ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: TRANSPORT z. 52 Nr kol. 1621

Mariusz KACZMAREK [1], Jeremi RYCHLEWSKI [2]

DETEKCJA JAKO NIEZBĘDNY ELEMENT SYSTEMU ZMIENNOCZASOWEJ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ W MIASTACH

Streszczenie. Optymalne sterowanie ruchem ulicznym wiąże się z dostosowywaniem programów sterujących do sytuacji ruchowej. Szczególne znaczenie ma detekcja na skrzyżowaniach z sygnalizacją zmiennoczasową, od odczytów czujników zależy bowiem długość otwarcia wlotów, a więc również długość każdego cyklu. Prawidłowe sterowanie ruchem przez zmiennoczasową sygnalizację świetlną wymaga najczęściej stosowania kilku czujników pojazdów dla każdego wlotu. W miastach gęsta sieć ulic i kanalizacja skrzyżowań wymuszają zastosowanie konkretnych czujników do sterowania kilkoma grupami sygnałowymi jednocześnie, a niektóre czujniki są lokalizowane w rejonie sąsiednich skrzyżowań. Opis powstałego w ten sposób systemu detekcji, wraz z klasyfikacją priorytetu możliwego do osiągnięcia na sygnalizacji świetlnej jest tematem niniejszego referatu.

DETECTION AS A NECESSARY ELEMENT OF TRAFFIC RESPONSIVE TRAFFIC LIGHTS MANAGEMENT SYSTEM

Summary. Optimal street traffic management requires traffic lights' programs to adapt to current traffic array. On junctions with traffic responsive traffic management detection plays a special role, because length of a "go" signal, and consequently length of a traffic lights cycle, depends on readings from the detectors. Proper traffic management by an acyclic program requires usually several detectors to serve one signal. In cities density of street network and canalisation of junctions prompts utilisation of some detectors to serve several signal groups and location of detectors sometimes on neighbouring junctions. A description of a detections system thus created with a definition of a scale of priority possible to obtain on junctions with traffic lights is the topic of this paper.

1. WPROWADZENIE

Detekcja ruchu jest nieodzownym elementem inteligentnego sterowania ruchem. Pozwala ona na stałą optymalizację programu sygnalizacji świetlnej uwzględniając chwilową zmienność ruchu, zarządzanie miejscami parkingowymi włącznie z informacją o lokalizacji wolnych miejsc, informowanie kierowców o zatorach i wypadkach, sterowanie prędkością na drogach ruchu szybkiego, realizowanie priorytetu przez pojazdy transportu zbiorowego, informowanie pasażerów o rzeczywistym rozkładzie jazdy, pomiar parametrów ruchu, sprawdzanie przestrzegania przepisów i wiele innych udogodnień poprawiających jakość

[1] Zakład Badań Operacyjnych i Sztucznej Inteligencji, Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej, Piotrowo 3a, 61-138 Poznań, tel. (61) 6652128, e-mail: mariusz.kaczmarek@cs.put.poznan.pl
[2] Zakład Dróg Kolejowych, Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Poznańskiej, Piotrowo 5, 61-138 Poznań, tel. (61) 6652407, e-mail: jeremi.rychlewski@put.poznan.pl

transportu. W dużych miastach, na obszarach zurbanizowanych i w rejonie węzłów transportowych złożoność systemów sterowania ruchem i gęstość sieci drogowej powodują przenikanie się obszarów detekcji. Kiedy informacja z pojedynczego czujnika może wpływać na algorytm sterowania kilku sterowników, jak to ma często miejsce w wyżej wymienionych lokalizacjach, określenie systemu detekcji staje się uzasadnione.

Doświadczenia poznańskie z wykorzystaniem detekcji do optymalizacji programu sterowania sygnalizacją świetlną rozpoczęły się wraz z instalacją pierwszych wzbudzanych sygnalizacji tramwajowych. W 1974 roku w centrum miasta zrealizowano sterowanie skoordynowane sygnalizacją świetlną, która co prawda była stałoczasowa, ale programy były wybierane na podstawie odczytów z czujników zlokalizowanych w jezdni. Obecnie Poznań jest w czołówce polskich miast w zakresie stosowania zmiennoczasowej sygnalizacji świetlnej, zarówno na poziomie lokalnych sterowników, jak też centralnego sterowania koordynacją sygnalizacji świetlnej [5]. Odczyty z czujników różnego typu wpływają zarówno na pracę lokalnych sterowników, jak też na algorytmy systemowego sterowania ruchem w Poznaniu. Zdarza się też, że czujniki nie są związane z pojedynczym skrzyżowaniem, ale oddziałują na lokalne programy kilku sterowników.

W niniejszym referacie zaprezentowano doświadczenia poznańskie związane z detekcją ruchu ulicznego pod kątem optymalizacji pracy sygnalizacji świetlnej, pominięto natomiast pozostałe zastosowania detekcji.

2. DETEKCJA RUCHU SAMOCHOWEGO

Detekcja ruchu samochodowego jest najczęściej realizowana za pomocą pętli indukcyjnych wpuszczonych na 2 – 5 cm w nawierzchnię bitumiczną. Pierwszy czujnik, krótki o długości 2 – 3 m, znajduje się tuż za linią zatrzymania (1-4 m – nie dalej niż długość najmniejszego pojazdu); jego rolą jest zliczanie liczby pojazdów oraz detekcja pojedynczych pojazdów na wlocie (ze względu na stosowanie linii ciągłej i charakter ruchu na wlocie wystarczy 1 czujnik na pas [7]). Na podstawie liczby pojazdów sterownik lokalny lub centralny może odpowiednio dobrać ramowy program sygnalizacji. Drugi czujnik ma długość 20-30 m (zalecana długość nie większa niż 25 m [7]), jego początek znajduje się w odległości 15-30 m od linii zatrzymania. Rolą tego czujnika jest detekcja kolejki samochodów (a czasami również długości tej kolejki), dodatkowo zwiększa długość światła zielonego po pojawieniu się zgłoszenia. Trzeci i ewentualnie czwarty czujnik, oba krótkie, wydłużają trwanie światła zielonego lub zgłaszają zapotrzebowanie na zielone światło. Ostatni czujnik powinien być zlokalizowany w odległości od linii zatrzymania równej długości hamowania powiększonej o drogę przejechaną w czasie reakcji równym 1 sekundzie (dla 50 km/h – ok. 50 m; dla 70 km/h – ok. 100 m). Uzasadnieniem jeszcze dłuższej detekcji byłoby zapewnienie priorytetu, jednakże w warunkach miejskich taki czujnik znajdowałby się często na sąsiednim skrzyżowaniu, stąd w Poznaniu zrezygnowano z takiego rozwiązania. Program sterowania powinien uwzględniać lokalizację czujników, wydłużając czas zgłoszenia w zakresie umożliwiającym pojazdowi osiągnięcie kolejnego czujnika.

Zwykle do wydłużenia sygnału „jedź" wystarczy wzbudzenie dowolnego czujnika. Na zatłoczonych skrzyżowaniach należy jednak rozważyć skrócenie wydłużenia sygnału z czujnika lub wymóg wzbudzenia dwóch (kilku) czujników jednocześnie [4], w ten sposób pojedynczy opóźniony kierowca nie będzie blokował sygnału zielonego na innych wlotach.

Czujniki mogą być też zlokalizowane na skrzyżowaniu lub na jego wylocie. Istotną rolę w programie sterowania mogą odgrywać czujniki badające zajętość wewnętrznych segmentów skrzyżowań z wyspą centralną [3]. Kontrola kolejki pojazdów skręcających w lewo, przepuszczających ruch przeciwbieżny na wprost, może rozwiązać dylemat optymalnego czasu międzyzielonego (umożliwiającego zjazd pojazdom ze skrzyżowania, bez

zachęcania do wjeżdżania na czerwonym świetle), pozwala również poprawić warunki ruchu na ciasnych skrzyżowaniach z wyspą centralną [5]. W razie niebezpieczeństwa powstania zatoru sięgającego kolejnego skrzyżowania należy na tym skrzyżowaniu zainstalować czujniki wyjazdowe, które w odpowiedniej chwili wyeliminują dopływ pojazdów – czujniki takie powinny być w stanie odróżnić zator od kolumny przejeżdżających pojazdów.

Lokalizacja czujników jest również uzależniona od lokalnych przyzwyczajeń kierowców. W wielu miastach niektórzy kierowcy zatrzymują się w takiej odległości od linii zatrzymania, że czujnik nie reaguje. Zachowywanie dużych odstępów między pojazdami może powodować wyłączenie światła zielonego z powodu zbyt długiej absencji pojazdów na czujnikach. Ważnym elementem może się okazać również kontrola jakości wykonania oznakowania poziomego, a zwłaszcza linii zatrzymania.

Detekcja ruchu na skrzyżowaniu może być również realizowana za pomocą kamer wideo zawieszonych na słupach oświetleniowych [2]. Rozwiązanie to eliminuje konieczność nacinania nawierzchni w celu zainstalowania czujników, można je więc zastosować na wlotach z nawierzchnią betonową lub kostkową. Wideodetekcję charakteryzuje mniejsza awaryjność i większa trwałość. Z punktu widzenia sygnalizacji zmiennocyklicznej istotną zaletą jest natomiast możliwość zmiany programu odczytu w trakcie eksploatacji, a więc elastyczność w wyczulaniu na dane potrzebne do sterowania ruchem. Do zalet wideodetekcji zaliczyć należy też rozpoznawanie większej gamy uczestników ruchu, w tym rowerzystów. Przykład zasięgu detekcji za pomocą kamer wideo zastosowanej na Rondzie Kaponiera w Poznaniu pokazuje rys. 1.

3. DETEKCJA POJAZDÓW TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Ze względu na małą w porównaniu z ruchem samochodowym intensywność ruchu pojazdów transportu zbiorowego z jednej strony i pożądany priorytet z drugiej, czujniki powinny umożliwiać śledzenie konkretnych pojazdów i rozpoznanie kierunku poruszania się na skrzyżowaniach.

Układ czujników dla transportu zbiorowego powinien się składać z czujnika wjazdowego, czujnika wyjazdowego i opcjonalnie z czujników pośrednich lub zewnętrznych. Każdy czujnik powinien zliczać pojazdy, co pozwala na dostosowanie długości światła zezwalającego na jazdę do rzeczywistego zapotrzebowania. Pierwszy czujnik – wjazdowy – powinien się znajdować w odległości od linii zatrzymania dającej sterownikowi czas konieczny dla żądanej reakcji. Odległość tę, osiągającą niekiedy kilkaset metrów, można obliczyć według wzoru (1):

$$L_l = V_{proj} * [\max(T_{mzi} + T_{minzieli}) + T_h + T_r + T_b] \quad (1)$$

gdzie:

L_l – odległość czujnika wjazdowego od linii zatrzymania, m;

V_{proj} – prędkość projektowa przy zbliżaniu się do skrzyżowania, m/s;

T_{mzi} – czas międzyzielony między grupą i oraz sygnałem objętym priorytetem, s;

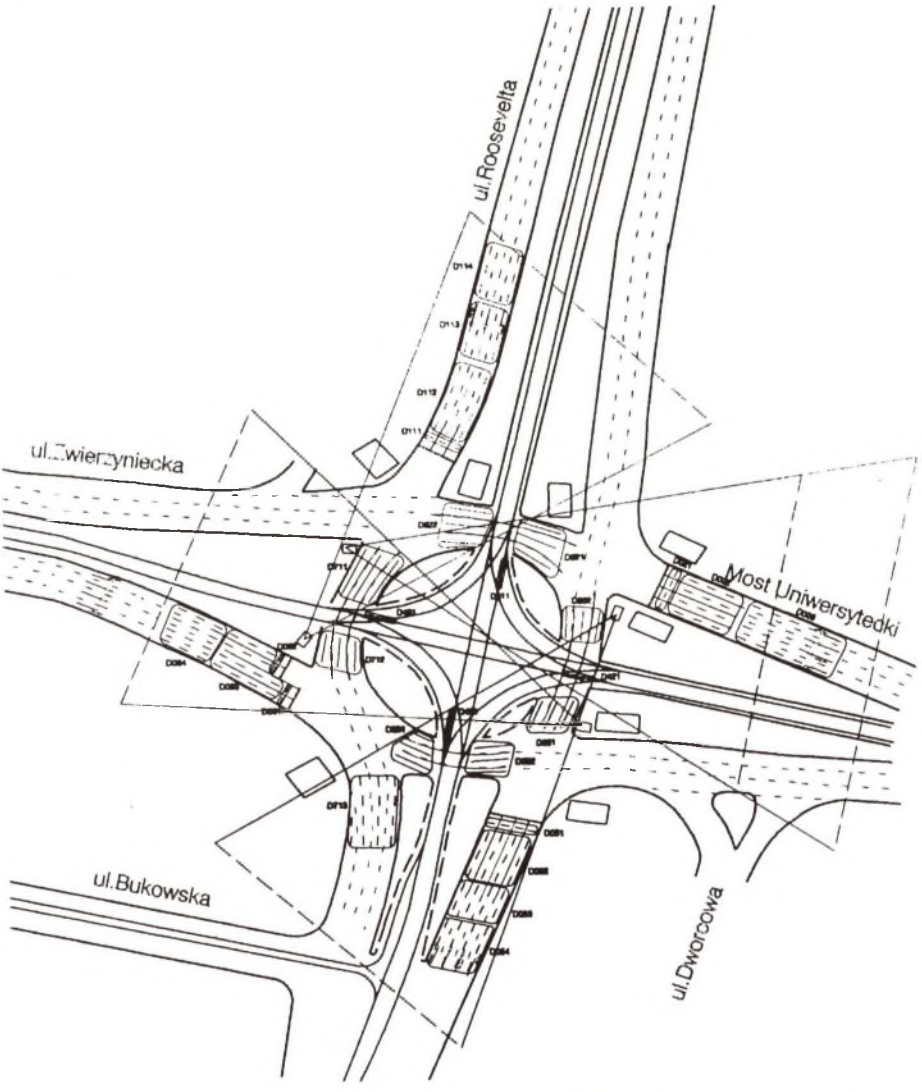
$T_{minzieli}$ – minimalna długość sygnału „jedź" łącznie z sygnałem zielonym lub białym migającym dla grupy i, s;

i – dowolna grupa kolizyjna z sygnałem objętym priorytetem;

T_h – czas hamowania z prędkości projektowej do zera, s;

T_r – czas reakcji, s;

T_b – dodatkowy czas ewakuacji przy priorytecie bezwzględnym (np. dla przejazdów kolejowych kategorii B minimum 6 sekund [11]), s.



Rys. 1. Detekcja za pomocą kamer wideo zastosowana na Rondzie Kaponiera w Poznaniu
Fig. 1. Detection utilising video recorders applied on Kaponiera roundabout in Poznań

Dla priorytetu częściowego umożliwiającego włączenie sygnału „jedź" pomiędzy dwoma dowolnymi fazami wzór redukuje się do postaci (2):

$$L_1 = V_{proj} * [\max_i(\Delta T_{mzi}) + T_h + T_r] \tag{2}$$

$$\Delta T_{mzi} = T_{mzi} - \min_j(T_{mzij}) > 0 \tag{3}$$

gdzie:

ΔT_{mzi} – krytyczna różnica czasów międzyzielonych, s.

i – dowolna grupa z fazy kończącej;

j – dowolna grupa z fazy następującej kolizyjna z grupą objętą priorytetem;

T_{mzij} – czas międzyzielony między grupą i oraz grupą j, s;

T_{mzi} – czas międzyzielony między grupą i oraz grupą objętą priorytetem, s.

Przy wydłużaniu sygnału „jedź" w celu przepuszczenia pojazdu priorytetowego lokalizacja czujnika powinna jedynie zapobiegać wyłączeniu danego sygnału lub innych sygnałów z tej samej fazy.

Jeżeli tor tramwajowy rozwidla się, czujnik wjazdowy powinien być selektywny.

Czujnik wyjazdowy informuje o opuszczeniu odcinka objętego detekcją przez dany pojazd. Dla sterownika sygnalizacji świetlnej optymalną lokalizacją takiego czujnika jest więc odcinek toru tuż za linią zatrzymania – w ten sposób w momencie pojawienia się pojazdu nad czujnikiem, o ile nie ma dalszych pojazdów, następuje wyłączenie światła „jedź" (założenie wymaga jednak, aby motorniczowie nie przejeżdżali linii zatrzymania w czasie trwania sygnału „stój"). Można również zlokalizować czujnik reagujący na określony element przodu pojazdu przed linią zatrzymania uznając zanik odczytu za moment wyłączenia światła „jedź". Błędnym rozwiązaniem jest natomiast ustawienie przed linią zatrzymania czujnika reagującego na cały pojazd – wtedy o obsłużeniu pojazdu dostajemy informację dopiero w momencie zjazdu końca pojazdu, co oznacza stratę około 6 sekund.

Jeżeli przed linią zatrzymania znajduje się przystanek, to odległość czujnika wjazdowego od linii zatrzymania L_1 należy określić zgodnie ze wzorem (4):

$$L_1 = V_{proj} * [\max(T_{mzi} + T_{min\,zieli}) + T_r + T_b - T_p - \frac{T_h}{2}] > 0 \qquad (4)$$

gdzie:

T_p – czas postoju na przystanku, s.

Jeżeli $L_1 < 0$, to czas obsługi pasażerów jest dłuższy od wyprzedzenia czasowego wymaganego przez sterownik, a więc wystarczy zastosować pojedynczy czujnik reagujący na określony fragment pojazdu tuż przed linią zatrzymania. Rozwiązanie to jest słuszne przy założeniu braku priorytetu dla pojazdów uszkodzonych i technicznych. Przy jednolitym taborze można zastosować zwykły pojedynczy czujnik w odległości od linii zatrzymania minimalnie mniejszej od długości pojazdu; ze względu na konieczność odnowy taboru rozwiązanie takie należy jednak uznać za ryzykowne.

Czujniki pośrednie i zewnętrzne pełnią funkcje pomocnicze. Czujniki zewnętrzne badają zapełnienie punktów kolizji na skrzyżowaniu oraz torów wylotowych, np. w razie lokalizacji przystanków za skrzyżowaniem lub małych powierzchni akumulacji przed kolejnym skrzyżowaniem. Czujniki pośrednie pozwalają z większą dokładnością określić moment wyłączenia sygnału „jedź" w grupach kolizyjnych.

Alternatywą dla punktowych czujników są czujniki długie lub odcinki izolowane. Początek takiego czujnika można określić na podstawie wzoru (1) lub (2), koniec powinien być zlokalizowany w odległości od linii zatrzymania mniejszej od najkrótszej przewidywanej długości pojazdu. Długość odcinka izolowanego powinna być obustronnie powiększona o odległość przodu i tyłu pojazdu do najbliższej osi.

4. DETEKCJA PIESZYCH I ROWERZYSTÓW

W Poznaniu detekcja pieszych odbywa się wyłącznie na bazie przycisków. Konieczność naciśnięcia przycisku stanowi utrudnienie, wiążące się ze stratą czasu (średnio

2,5 sekundy), koniecznością znalezienia właściwego przycisku (pod właściwym sygnalizatorem – lokalizacja korzystna dla monterów, ale nie zawsze dla pieszych [9]) i problemem nieczynnych czujników (awaria lub wandalizm). Większość pieszych przyzwyczaiła się już do konieczności zgłaszania się, jeżeli jednak stoi grupa osób, to zakładają (nie zawsze słusznie), że ktoś już to zrobił. Możliwości poprawy jakości detekcji należy upatrywać w umieszczaniu przycisków po obu stronach przejścia (ewentualnie na środku), czytelnym wskazaniu przyjęcia zgłoszenia, możliwości wydłużenia światła zielonego, szybszym usuwaniu awarii i wandaloodporności. Istotnej poprawy jakości można też oczekiwać po detekcji opartej na czujnikach obecności.

Przejście przez ulicę dwujezdniową wiąże się z koniecznością zgłoszenia na dwóch czujnikach. Rozwiązanie takie stanowi dla pieszych utrudnienie ze względu na konieczność dojścia do przycisku, czasami również powoduje konieczność długiego czekania na obu przejściach ze względu na spóźnienie się ze zgłoszeniem. Z tego powodu należy przyjąć zasadę, że włączenie zgłoszenia na pierwszym przejściu oznacza również zgłoszenie się, z odpowiednim opóźnieniem, na drugim przejściu. Detekcję na wyspie należy zachować.

Detekcja ruchu rowerowego odbywa się, w zależności od sytuacji, analogicznie do detekcji pieszych lub samochodów. Do opisanych wyżej wad przycisków należy dodać opóźnienie związane z koniecznością zatrzymania roweru – stosowanie przycisków jako detekcji rowerowej w szerokim zakresie powoduje istotne pogorszenie jakości ruchu rowerowego. Znacznie lepszym rozwiązaniem jest detekcja analogiczna do samochodowej; nie została ona jednak w Poznaniu zastosowana.

Istotnym problemem jest detekcja ruchu rowerowego w jezdni – często czujniki nie są bowiem wyczulone na rowery [9]. W rezultacie dochodzi do sytuacji, w której rowerzysta stoi przy linii zatrzymania czekając ... na samochód, lub, częściej, przejeżdża na czerwonym świetle. Rozwiązaniem problemu jest odpowiednie wbudowanie i wyczulenie czujników.

5. JAKOŚĆ CZUJNIKÓW

Jakość czujników ma istotny wpływ na stopień wykorzystania możliwości, jakie daje sygnalizacja zmiennoczasowa, i na jakość obsługi. Źle działający czujnik może spowodować pomijanie danej grupy sygnałowej w sterowaniu ruchem, co wiąże się na początku ze stratami czasu, a później z łamaniem prawa. Szczególnie piesi reagują na błędy programu sygnalizacji lub detekcji nagminnym przechodzeniem na czerwonym świetle.

Sterownik sygnalizacji zmiennoczasowej, oprócz sterowania wskazaniami sygnalizatorów, powinien również analizować działanie czujników. Brak zgłoszeń od dowolnego czujnika w zdeklarowanym odstępie czasu powinien oznaczać jego awarię. W takim przypadku sterownik powinien wysłać sygnał do zarządcy sygnalizacji oraz, w zależności od programu i grupy, której awaria dotyczy, przejść na tryb stałoczasowy lub założyć ciągłe zgłoszenie z tego czujnika. Zadeklarowany czas wyznaczający awarię powinien być uzależniony od pory dnia; należy również pamiętać o konieczności jego modyfikacji w razie tymczasowego zamknięcia pasa lub chodnika dla ruchu. Ważne jest, żeby sterownik analizował zgłoszenia od każdego czujnika osobno – w przeciwnym razie może się okazać, że pieszy może zgłosić chęć przejścia ... jedynie po drugiej stronie jezdni.

Zastosowanie „niezawodnych" [10] czujników może również pozwolić dostosowywać długość czasów międzyzielonych do aktualnej sytuacji na skrzyżowaniu, z redukcją czasu międzyzielonego włącznie. Obecnie stosowane w Poznaniu czujniki nie dają jednak wystarczającej gwarancji jakości odczytu.

6. PRIORYTET DLA POJAZDÓW TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Priorytet jest w języku polskim synonimem pierwszeństwa, w inżynierii ruchu używa się go jednak w znaczeniu uprzywilejowania [1]. W tym znaczeniu grupa sygnałowa mająca priorytet dostaje światło „jedź" poza kolejnością lub w większym wymiarze, niż to wynika z proporcji intensywności ruchu lub wymogów Instrukcji o Drogowej Sygnalizacji Świetlnej [10]. W programach sygnalizacji stałoczasowej priorytet można realizować poprzez wydłużenie sygnału ponad czas wynikający z obliczeń przepustowości, dłuższą od proporcjonalnej do potrzeb obsługę wybranych grup sygnałowych w sytuacji przesycenia skrzyżowania, eliminację kolizyjnych relacji mających pierwszeństwo i zapalanie sygnału „jedź" kilka razy w cyklu. Za priorytet w sygnalizacji stałoczasowej należy również uznać koordynację z sąsiednimi skrzyżowaniami. Priorytet na skrzyżowaniach z sygnalizacją zmiennoczasową może wynikać zarówno z rozwiązań identycznych jak w sygnalizacji stałoczasowej, jak też z wykorzystania wskazań czujników. Skalę priorytetu związanego z detekcją pojazdów transportu zbiorowego pokazuje tablica 1.

Tablica 1

Skala priorytetu związanego z detekcją pojazdów transportu zbiorowego (rezultat dyskusji na konferencjach transportowych w Poznaniu; podobna skala została przedstawiona również w [6])

Priorytet	Opis
Bezwzględny	Sterowanie gwarantuje brak innych pojazdów na torze jazdy. Zasada stosowana w ruchu kolejowym
Idealny	Gwarancja włączenia światła „jedź" tak, żeby nie spowodować konieczności hamowania. Priorytet dla tramwajów oznacza, że światło „jedź" jest gwarantowane, o ile nie ma innego tramwaju na relacji kolizyjnej
Pełny	Duże prawdopodobieństwo włączenia światła „jedź" tak, żeby nie spowodować konieczności hamowania. W razie konieczności zwolnienia lub zahamowania niewielki czas oczekiwania na światło „jedź"
Wysoki	Kompromis między minimalizacją strat czasu pojazdów transportu zbiorowego i potrzebami innych użytkowników. Zapalania się światła „jedź" po skończeniu poprzedniej fazy (krótkie czasy oczekiwania), zazwyczaj przez możliwość włączenia w różnych momentach cyklu lub skrócenie fazy
Częściowy	Drobne udogodnienie dla transportu zbiorowego. Przyspieszenie zapalenia się światła „jedź" przez możliwość włączenia w kilku momentach cyklu lub skrócenie faz kolizyjnych, czasy oczekiwania niewiele mniejsze niż w sygnalizacji stałoczasowej
Wydłużenie sygnału	W razie zgłoszenia, gdy sygnalizator wskazuje sygnał „jedź", możliwość wydłużenia sygnału gwarantująca przejazd; w innych sytuacjach brak priorytetu
Brak	Tak jak w sygnalizacji stałoczasowej
Ujemny	Zwiększenie strat czasu w porównaniu z sygnalizacją stałoczasową

Do zobrazowania definicji priorytetu posłużyć może przykład wlotu, na którym występuje pas dla autobusów nie mający kontynuacji za skrzyżowaniem. Jeżeli w wyniku braku zapotrzebowania sterownik pomija fazę z sygnałem „jedź" dla autobusu, to priorytet częściowy związany z detekcją dostaje grupa przejmująca po fazie autobusowej miejsce w

cyklu. Za priorytet dla autobusu można natomiast uznać włączenie sygnału „jedź" średnio szybciej niż w programie stałoczasowym.

Wielkość poprawy warunków ruchu dla transportu zbiorowego zależy w dużej mierze od opisanej wyżej skali priorytetu. Realizacja pełnego priorytetu na skrzyżowaniu Most Teatralny – Roosevelta – Dąbrowskiego w Poznaniu pozwoliła zapewnić płynny przejazd dla większości tramwajów przy maksymalnym pojedynczym opóźnieniu nie przekraczającym 20 sekund oraz zmniejszeniu średniego opóźnienia z 40 (program stałoczasowy) do 2 sekund [5][8]. Pomimo tak dobrych warunków istnieje nadal możliwość 3-krotnego zmniejszenia strat czasu przy zastosowaniu priorytetu idealnego – priorytet ten jest jednak czuły na jakość projektu, wykonania i zastosowanych materiałów.

7. WNIOSKI

Osiągnięcie znacznej poprawy jakości ruchu, za pomocą sygnalizacji zmiennocyklicznej przedstawionej w publikacji [5], wymaga zastosowania odpowiedniej detekcji pojazdów i pieszych. Detekcja taka powinna stanowić system odpowiednio rozmieszczonych czujników, charakteryzujących się małą awaryjnością i wyczuleniem na różnych użytkowników ruchu oraz spełniających dodatkowe warunki wynikające ze specyfiki skrzyżowania.

Zastosowanie wysokich stopni priorytetu wymaga niekiedy lokalizowania czujników w rejonie sąsiednich skrzyżowań – jeden czujnik może wtedy przesyłać informację do kilku sterowników. Precyzyjna lokalizacja pojazdów, w szczególności transportu publicznego, jest niezbędna do eliminacji niepotrzebnych zatrzymań; niedociągnięcia w zakresie lokalizacji lub jakości czujników mogą znacząco pogorszyć jakość ruchu, nierzadko obniżając zakładany stopień priorytetu.

Konieczne jest poszukiwanie metod poprawy detekcji ruchu pieszego i rowerowego oraz dostosowanie programów sterowania do jakości tej detekcji. Należy wyeliminować sytuacje, w których ze względu na niewłaściwą czułość czujnika rowerzysta musi czekać aż podjedzie samochód. Pożądana jest redukcja konieczności naciskania przycisków przez pieszych i rowerzystów do niezbędnego minimum. W miarę możliwości należy również wprowadzić detekcję pieszych, a tym bardziej rowerzystów, jeszcze przed linią zatrzymania (np. detekcja obecności).

System detekcji powinien uwzględniać lokalne przyzwyczajenia jazdy kierowców, w szczególności średnie odstępy między pojazdami.

Literatura

1. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKiŁ, Warszawa 1997.
2. Hryniewiecki J., Rakiewicz M.: Wideodetekcja ruchu drogowego. Materiały II Konferencji Naukowo – Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego", Poznań 9-11 czerwca 1999, s. 76-83.
3. Kaczmarek M., Rychlewski J.: Sterowanie ruchem ulicznym na rondach. Materiały II Konferencji Naukowo – Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego", Poznań 9-11 czerwca 1999, s. 128-135.
4. Kaczmarek M., Rychlewski J.: Sterowanie ruchem w minisieciach ulic w ramach okien czasowych. Materiały IV Konferencji Naukowo – Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego", Poznań, 21-23 maja 2003, s. 301-309.
5. Kaczmarek M., Rychlewski J.: Zmiennoczasowa sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniach w miastach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z. 52 (wysłane do druku), Gliwice 2004.

6. Kruszyna M., Lutogniewski J., Trzcinowicz B.: Sygnalizacje świetlne z priorytetem dla komunikacji zbiorowej we Wrocławiu. Transport Miejski 7-8/2002, s. 12-16.
7. Leśko M., Guzik J.: Sterowanie ruchem drogowym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
8. Rychlewski J.: Modelowanie symulacyjne sterowania ruchem ulicznym. Praca magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań 1996.
9. Rychlewski J., Beim M.: Czerwone światło dla rowerów? Transport Miejski nr 2/2001 str. 19-22.
10. Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej. Zasady stosowania, konstrukcja i wzory barwne sygnałów. Załącznik nr 3 do zarządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 3 marca 1994 r. (poz. 120).
11. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw z dnia 20 marca 1996 nr 33, poz. 144.

Abstract

This paper presents detection as a necessary element of a traffic responsive traffic management system. Achievement of high traffic quality made possible by traffic responsive management requires a detection system characterised high fidelity, recognition of different road users, and sensitivity to local traffic environment. A precise location of vehicles, especially public transport vehicles, is required to eliminate unnecessary stops; improper detector location or quality can result in a significant drop in traffic quality, sometimes disabling achievement of proposed priority. Sometimes the detectors have to be located on neighbouring junctions - is such situations one detector can serve several controllers. An improvement in traffic quality on junctions with traffic responsive management prompts a search for better detection of pedestrians and cyclists. A minimisation of number of button detectors a pedestrian or cyclist must activate is wanted. It is recommended that, wherever possible, pedestrians and especially cyclists should be detected before they reach a halt line. A car detection system should take into account local driver behaviour, especially medium headway between cars.