyle znikomy, że sterownikowi łatwo jest zmieniać strukturę sygnałów i wybiegać poza ramy koordynacji. Wówczas może dochodzić do sytuacji, gdy wcześniejsze przyznanie sygnału zielonego na głównym ciągu z powodu braku wyjazdów z wlotów bocznych spowoduje dotarcie kolumny pojazdów przed zaplanowanym przyznaniem sygnału zielonego na sąsiednim skrzyżowaniu. Natomiast na skrzyżowaniu z ul. Ofiar Dąbia i C.H. M1 dojazd z wlotów bocznych cechuje się na tyle wysokim poziomem losowości dopływów, że wprowadza dość duże rozbieżności z założonym planem koordynacji.

Drugą kwestią związaną z akomodacją jest ponownie obsługa przejść dla pieszych. W związku z dwukrotnym otwarciem przejść w cyklu może się zdarzyć, że sygnał zostanie przydzielony w przerwie wiązki koordynacyjnej. Należy zaznaczyć, że w przydzielonym oknie koordynacyjnym przejście otrzymuje sygnał, jeśli sterownik stwierdzi brak wydłużeń od pojazdów lub nastąpi koniec tzw. okna koordynacyjnego. Takie założenia powodują, że jeśli w wiązce koordynacyjnej będzie wyjątkowo długa przerwa między pojazdami (a zdarzają się takie), to przy zgłoszeniu pieszego może nastąpić uruchomienie przejścia. Zgodnie z uprzednio przedstawionymi obliczeniami, obsługa nawet krótkiego otwarcia przejścia jest dość kosztowna czasowo i na pewno będzie dłuższa niż czas ewentualnego dojazdu kolejnej kolumny pojazdów z sąsiedniego skrzyżowania. Prowadzi to wprost do „wyjścia” kolejki pojazdów z wiązki koordynacyjnej i skutków z tym związanych, opisanych wyżej.

Ostatnim, najbardziej wpływającym na jakość koordynacji, elementem jest zapewnienie priorytetu dla komunikacji tramwajowej. O ile na skrzyżowaniu z ul. Lema czy wyjazdem z C.H. M1 ma on wpływ raczej na przesunięcia otrzymania i zakończenia sygnału zielonego w stosunku do wyznaczonych ram koordynacji, to już na skrzyżowaniu z C.H. Plaza i ul. Ofiar Dąbia nadanie priorytetu potrafi całkowicie zmienić funkcjonowanie sygnalizacji w danym cyklu. W obu przypadkach konsekwencją może być obsługa innych relacji w momencie, gdy sygnał zielony powinien być przyznany dla kierunków koordynowanych. W przypadku wyjazdu z C.H. Plaza jest to związane z dużą nierównomiernością wyjazdu oraz wjazdu oraz niekorzystną geometrią przejścia dla pieszych wzdłuż al. Pokoju. Ten układ geometryczny powoduje dość dużą bezwładność programu wynikającą z wymagań formalnych dotyczących przełączeń sygnałów i w związku z tym nadanie priorytetu niejako automatycznie powoduje realizację sygnału zielonego dla kierunków bocznych w czasie im nieprzeznaczonym. Natomiast na skrzyżowaniu z ul. Ofiar Dąbia zapewnienie przejścia „na raz” wymaga długiego otwarcia fazy dla kierunku bocznego i w związku z tym wydłużenie sygnału zielonego na głównym kierunku musi się odbywać kosztem przesunięcia kolejnego otwarcia tego kierunku tak, aby można było zrealizować wymaganą długość sygnału zielonego dla pieszych. Ponadto obciążenie wylotu ul. Ofiar Dąbia jest na tyle znaczne, że skracanie sygnału zielonego przez tramwaje prowadzi do „oddawania” tego czasu w innych cyklach, co prowadzi do braku realizacji idealnej wiązki koordynacyjnej.

Na samodzielnych przejściach dla pieszych przydzielanie priorytetu najczęściej nie ma bezpośredniego przełożenia na jakość koordynacji. Wyjątkiem jest tutaj przejście przy ul. Świtezianki, gdzie ze względu na wjazd na pętlę tramwajową Dąbie przejście przez torowisko jest połączone funkcjonalnie z północną jezdnią al. Pokoju. W tym przypadku każdy tramwaj otrzymujący priorytet wpływa na długość sygnału zielonego na równoległej jezdni. W połączeniu z dwukrotnym otrzymywaniem sygnału dla pieszych wprost prowadzi to do sytuacji, w której przydzielenie priorytetu z jednoczesnym zgłoszeniem pieszego na przejściu powoduje przerwanie wiązki koordynacyjnej w danym cyklu i możliwe jej przesunięcie w kolejnych cyklach sygnalizacji.

Należy zauważyć, że nadawanie priorytetu dla komunikacji tramwajowej jest działaniem zapisanym w miejskiej polityce transportowej do stosowania przy programowaniu sygnalizacji świetlnych. Dodatkowo, wraz z inwestycjami dofinansowanymi przez Unię Europejską, skrócenie czasu przejazdu, czyli m.in. nadanie priorytetu, jest zapisane jako „produkt” i w związku z tym założenia programu sygnalizacji świetlnej są objęte tzw. trwałością projektu.

Przedstawione powyżej zasady działania sygnalizacji są próbą pogodzenia potrzeb poszczególnych grup użytkowników ruchu, które są ze sobą wzajemnie sprzeczne. Koordynacja sygnalizacji jest zapewniana w sytuacji, gdy nie zakłóca jej ruch tramwajów oraz pieszych. Tramwaje otrzymują priorytet na skrzyżowaniach, jednak nie jest on bezwzględny z uwagi na ruch pojazdów i potrzeby pieszych. Piesi nie mogą mieć zapewnionych wzorowych długości sygnałów zielonych i częstego ich przyznawania z uwagi na ruch tramwajów i koordynację na ciągu al. Pokoju. Reasumując, realizowany przez sterownik program stanowi wypadkową potrzeb różnych uczestników ruchu. Przedstawiony w nagraniu przejazd samochodem przez al. Pokoju jest tego dobrym przykładem. Brak idealnej koordynacji, jeśli nie wynika z geometrii i odległości (sekwencji) skrzyżowań, stanowi odpowiedź na ruch pieszych i tramwajów oraz panujące na skrzyżowaniu natężenia ruchu. Jednocześnie należy zauważyć, że większość zatrzymań była kilkunastosekundowa, co jest raczej dowodem na występowanie synchronizacji skrzyżowań, niż jej braku. Idealna koordynacja odbywałaby się kosztem ruchu komunikacji zbiorowej, pieszych i ruchu z kierunku przeciwnego.

Przedstawiony sposób realizacji programów przez sterownik funkcjonuje w ramach Systemu Sterowania Ruchem, którego działanie jest wielostopniowe. Wyżej opisana funkcjonalność i uwarunkowania odbywają się na poziomie, który można określić jako „taktyczny”. Na tym poziomie operuje sterownik sygnalizacji świetlnej, który jest odpowiedzialny za realizację programu. Z punktu widzenia funkcjonalnego poziom ten może być całkowicie odizolowany od poziomów wyższych, nie tracąc opisanej funkcjonalności. Możliwe jest także na tym poziomie tworzenie koordynacji pomiędzy poszczególnymi sterownikami, z tym zastrzeżeniem, że są to układy stałe, narzucane wcześniej przez projektanta.

Na poziom strategiczny składa się kilka komponentów. Niektóre z nich mogą być stosowane niezależnie, a inne tylko w połączeniu z pozostałymi. Podstawowym elementem jest system komunikacyjny odpowiedzialny za zbieranie danych oraz przekazywanie poleceń wydawanych przez pozostałe elementy Systemu Sterowania Ruchem. Drugim istotnym elementem jest system nadzoru. Pozwala on na bieżące monitorowanie pracy poszczególnych sygnalizacji świetlnych, archiwizowanie tych danych, obróbkę analityczną, a także ręczne korygowanie pracy przez wysyłanie poleceń przez operatora. Element ten także realizuje nadrzędny w stosunku do lokalnego plan roczny pracy sygnalizacji (tzw. harmonogram przełączeń programów) i jest to element niezbędny do ewentualnego wyłączenia działania kolejnego elementu, jakim jest system optymalizacji sieciowej.

Ostatni z wymienionych wcześniej elementów jest tym, który w całym Systemie Sterowania Ruchem, odpowiada za jego najbardziej dynamiczną część. W potocznym rozumieniu System Sterowania Ruchem jest odpowiednikiem właśnie tego elementu, pomimo że sam System obejmuje o wiele szersze spektrum zagadnień, a system optymalizacji sieciowej może, ale zdecydowanie nie musi być jednym z jego elementów składowych. Co więcej, zaliczenie sygnalizacji świetlnej do pracy w Systemie nie oznacza automatycznie objęcia jej pracą z podsystemem optymalizacji sieciowej.

Praca w Systemie oznacza, że sygnalizacja świetlna jest objęta monitoringiem, ma możliwość reagowania na polecenia operatora, reaguje na zdarzenia zdefiniowane na poziomie aplikacji centralnej (automatyczne lub półautomatyczne) oraz poszczególne stany i dane z jej pracy są archiwizowane.

Natomiast sam podsystem optymalizacji sieciowej jest odpowiedzialny w ogólnym rozumieniu za dynamiczne tworzenie na określony czas i obszar wiązek koordynacyjnych oraz przesyłanie ich do sterowników sygnalizacji świetlnej celem wykonania. W tym celu w bazie danych systemu implementowany jest statyczny model sieci, na jakiej pracuje dany obszar koordynowania. Model ten zawiera odniesienia do grup sygnalizacyjnych, detektorów, pasów ruchu i odległości pomiędzy poszczególnymi elementami. Musi on być korygowany wraz z każdą zmianą rozwiązań, jakie znajdują się w terenie. Drugim elementem, na jakim bazuje podsystem, są pomiary ruchu drogowego. Informacje o ruchu zbierane są z detekcji podłączonej do sterowników sygnalizacji świetlnej. Dane są wysyłane co 1 – 2 minuty z poprzedniego interwału (większa częstotliwość nie ma uzasadnienia, gdyż pojawiać się będą puste okresy ze względu na cykl sygnalizacji). Na podstawie pomiarów z ostatniego i poprzednich okresów tworzona jest więźba ruchu wraz z natężeniami na poszczególnych relacjach w modelu sieci drogowej. Więźba może być tworzona na kilka różnych sposobów w zależności od implementacji, jaka jest używana przez danego producenta. W przypadku Krakowa w jednym przypadku używana jest dynamicznie generowana macierz źródło-cel na podstawie danych o natężeniu ruchu w każdym przebiegu. W drugim na macierz wygenerowaną z bazowych pomiarów nakładane są natężenia ruchu, a następnie tak wyliczona macierz jest kalibrowana do wartości otrzymanych z pomiarów.

W kolejnym kroku wyliczona macierz jest podstawą do opracowania bazowych programów sygnalizacji świetlnej dla każdego ze sterowników znajdujących się w obszarze oddziaływania. Podstawą do opracowania jest tzw. bazowa struktura programu sygnalizacji, która jest odzwierciedleniem programu stałoczasowego, jaki jest podstawą pracy sygnalizacji. Możliwe jest także wprowadzenie alternatywnych struktur tak, aby zwiększyć możliwości optymalizacji sterowania w obszarze.

W zależności od użytego systemu optymalizacji sieciowej (w Krakowie są zainstalowane dwa różne) do wyliczania programów używane są różne dane zależne od pory dnia. W pierwszym przypadku jest to scenariusz koordynacyjny, a w drugim długość cyklu. W obu przypadkach te dane mogą zostać podmienione poprzez użycie skryptów. Umożliwia to doprecyzowanie działania podsystemu w przypadku, jeśli warunki ruchowe odbiegają od typowych występujących w danych okresach dnia (brany jest także pod uwagę dzień tygodnia).

Procedura wyliczania programów dla obszaru jest iteracyjna, częściowo polega na algorytmach genetycznych i dąży do minimalizacji funkcji celu, na którą składają się globalne straty czasu, liczba zatrzymań oraz długość kolejek. Dla każdej grupy sygnalizacyjnej na każdym skrzyżowaniu są określane na etapie definicji modelu wagi dla poszczególnych składowych funkcji celu, które wpływają na ogólną sumę funkcji celu, w zależności od długości sygnału zielonego jaka jest założona w danym programie. Należy zaznaczyć, że funkcja celu jest miernikiem obiektywnym, uwzględniającym globalny stan ruchu, toteż często z punktu widzenia poszczególnych użytkowników, działanie systemu może wydawać się „pozbawione logiki”.

Obliczenia kolejnych wersji programów i funkcji celu trwają od 3 do 15 minut w zależności od pory dnia i wyliczanego obszaru. Po tym czasie programy są przesyłane do sterowników sygnalizacji świetlnej. Wysyłane są tylko wyliczone programy stałoczasowe. Na tej podstawie sterownik generuje wewnętrznie plan ramowy działania, w którym

uwzględnia także wszystkie lokalne uwarunkowania, takie jak fazy alternatywne do podstawowych. Realizacja planu ramowego zgodnie z maksymalnymi założonymi wydłużeniami oraz w podstawowej strukturze na wszystkich sterownikach prowadzi do odtworzenia najlepszej możliwej wiązki koordynacyjnej. Zmiany w pracy odbiegające od programu bazowego leżą po stronie sterownika i zostały opisane wcześniej.

Odnosnie do kwestii wyłączania sygnalizacji świetlnych, informujemy, że nie istnieje plan wyłączania poszczególnych sygnalizacji świetlnych. Każda taka decyzja podejmowana jest na podstawie danych o natężeniach ruchu, geometrii skrzyżowania i poziomie bezpieczeństwa ruchu. W obecnej chwili wyłączeniu podlega 5 z 6 istniejących sygnalizacji świetlnych położonych w I obwodnicy. Ulegały one stopniowemu wyłączeniu wraz ze spadkiem natężenia ruchu w niektórych relacjach i podniesieniu poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego w ogólności. Docelowo po realizacji przebudowy całej I obwodnicy pozostanie tylko jedna działająca sygnalizacja na skrzyżowaniu ulic Stradomskiej – św. Gertrudy, ze względu na kolizje autobusów zjeżdżających z torowiska tramwajowego oraz pojazdów poruszających się równolegle, a także bardzo słabej widoczności dla składów tramwajowych wyjeżdżających z ul. św. Gertrudy.

Każdą decyzję o wyłączeniu danej sygnalizacji świetlnej poprzedza okres jej testowego wyłączenia, połączony z badaniami zachowania użytkowników. Jeśli nie zostanie stwierdzony podwyższony poziom zagrożenia lub wręcz wypadki, szczególnie z udziałem pieszych i rowerzystów, to najczęściej decyzja o wyłączeniu zostaje podtrzymana. Należy jednocześnie nadmienić, że w wielu lokalizacjach geometria skrzyżowania jest dostosowana wyłącznie do funkcjonowania z sygnalizacją (np. z uwagi na szerokość przekroju, brak widoczności).

Uprzejmie informuję, że wraz ze zwiększającą się kulturą jazdy kierowców na krakowskich ulicach liczba miejsc, w których można wyłączyć sygnalizację świetlną bez stwarzania zagrożenia w ruchu, systematycznie rośnie.

PREZYDENT MIASTA KRAKOWA

Jacek Majchrowski

Otrzymują:

1. Adresat
2. Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie
3. Biuletyn Informacji Publicznej
4. Aa