

JÓZEF SUDA

dr inż., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. 22 234 75 85, e-mail: jsu@wt.pw.edu.pl

Operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym na przykładzie MZA Warszawa¹

Streszczenie: Artykuł prezentuje doświadczenia z budowy, wdrażania i eksploatacji operatorskiego systemu zarządczego umożliwiającego operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym. Skonstruowany i uruchomiony w Miejskich Zakładach Autobusowych w Warszawie system obejmuje około 1500 pojazdów. Są to autobusy, radiowozy i pojazdy techniczne. W artykule przedstawiono klasyfikację systemów zarządzania transportem publicznym i ponad 30-letnie doświadczenie z ich budowy w Warszawie. Obecnie eksploatowana jest trzecia generacja systemów. Prezentowane rozwiązanie to szereg aplikacji funkcjonalnych wykonywanych przez różne firmy według założeń, wymagań i projektów sformułowanych przez zespół pracowników Politechniki Warszawskiej i Miejskich Zakładów Autobusowych w Warszawie.

Słowa kluczowe: transport zbiorowy, transport publiczny, operatywne zarządzanie.

Zarządzanie miejskim transportem publicznym

Najogólniejszym celem zarządzania zbiorowym transportem publicznym jest poprawa efektywności jego funkcjonowania. Istotnym jest zapewnienie spójności celów sterowania eksploatacją zbiorowego transportu komunalnego z celami zarządzania ruchem miejskim lub aglomeracyjnym. Do głównych celów zarządzania ruchem pojazdów transportu publicznego należą [9]:

- poprawa punktualności i regularności kursowania pojazdów;
- utrzymanie ciągłości ruchu i wysokiej niezawodności działania;
- zmniejszenie czasów podróży, a zwłaszcza jej najbardziej uciążliwych składników, jak oczekiwanie i przesiadka;
- poprawa warunków podróżowania, głównie ograniczenie zatłoczenia pojazdów;
- zapewnienie pasażerom pełnej, aktualnej informacji;
- zwiększenie zaufania pasażerów do transportu publicznego;
- ułatwienie pracy służbom eksploatacyjnym przez ograniczenie czynności rutynowych;
- lepsze wykorzystanie taboru będącego w dyspozycji przedsiębiorstwa;
- podniesienie bezpieczeństwa pasażerów i kierowców oraz skrócenie czasu usuwania skutków awarii, wypadków itp.

Typowymi źródłami braku punktualności i regularności kursowania są: brak przejezdności sieci drogowej, ograniczenia przepustowości, awarie techniczne, zdarzenia drogowe i incydenty w pojazdach [12]. Zmniejszenie zakłóceń to jeden z istotnych celów wprowadzenia Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów [5].

Drugim ważnym celem jest zwiększenie prędkości eksploatacyjnej autobusów i tramwajów, co oznacza obsługę tych samych potoków pasażerów mniejszą liczbą pojazdów. Trzecim celem, który jest coraz częściej stawiany przed zarządzającymi ruchem, jest zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska. Osiągane jest to przez uprzywilejowanie pojazdów transportu publicznego w sieci ulic i skrzyżowaniach sterowanych sygnalizacją.

Wielość celów i zadań realizowanych w ramach operatywnego zarządzania transportem publicznym wymaga sformułowania takich procedur, narzędzi, baz danych i algorytmów, które zoptymalizują działania zgodnie z przyjętą funkcją celu. Należy podkreślić, że zarządzanie transportem publicznym jest rozproszone i na poszczególnych poziomach realizowane przez różne podmioty. W zajezdni są to dyspozytorzy wyznaczający zadania dla taboru i personelu, na ulicach instruktorzy sterujący ruchem i „likwidujący” zdarzenia. Pracownicy ekspedycji na krańcach, operatorzy i koordynator w centrali, a dyspozytorzy w Zarządzie Transportu Miejskiego (ZTM) wykonują działania zarządcze. Cele, jakie przed nimi stoją, są różne. Należało stworzyć narzędzie pozwalające operatywnie działać zgodnie z przyjętą wielokryterialną funkcją celu. W artykule przedstawiono realizujący te cele innowacyjny system zarządczy skonstruowany w Miejskich Zakładach Autobusowych.

Zadania stawiane systemom zarządzania transportem publicznym

Zadaniem Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów Transportu Publicznego jest zapewnienie możliwości operatywnego zarządzania zasobami (taborem i jego obsługą) oraz przekazywanie informacji pasażerom. Celem tych działań jest poprawa efektywności funkcjonowania transportu publicznego oraz realizacja określonej polityki transportowej miasta. Dąży się do spójności celów sterowania eksploatacją transportu publicznego z celami zarządzania całością ruchu miejskiego.

Najczęściej realizowane funkcje to: zarządzanie taborem i personelem, informowanie podróżnych, nadzór nad bez-

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2017.

pieczeństwem personelu i podróży oraz automatyzacja rozliczeń finansowych przedsiębiorstwa.

Zarządzanie taborom polega na określaniu sposobu wykorzystania pojedynczych pojazdów, aby osiągnąć cele sformułowane przez politykę transportową przedsiębiorstwa i miasta. Mogą to być: minimalizacja odchylenia od rozkładu jazdy, maksymalizacja zysków, reagowanie na sytuacje nietypowe (wypadki, zatory itp.). Funkcja ta obejmuje również automatyczne ustalanie czasów i zakresów przeglądów taboru.

Zarządzanie personelem obejmuje: przydział kierowców do poszczególnych pojazdów oraz rejestrowanie i rozliczanie zakresu prac służb technicznych. Polega to na:

- przekazywaniu instrukcji kierowcom, np. informując o konieczności wydłużenia czasu postoju na przystankach lub pominięciu przystanku w celu skorelowania przejazdu z rozkładem;
- lokalizacji i identyfikacji pojazdów, wspomagając zarządzanie taborom i informowanie pasażerów. Uzyskane dane mogą być wykorzystane do zapewnienia priorytetów dla pojazdów transportu publicznego na skrzyżowaniach sterowanych sygnalizacją;
- monitorowaniu efektywności przewozów np. w celu dopasowania oferty do występujących potoków pasażerskich;
- zarządzaniu rozkładami jazdy w celu uaktualniania statycznych rozkładów jazdy w zależności od zmieniających się warunków ruchu i potrzeb przewozowych;
- dostarczaniu informacji o aktualnym stanie sieci transportowej, np. o przeciężeniu tras lub linii.

Rozwój systemów zarządzania transportem publicznym

Systemy zarządzania taborom miejskiego transportu publicznego podlegają ciągłemu rozwojowi [1] wynikającemu ze:

- zmian filozofii obsługi transportowej miast wynikającej z polityk transportowych,
- postępu w modelowaniu procesów transportowych,
- rozwoju technologii telekomunikacyjnych i informatycznych,
- rozwoju technologii zarządzania ruchem drogowym,
- wzrostu społecznych oczekiwań odnośnie standardów podróżowania.

Czynniki te znajdują swoje odbicie w rozwoju systemów zarządzania. Wyróżnia się trzy podstawowe generacje systemów.

Pierwsza generacja systemów ogranicza się do budowy infrastruktury wewnątrz pojazdu wykorzystującej standardowe magistrale informacyjne pojazdu. Pełne wyposażenie pojazdu obejmuje:

- tablice informacyjne wewnątrz i na zewnątrz pojazdu,
- głosowe urządzenia informujące pasażerów o kolejnych przystankach,
- centralnie sterowany system kasownikowo-biletowy,
- urządzenie lokalizujące położenie pojazdu – najczęściej pojazdowe liczniki drogi, czasem systemy lokalizujące pojazd w wybranych punktach sieci komunikacyjnej,
- urządzenia łączności radiowej kierowcy z dyspozytorem.

Druga generacja systemów zarządzania to wprowadzenie tzw. autonomicznej pracy pojazdu. Pojazd zostaje wyposażony w informacje o obowiązującym rozkładzie jazdy i sieci transportu. Wyposażenie pojazdu obejmuje:

- komputer pokładowy oceniający zgodność aktualnego położenia z planowanym,
- informowanie kierowcy o ewentualnej odchyłce od rozkładu jazdy,
- informowanie pasażerów o trasie i bieżącym przystanku,
- urządzenia wymuszające bezwarunkowy priorytet na skrzyżowaniach z sygnalizacją.

Dane o rozkładach jazdy wprowadzane są za pomocą autonomicznych nośników informacji (dyskietki, flash-ROM-y itp.) lub łączności bliskiego zasięgu w zajezdniach.

Trzecia generacja systemów, wytyczająca bieżący etap ich rozwoju, to budowa Centrów Nadzoru Ruchu (CNR) umożliwiających innowacyjne operatywne zarządzanie pracą taboru. Porównanie rozkładu jazdy z rzeczywistymi czasami odjazdów z przystanków realizowane jest w Centrum. Dyspozytor podejmuje decyzje o sposobie jazdy i przekazuje ją do pojazdu. Wyposażenie pojazdu umożliwia:

- lokalizację położenia pojazdów przy wykorzystaniu nawigacji satelitarnej,
- cyfrową transmisję danych niezależnie od transmisji głosu,
- nadzór CNR nad funkcjonowaniem jednej lub wielu linii na ciągu ulic lub w obszarze,
- modyfikacje zadań wykonywanych przez pojazd,
- warunkowe priorytety na skrzyżowaniach z sygnalizacją i wideo monitoring pojazdu.

Trzecia generacja systemów umożliwia nadzór nad realizacją połączeń przesiadkowych. Zagadnienie to jest szczególnie doceniane przez operatorów systemów zarządzania transportem publicznym w Europie. Według ich oceny, przesiada się około 40% pasażerów korzystających z publicznego transportu zbiorowego [5].

Systemy zarządzania ruchem pojazdów w MZA Warszawa

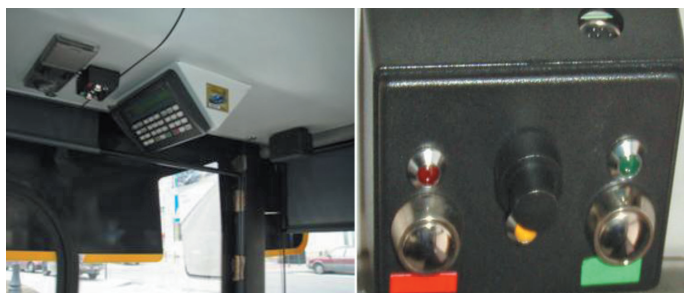
W Miejskich Zakładach Autobusowych w Warszawie realizowane były wszystkie generacje systemów. Systemy budowano „własnymi siłami”, chociaż podejmowano próby wyboru wykonawców spośród wiodących firm zagranicznych. W listopadzie 1986 roku uruchomiono system pierwszej generacji, który nazwano ASTER. Systemem objęto 180 autobusów, które lokalizowane były „logicznie” na podstawie danych z pojazdowego licznika drogi i sygnałów o zamknięciu drzwi. Łączność głosową i transmisję danych realizowano tym samym kanałem duosimpeksowej analogowej łączności radiowej.

W roku 2009 w MZA uruchomiony został System Alarmowej Łączności Radiowej z lokalizacją pojazdu, który funkcjonalnie odpowiadał drugiej generacji systemów. Zapewniał dwukierunkową łączność głosową pomiędzy

kierowcą autobusu i dyspozytorem w Centrali Nadzoru Ruchu (CNR). System umożliwiał lokalizację autobusów nawiązujących łączność oraz prezentację ich położenia na mapie w centrali [6].

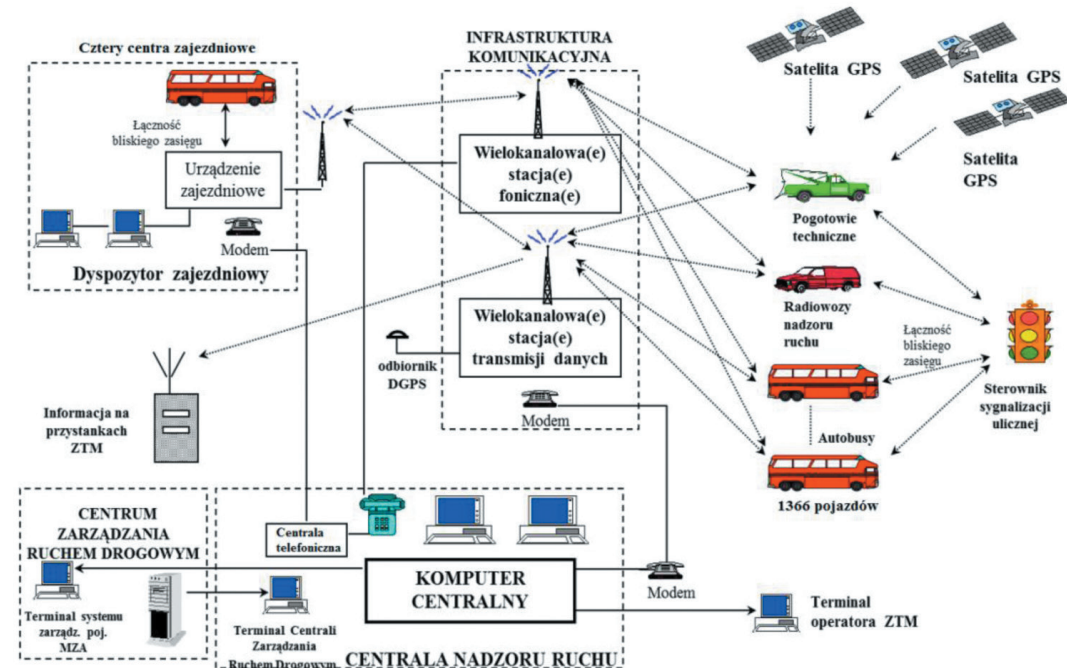
Z punktu widzenia technologii działania, urządzeń, mediów transmisji danych i oprogramowania wyróżnić można cztery podstawowe komponenty systemu:

- urządzenia pojazdowe;
- infrastrukturę transmisji głosu i danych (w gestii operatora GSM);
- bazę danych w tym: serwisy mapowe, dane o „pracujących” pojazdach, dane archiwalne, statystyki pracy itp.;
- stanowiska dyspozytorów w Centrali Nadzoru Ruchu (CNR).



Rys. 1. Urządzenia drugiej generacji zamontowane w autobusie MZA

Kierowca miał możliwość „wzbudzenia alarmu” lub żądania nawiązania rozmowy w trybie „zwykłym”. Położenie autobusu określano w trybie lokalizacji karty SIM przez operatora sieci GSM. Przesłanie informacji o położeniu autobusu z pojazdu do CNR i prezentacja pojazdu na mapie następowało w przypadkach: „wzbudzenia alarmu” przez kierowcę, żądania nawiązania rozmowy w trybie „zwykłym”, nawiązania rozmowy przez dyspozytora z CNR, zgłoszenia żądania lokalizacji autobusu przez dyspozytora CNR [12].



Rys. 2. Architektura funkcjonalna Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów MZA

Operatywny System Zarządzania Ruchem Pojazdów w MZA Warszawa

W roku 2011 rozpoczęto budowę operatywnego systemu zarządzania. Uruchomiono aplikację „Odchyłka”. W autobusach, sukcesywnie, wprowadzono lokalizację satelitarną. W kolejnych latach uruchamiano nowe aplikacje, rozbudowując funkcjonalność do standardów odpowiadających systemom trzeciej generacji. Obecnie innowacyjny System Zarządzania Ruchem Pojazdów MZA integruje 11 aplikacji funkcjonalnych. Przygotowywana jest nowa aplikacja niezbędna dla zarządzania pojazdami elektrycznymi.

Aplikacja System Łączności Alarmowej – „SŁA”

Podstawą działania systemów zarządzania pojazdami jest niezawodna łączność głosowa, lokalizacja pojazdów i transmisja danych. Obecnie wszystkie pojazdy MZA, zarówno autobusy, jak i pojazdy operacyjne i techniczne lokalizowane są w systemie GPS [11]. Transmisja głosu i danych realizowana jest na platformie operatora sieci GSM.

Jądem aplikacji jest oprogramowanie Serwer Łączności Alarmowej (SŁA). Kolejne wersje budowane i modernizowane były przez różnych wykonawców na podstawie założeń i wymagań zespołu Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej i MZA. Zadaniem oprogramowania serwera jest:

- odbieranie i nadawanie komunikatów zgodnie ze standardami MZA [2],
- tworzenie baz danych komunikatów transmitowanych do i „z pojazdów” [3],
- archiwizacja komunikatów,
- transmisja komunikatu nagranych przez dyspozytora,
- wysyłanie Wiadomości Tekstowej (WT) do urządzeń pojazdowych,
- automatyczne backupowanie danych, usług oraz systemu Serwera SŁA.

W MZA opracowano „własny” standard „Komunikatów i Ramek Systemy Łączności Alarmowej” [4], który muszą stosować wszyscy producenci autobusów.

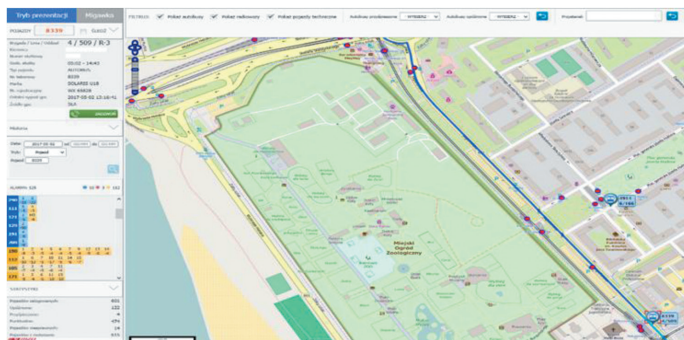
W wymaganiach założono:

- obsługę ramek przychodzących z 2000 autobusów, co 15 s, w trybie on-line (bez zakłóceń) z równoczesnym tworzeniem baz danych;
- obsługę ramek wychodzących i innych poleceń (np. zestawianie połączenia głosowego z Serwera CTI) ok. 150/s;
- równoległą obsługę ramek przychodzących i wychodzących bez zakłóceń;
- dostęp do bazy PostgreSQL, gdzie znajduje się baza danych „Komunikaty”.

System operacyjny serwera SŁA opiera się na platformie Linuxa (Ubuntu 16.04). Zarówno zasoby sprzętowe, jak i system operacyjny podlegają modernizacji i implementacji nowszych wersji oprogramowania systemowego.

Aplikacja Zobrazowanie Położenia Pojazdów „MAPA”

Również rozwiązania mapowe zmieniały się wraz z rozwojem systemu. Jako pierwszą przyjęto mapę mapGO firmy IMAGIS z serwerem map – MapServer oraz ruterem tras MapRouter [4].



Rys. 3. Podstawowy widok systemu zobrazowania pojazdów „MAPA”

Obecnie stosowane są mapy OpenStreetMap (OPS), na których oprócz układu ulic i budynków umieszczono przystanki transportu zbiorowego. Zgodnie z przyjętym filtrem możliwa jest prezentacja pojedynczych autobusów (wybranych np. na podstawie numeru taborowego lub numeru linii i brygady), autobusów wybranych linii lub wszystkich autobusów znajdujących się w wybranym fragmencie miasta. Dostępna jest informacja o kierowcy, oddziale i zadaniu przewozowym. Aplikacja „MAPA” prezentuje również aktualne alarmy zawierające informacje o odstępstwach od

planowanego rozkładu jazdy. Możliwa jest prezentacja historycznego przebiegu pojazdu na podstawie wysyłanych co 10 sekund komunikatów z GPS-ową pozycją pojazdu.

Aplikacja nadzoru punktualności „ODCHYŁKA”

Aplikacja „Odchyłka” jest podstawowym narzędziem pracy dyspozytora nadzorującego lub sterującego linią z CNR. Odchyłka to różnica pomiędzy rzeczywistym czasem odjazdu autobusu z przystanku a czasem odjazdu przewidzianym rozkładem jazdy przygotowanym przez Zarząd Transportu Miejskiego. Gdy autobus jest przyspieszony ponad 1 minutę lub opóźniony powyżej 3 minut, generowany jest alarm podający numer linii, brygady i wartość odchylenia od rozkładu jazdy w minutach.

Kolory oznaczają wagę alarmu. Kolor czerwony oznacza przyspieszenie, żółty opóźnienie, niebieski to opóźnienie takie, że autobus nie rozpocznie następnego półkursu punktualnie. Na planie liniowym wyświetlane mogą być również tzw. fantomy, informujące, gdzie pojazd powinien być, gdyby jechał zgodnie z rozkładem.

Klikając na ikonę symbolizującą pojazd, rozwija się menu informujące o pojeździe, kierowcy i aktualnie wykonywanym zadaniu. Dwukrotne kliknięcie przeniesie obraz na mapę, centrując się na aktualnym położeniu autobusu.

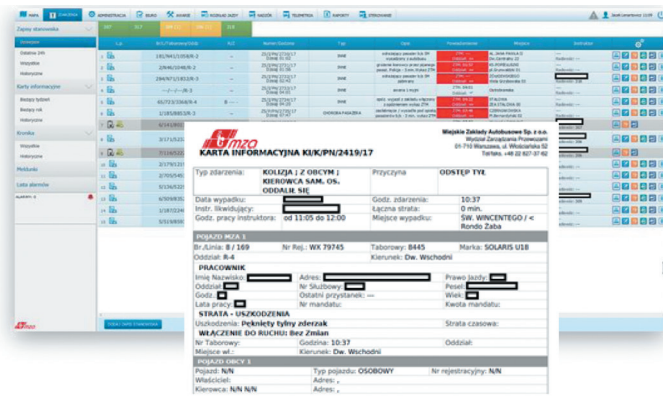
Aplikacja obsługi zdarzeń i wypadków „WiA”

Celem aplikacji „WiA” jest wspomaganie pracy instruktorów dyspozytorów i koordynatora Wydziału Zarządzania Przewozami (WZP) MZA. Instruktorzy uczestniczą w obsłudze zdarzeń nadzwyczajnych takich jak wypadki, kolizje, dewastacje, zaślabnięcia, bójki lub zanieczyszczenia pojazdu. Zdarzeń tego typu jest rocznie około 7 tysięcy (6861 w roku 2016). Każde z tych działań wymaga przygotowania dokumentacji pisemnej, a niektóre również fotograficznej. Dokumentacja powstaje zarówno w Centrali, jak i na „mieście”, skąd przesyłana jest bezpośrednio do zasobów Systemu.

Instruktor, udając się na miejsce zdarzenia, wyposażony jest w laptop z aplikacją umożliwiającą pozyskanie informacji bezpośrednio z baz danych systemu zarządzania. Formularze wprowadzane są do systemu automatycznie. Utworzenie Karty Awarii odbywa się po telefonicznym zawiadomieniu dyspozytora w Centrali Nadzoru Ruchu przez kierowcę autobusu lub inną osobę. Część pól Karty wypełniana jest automatycznie, przy wypełnianiu pozostałych pomagają predefiniowane słowniki. Postępowanie operatorów Systemu nadzorowane jest automatycznie zgodnie z obowiązującymi w Wydziale Zarządzania Przewozami MZA procedurami postępowania [3].



Rys. 4. Plan liniowy podstawowy widok dyspozytora zarządzającego linią



Rys. 5. Rejestr zdarzeń i karta informacyjna zdarzenia

Aplikacja System Łączności Dyspozytorskiej CNR „D-desk”

W Centrali Nadzoru Ruchu informacje są zbierane i dystrybuowane z wykorzystaniem różnych kanałów transmisji. Dyspozytor korzysta z tradycyjnej łączności telefonicznej, sieci telefonów GSM, korporacyjnej łączności radiowej. Dla ułatwienia obsługi łączności wprowadzono interaktywne dotykowe monitory, na ekranie których znajdują się zakładki z: książką telefoniczną, listą najczęściej wybieranych numerów, kolejką połączeń i panelem umożliwiającym zestawianie połączeń bezpośrednich lub konferencyjnych

Aplikacja System Telemetrii Pojazdowej „STP”

Aplikacja System Telemetrii Pojazdowej („STP”) zapewnia pozyskiwanie informacji telemetrycznych z autobusów i transmisję ich na obszarze obsługiwanym przez Autobusową Sieć Komunikacji Publicznej miasta st. Warszawy. Przesyłanie informacji z i do autobusów odbywa się zgodnie z protokołem MZA [2]. Sygnały dostępne są na złączu umieszczonym w obudowie urządzenia. Konstrukcja urządzenia umożliwia jego montaż w różnych markach i modelach autobusów eksplodowanych w MZA.

Z pojazdu przesyłane są informacje o alarmach w przypadku, gdy wystąpi zagrożenie (np. pożar) lub zostaną przekroczone krytyczne wartości wybranych parametrów eksploatacyjnych. System informuje o stanie pojazdu, wybranych czynnościach kierowcy i pasażera, np.: włączeniu ogrzewania lub klimatyzacji, temperaturze wewnątrz i na zewnątrz pojazdu, otwarciu/zamknięciu drzwi, udostępnieniu przycisku otwierania drzwi pasażerom, użyciu tego przycisku przez pasażera, użyciu przycisku inwalidy, uaktywnieniu funkcji przykłąku, pracy silnika, prędkości pojazdu (z tachometru i GPS), szacunkowy błąd GPS i wiele innych. Informacje te są istotne przy ocenie pracy kierowcy i umożliwiają właściwą reakcję na skargi pasażerów.

Aplikacja System Sterowania Bezpośredniego „SB”

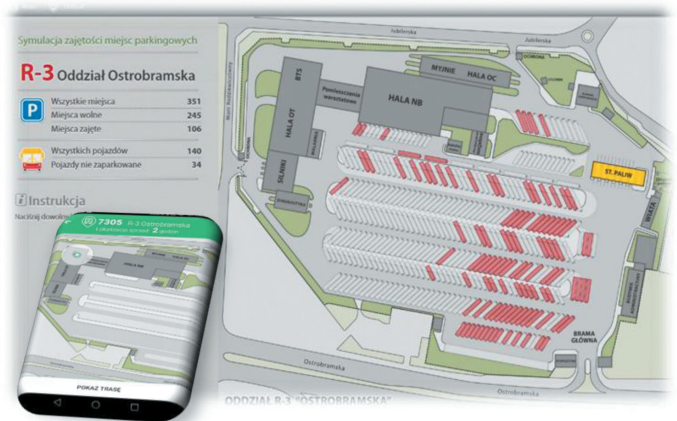
Sterowanie bezpośrednie występuje w przypadku regulowania funkcjonowania linii. Opóźnienia autobusów są znaczne i nie jest możliwe, aby poruszały się zgodnie z przewidzianymi dla nich rozkładami jazdy. Dyspozytor w Centrali wydaje kierowcom polecenia o formie realizacji usługi przewozowej. Może to być polecenie przejazdu bez

pasażerów do określonego przystanku i od niego rozpoczęcie pracy lub przejazd do pewnego punktu trasy i rozpoczęcie kursu w przeciwnym kierunku. Warunki wprowadzenia trybu „SB” są precyzyjnie uzgodnione ze zlecającym przewozy Zarządem Transportu Miejskiego. Dyspozytor realizuje „własny”, przejściowy rozkład jazdy, aby jak najszybciej powrócić do rozkładu przewidzianego przez ZTM. Wszystkie działania realizowane są zgodnie z obowiązującymi procedurami i dokumentowane w Systemie.

Przewiduje się uruchomienie modułu tej aplikacji wspomagającego dyspozytora w analizie bieżącej sytuacji, dokonaniu predykcji jej rozwoju i generacji „przejściowego rozkładu jazdy”.

Aplikacja System Informacji Zajezdniowej „InfoDriver”

Aplikacja System Informacji Zajezdniowej pomaga kierowcy „odnaleźć” autobus na placu postojowym. Obecnie w każdej z czterech zajezdni MZA parkuje po 300–350 autobusów. Kierowca może zlokalizować „swoją” pojazd na monitorze informacyjnym w dyspozytorni zajezdni lub bezpośrednio na swoim smartfonie. Uzyska wtedy również informacje o zadaniu, które będzie realizował tego dnia i inne ważne komunikaty.



Rys. 6. Lokalizacja pojazdów na placu postojowym w zajezdni

Rozwój operatywnego Systemu Zarządzania Ruchem Pojazdów

Oprócz przedstawionych powyżej do zarządzania wykorzystywane są również inne aplikacje Systemu, np.:

- Aplikacja System Monitoringu Wizyjnego – „SMW” umożliwiająca pozyskiwanie w ciągu 30 dni obrazu z kamer umieszczonych w autobusach (do 10 kamer w autobusie),
- Aplikacja System wielokryterialnego raportowania – „Raport”,
- Aplikacja System planowania zadań i służb – „Biuro”.

Bezpośrednim użytkownikiem Systemu jest Wydział Zarządzania Przewozami MZA, ale gromadzone tam informacje przekazywane są innym jednostkom organizacyjnym, np. dane o wypadkach, kolizjach i niektórych zdarzeniach przekazywane są do komórki organizacyjnej współpracującej z ubezpieczycielem, dane o lokalizacji autobusów

zasilają ogólnodostępną innowacyjną aplikację TramBus, która pokazuje rzeczywiste czasy przyjazdu autobusów MZA i tramwajów w Warszawie.

System jest modernizowany zarówno w warstwie sprzętowej, jak i programowej. Implementowane są nowe wersje systemów operacyjnych (obecnie Linux Ubuntu 16.04) i map. Uruchamiane są nowe funkcje i modernizowane istniejące (np. algorytmy wyznaczania odchyłek). Wprowadzenie autobusów elektrycznych determinuje inne warunki ich eksploatacji. Przewiduje się uruchomienie nowej aplikacji umożliwiającej ich zarządzaniem na liniach. Ze względu na wymaganą niezawodność i ciągłą pracę Systemu (24/7/365) zapewniono programową i fizyczną redundancję maszyn i baz danych [4].

Podsumowanie

System Zarządzania Ruchem Pojazdów MZA jest złożonym operatywnym systemem organizacyjnym, informatycznym, informacyjnym, łączności i lokalizacji pojazdów.

W efekcie działania systemu zauważono szereg korzyści dla pasażera, takich jak [10]:

- poprawę punktualności kursowania autobusów,
- poprawę pewności funkcjonowania transportu,
- poprawę bezpieczeństwa (szybsza reakcja policji i SM, wideo dokumentacja zdarzeń),
- lepszą informację pasażerów w pojeździe.

Odnotowano również korzyści dla Spółki MZA, do których należą:

- zaufane źródło danych dla systemów informatycznych Spółki,
- lepsze wykorzystanie taboru,
- szybsze usuwanie skutków awarii (czas reakcji zmniejszył się z 50 do 15 minut),
- racjonalizacja rozliczeń z ZTM, w tym likwidacja kar za niezawinione opóźnienia,
- lepsze wykorzystanie pogotowia technicznego,
- poprawę bezpieczeństwa pracy kierowców i ochrona taboru przed dewastacją.
- możliwość wprowadzania skutecznych systemów motywacji na różnych stanowiskach,
- możliwość prowadzenia profilaktyki awarii pojazdów poprzez rejestrację istotnych parametrów jego pracy i w efekcie oszczędności kosztów ich eksploatacji.

Korzyści uzyskuje również Zarząd Transportu Miejskiego [7], organizator obsługi transportowej miasta dzięki:

- lepszemu dopasowaniu oferty przewozowej i ustaleniu realnych rozkładów jazdy,
- rzetelnym rozliczeniu umowy z przewoźnikiem,
- możliwości koordynacji różnych środków transportu (tramwaj, autobus, metro),
- wprowadzeniu informacji przystankowej w formie tablic i serwisu internetowego.

Doświadczenia z dziesięcioletnich prac nad budową, wdrażaniem i eksploatacją systemu potwierdziły zasadność przyjętych rozwiązań. W porównaniu z rokiem 2010 nastąpił

ponad 2,5-krotny spadek liczby awarii. Wynika to z dostępu do informacji o stanie podstawowych podzespołów pojazdów i wycofaniu z eksploatacji najstarszych autobusów (Ikarusy). W roku 2016 w autobusach MZA wystąpiło prawie 7 tysięcy awarii z czego dzięki Systemowi Zarządzania w 40% udało się je usunąć bez wycofywania pojazdu z linii i związanych z tym strat.

System zarządzania podlega ciągłej modernizacji i rozwojowi. Wynika to z wdrażania nowych metod zarządzania, rozwoju technologicznego pojazdów i wprowadzania nowego wyposażenia technicznego. Modernizacji podlegają systemy biletowe, liczniki pasażerów, systemy pojazdowej informacji pasażerskiej, systemy rejestracji i transmisji obrazu. Ważnym jest, aby zamawiający zadbał o sporządzenie właściwej dokumentacji technicznej urządzeń i dokumentacji oprogramowania oraz prawa do kodów źródłowych. Przeniesienie na zamawiającego wszystkich praw materialnych i niematerialnych umożliwi mu późniejszą modernizację i rozwój systemu przez innych wykonawców.

W tworzenie Systemu Zarządzania Pojazdami Miejskich Zakładów Autobusowych zaangażowane były 4 firmy budujące urządzenia pojazdowe i wyposażenie Centrali Nadzoru Ruchu oraz 5 firm informatycznych. Firmy te realizowały procedury i algorytmy postępowania sformułowane przez zespół pracowników Politechniki Warszawskiej i MZA.

Literatura

1. Gentile P.L., Foti G., Corsico F., Referat wygłoszony na *Congress ITS in Europe* w Amsterdamie, 2006.
2. Jankowska A., *Komunikaty i ramki Systemu Łączności Alarmowej Miejskich Zakładów Autobusowych*, Dokument wewnętrzny MZA sp. z o.o., materiał niepublikowany, Warszawa 2012.
3. Jankowska A., Lenartowicz J., *Standardy baz danych w Miejskich Zakładach Autobusowych*, Dokument wewnętrzny MZA sp. z o.o., materiał niepublikowany, Warszawa 2012.
4. Lenartowicz J., Suda J., *Zintegrowane systemy zarządzania pojazdami Miejskich Zakładów Autobusowych w Warszawie*, Polski Kongres ITS, Warszawa 17.05.2017.
5. Scrase R., *Intelligent Fleet Management*, "ITS International – The journal of advanced transport infrastructure", 2001, No13.
6. Suda J., *Conceptions of Centralised Traffic Management System in Warsaw*, The 2nd Scientific Conference, "Effective Transport, the way to European Union" of the Jan Perner Transport Faculty, University Pardubice, 15–17 Sept. 1999.
7. Suda J., *Efekty wprowadzenia systemów zarządzania ruchem pojazdów miejskiej komunikacji publicznej*, II Konferencja Naukowo-Techniczna „Logistyka, Systemy Transportowe, Bezpieczeństwo w Transporcie” – LogiTrans, Szczyrk 2005, Prace Naukowe „TRANSPORT”, 2005, Nr 1(21).
8. Suda J., *Metody Oceny Efektywności Systemów Zarządzania Ruchem Pojazdów Transportu Publicznego*, „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK Oddział w Krakowie”, 2007, zeszyt 137.
9. Suda J., *Systemy zarządzania w transporcie drogowym*, w: *Informatyka Gospodarcza*, Wydawnictwo C.H. Beck, 2010 r.
10. Suda J., *Błędy GPS-owej lokalizacji pojazdów transportu publicznego w Warszawie*, „Przegląd Komunikacyjny”, 2017, nr 2.
11. Suda J., *Innowacyjne zarządzanie miejskim transportem publicznym*, „Prace Naukowe – Transport”, zeszyt 118, Warszawa, 2017.
12. Starowicz W., *System obsługi pasażerskiej regionu jako podsystem zintegrowanego systemu zarządzania transportem*, „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK Oddział w Krakowie”, 2001, zeszyt 86.