

AASD - dokumentacja projektu

System agentowy do wspomagania przemieszczania się pojazdów uprzywilejowanych

Autorzy:

Piotr Kitłowski 303865
Mikołaj Paszkowski 292764
Wojciech Gierulski 303748
Piotr Kosmala 310754

Raport A: Identyfikacja problemu

Identyfikacja i opis problemu

Projekt ma na celu usprawnienie dojazdu służb ratunkowych na miejsce zdarzenia, zwłaszcza w godzinach szczytu. Pojazdy uprzywilejowane często mają problemy z szybkim przemieszczaniem się ze względu na:

- duże natężenie ruchu, zwłaszcza przed skrzyżowaniami,
- sygnalizację świetlną,
- opieszałość w ustępowaniu pierwszeństwa kierowców cywilnych.

Proponowany system rozwiązuje ten problem, poprzez:

- wybranie najbardziej optymalnej trasy dojazdu,
- sterowanie sygnalizacją świetlną,
- informowanie kierowców o zbliżającym się pojeździe uprzywilejowanym,
- sygnalizowanie kierowcom w jaki sposób najlepiej ustąpić pierwszeństwa.

Cel byłby osiągnięty minimalizując wpływ przejazdu pojazdu uprzywilejowanego na zwykłych uczestników ruchu drogowego. Dodatkowo rozwiązanie zapewni większe bezpieczeństwo na drogach.

Interesariusze:

- mieszkańcy miast
- służby ratunkowe i instytucje państwowe
- kierowcy pojazdów cywilnych

Propozycja rozwiązania

Celem proponowanego systemu jest dynamiczne wspomaganie dojazdu pojazdów uprzywilejowanych (np. karettek, straży pożarnej) w warunkach miejskich, minimalizując zakłócenia w ruchu drogowym i poprawiając bezpieczeństwo uczestników ruchu. System będzie wykorzystywał technologię agentową, aby w czasie rzeczywistym reagować na zmienne warunki drogowe oraz interakcje między różnymi uczestnikami ruchu.

Kluczowe elementy systemu obejmują:

1. **Dynamiczne wyznaczanie trasy pojazdów uprzywilejowanych:** System będzie stale monitorował natężenie ruchu, incydenty drogowe oraz aktualne stany sygnalizacji świetlnej, by w czasie rzeczywistym wyznaczać najbardziej optymalną trasę dojazdu. Trasa ta będzie dostosowywana na podstawie bieżących danych z miasta, takich jak:
 - korki,
 - wypadki,
 - inne przeszkody (np. remonty). Wagi w grafie reprezentującym miasto będą zmieniać się dynamicznie, aby dostarczyć najkrótszą i najszybszą możliwą ścieżkę dla pojazdu uprzywilejowanego (opcjonalnie).
2. **Sterowanie sygnalizacją świetlną:** System będzie integrować sterowanie sygnalizacją świetlną, aby umożliwić płynny przejazd pojazdów uprzywilejowanych przez skrzyżowania. Algorytmy systemu będą analizować zbliżający się pojazd oraz natężenie ruchu na poszczególnych skrzyżowaniach, aby zmieniać światła na korzyść pojazdu uprzywilejowanego, minimalizując jednocześnie zakłócenia dla pozostałych uczestników ruchu. System będzie dążył do tego, aby pojazdy uprzywilejowane mogły jak najczęściej przejeżdżać na zielonym świetle, skracając czas dojazdu.
3. **Powiadamianie kierowców o zbliżającym się pojeździe uprzywilejowanym:** Aby zwiększyć bezpieczeństwo na drogach i usprawnić ustępowanie pierwszeństwa, system będzie ostrzegał kierowców o nadjeżdżającym pojeździe uprzywilejowanym. Powiadomienia będą dostarczane za pomocą:
 - **Aplikacji mobilnej** zainstalowanej dobrowolnie przez kierowców, która na podstawie lokalizacji użytkownika będzie informować o konieczności ustąpienia pierwszeństwa.
 - **Zewnętrznych wyświetlaczy** umieszczonych na kluczowych odcinkach dróg i przed skrzyżowaniami, które z wyprzedzeniem będą informować kierowców o konieczności umożliwienia przejazdu.
4. **Inteligentne sygnalizatory dla kierowców:** Na wybranych, najbardziej zatłoczonych skrzyżowaniach zostaną zainstalowane dodatkowe sygnalizatory wskazujące, w jaki sposób kierowcy powinni najlepiej ustąpić miejsca pojazdowi uprzywilejowanemu. Sygnalizatory te mogą pokazywać konkretne manewry, takie jak zmiana pasa ruchu czy zatrzymanie się na poboczu, co pozwoli na szybkie i bezpieczne przepuszczenie pojazdu ratunkowego.
5. **Ochrona prywatności i bezpieczeństwo danych:** Informacje o lokalizacji pojazdów cywilnych będą zbierane wyłącznie za zgodą użytkowników korzystających z aplikacji mobilnej. System będzie zapewniał pełną anonimowość kierowców, a dane lokalizacyjne będą przetwarzane tylko w celu wyznaczania trasy pojazdu

uprzywilejowanego i nie będą archiwizowane. Wszystkie dane będą zabezpieczone zgodnie z najlepszymi praktykami w zakresie ochrony prywatności i cyberbezpieczeństwa.

6. **Minimalizacja wpływu na ruch cywilny:** System został zaprojektowany w taki sposób, aby minimalizować wpływ pojazdów uprzywilejowanych na normalny ruch drogowy. Poprzez inteligentne sterowanie sygnalizacją oraz powiadamianie kierowców z wyprzedzeniem, system pomoże w płynnej koordynacji ruchu, unikając gwałtownych zmian świateł oraz niepotrzebnych zatrzymań cywilnych pojazdów.

Proponowane rozwiązanie nie tylko skróci czas dojazdu służb ratunkowych, ale także poprawi bezpieczeństwo oraz komfort kierowców cywilnych, dzięki płynnej i zorganizowanej koordynacji ruchu.

Opis koncepcji systemu

Proponowany system opiera się na reprezentacji układu drogowego miasta jako grafu, w którym węzły odpowiadają istotnym punktom na mapie (np. skrzyżowaniom, ważnym lokalizacjom), a krawędzie reprezentują ulice łączące te punkty. Wagi na krawędziach (czyli drogach) są dynamicznie dobierane na podstawie aktualnych warunków drogowych i czynników wpływających na przejezdność ulic. Celem systemu jest znajdowanie najkrótszej lub najbardziej optymalnej ścieżki dla pojazdu uprzywilejowanego w czasie rzeczywistym, z uwzględnieniem zmieniających się warunków na drodze.

Graf reprezentujący miasto

W systemie ulice miasta są modelowane jako krawędzie w grafie, a skrzyżowania i inne punkty strategiczne jako węzły. Wagi na krawędziach, które odpowiadają czasowi lub trudności przejazdu, są modyfikowane heurystycznie na podstawie takich czynników jak:

- **Natężenie ruchu:** Im większe natężenie na danej drodze, tym większa waga krawędzi, co zwiększa prawdopodobieństwo wyboru alternatywnej trasy.
- **Sygnalizacja świetlna:** Stan sygnalizacji wpływa na płynność ruchu, co bezpośrednio modyfikuje wagi krawędzi. Wpływają na to zarówno lokalizacja pojazdów uprzywilejowanych, jak i potrzeba ich priorytetowego przejazdu.
- **Wypadki i przeszkody drogowe:** System uwzględnia także nieprzewidziane zdarzenia na drodze, takie jak wypadki lub remonty, które dynamicznie zmieniają przejezdność poszczególnych odcinków.
- **Ruch pojazdów cywilnych:** Lokalizacje pojazdów cywilnych są zbierane w czasie rzeczywistym i nanoszone na graf, co pozwala uwzględniać bieżącą sytuację na drogach. Obszary o dużym natężeniu ruchu cywilnego mogą mieć wyższe wagi, co skłania system do unikania tych tras.

Agenty w systemie

W systemie funkcjonuje kilka kluczowych typów agentów, które komunikują się ze sobą i wpływają na decyzje o trasach oraz na sterowanie ruchem drogowym:

1. **Agent pojazdu uprzywilejowanego**

Jest to główny agent systemu. Odpowiada za żądanie optymalnej trasy do miejsca zdarzenia oraz za inicjowanie zmiany sygnalizacji świetlnej na trasie swojego przejazdu. Agent ten monitoruje swoją pozycję oraz bieżące warunki na drodze, w tym natężenie ruchu i aktualny stan skrzyżowań, aby na bieżąco aktualizować trasę. Celem agenta pojazdu uprzywilejowanego jest dotarcie na miejsce zdarzenia w najkrótszym możliwym czasie, z minimalnym zakłóceniem ruchu cywilnego.

2. **Agent sygnalizacji świetlnej**

Każde skrzyżowanie jest kontrolowane przez agenta sterującego sygnalizacją świetlną. Agent ten ma możliwość modyfikacji wag na krawędziach w grafie poprzez dynamiczne sterowanie sygnalizacją, aby przyspieszyć przejazd pojazdu uprzywilejowanego. W zależności od nadchodzącego pojazdu uprzywilejowanego agent może dostosować sekwencje świateł, aby udzielić mu priorytetu, jednocześnie minimalizując zakłócenia dla pozostałych uczestników ruchu.

3. **Agent sygnalizacji dodatkowej dla kierowców**

Na kluczowych odcinkach dróg i skrzyżowaniach agent ten aktywuje sygnalizatory oraz wyświetlacze informujące kierowców cywilnych o nadjeżdżającym pojeździe uprzywilejowanym. Agent współpracuje z agentem pojazdu uprzywilejowanego, monitorując jego pozycję i planowaną trasę, aby odpowiednio wcześniej wyświetlić ostrzeżenia dla kierowców. Informacje te mogą zawierać wskazówki dotyczące zachowania kierowców, np. zjazdu na bok lub zwolnienia pasa ruchu.

4. **Agent pojazdu cywilnego**

Pojazdy cywilne są reprezentowane przez agentów, którzy informują system o swojej aktualnej lokalizacji (za pośrednictwem aplikacji mobilnej) oraz włączają się w obliczanie optymalnych tras dla pojazdów uprzywilejowanych. Informacje o pozycji tych pojazdów wpływają na wagi krawędzi w grafie. W przypadku nadjeżdżającego pojazdu uprzywilejowanego, agent pojazdu cywilnego może także otrzymywać powiadomienia, dzięki którym kierowca będzie wiedział, jak najlepiej ustąpić miejsca (np. zwolnić, zmienić pas, zjechać na bok).

5. **Agent monitorujący ruch drogowy**

Jest to agent odpowiedzialny za bieżące monitorowanie sytuacji drogowej. Zbiera informacje o natężeniu ruchu, stanie dróg, sygnalizacjach świetlnych oraz ewentualnych zdarzeniach drogowych, takich jak wypadki czy remonty. Agent ten analizuje dane w czasie rzeczywistym i aktualizuje wagi w grafie, dostarczając dokładnych informacji wszystkim pozostałym agentom. Agent ten może również koordynować działania innych agentów (np. pojazdów uprzywilejowanych i sygnalizacji świetlnej), aby zoptymalizować cały ruch w mieście.

Zasady współpracy agentów

Agenty w systemie działają autonomicznie, ale współpracują ze sobą w sposób koordynowany:

- **Współpraca pojazdu uprzywilejowanego z sygnalizacją świetlną:** Gdy pojazd uprzywilejowany zbliża się do skrzyżowania, agent sygnalizacji świetlnej otrzymuje sygnał o konieczności priorytetowego ustawienia świateł. W ten sposób system zapewnia płynny przejazd.

- **Informowanie kierowców cywilnych:** Agenty sygnalizacji dodatkowej, w połączeniu z agentami pojazdów cywilnych, dbają o to, aby kierowcy cywilni byli odpowiednio wcześniej informowani o konieczności ustąpienia pierwszeństwa.
- **Dynamiczna aktualizacja trasy:** Agent monitorujący ruch drogowy współpracuje z agentem pojazdu uprzywilejowanego, aby na bieżąco dostarczać mu najbardziej aktualne dane o warunkach drogowych i zapewnić najlepszą możliwą trasę.

Cel systemu

Celem całego systemu jest dynamiczne, inteligentne zarządzanie ruchem drogowym w sposób, który:

- Minimalizuje czas przejazdu pojazdów uprzywilejowanych do miejsca zdarzenia.
- Zwiększa bezpieczeństwo wszystkich uczestników ruchu poprzez efektywne informowanie i zarządzanie sygnalizacją.
- Minimalizuje zakłócenia dla ruchu cywilnego, zapewniając płynność i transparentność operacji.
-

Proponowana architektura

Architektura systemu wspierającego dojazd pojazdów uprzywilejowanych w mieście opiera się na kilku głównych komponentach, które komunikują się między sobą, wykorzystując technologie agentowe, przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym oraz integrację z systemami sterowania ruchem drogowym.

1. Warstwa zbierania danych

Ta warstwa odpowiada za zbieranie i gromadzenie danych w czasie rzeczywistym z różnych źródeł. Dane te są podstawą do podejmowania decyzji przez system.

- **Czujniki drogowe i kamery monitorujące:** Umożliwiają monitorowanie natężenia ruchu, identyfikację wypadków oraz stan sygnalizacji świetlnej. Dane te są przetwarzane i przekazywane do warstwy monitorowania.
- **Aplikacja mobilna dla kierowców cywilnych:** Zbieranie danych GPS o lokalizacji pojazdów cywilnych za zgodą użytkowników, które pomagają ocenić aktualną sytuację na drogach. Aplikacja umożliwia również przesyłanie powiadomień o zbliżającym się pojeździe uprzywilejowanym.
- **System GPS pojazdów uprzywilejowanych:** Dane o lokalizacji pojazdów uprzywilejowanych są bezpośrednio transmitowane do systemu, co pozwala śledzić ich pozycję i optymalizować trasę przejazdu.
- **Dane o stanie sygnalizacji świetlnej:** Informacje o bieżących ustawieniach świateł (zielone, czerwone) w mieście, co wpływa na decyzje o trasach oraz sterowanie priorytetami na skrzyżowaniach.

2. Warstwa analizy danych i monitorowania ruchu

Jest to centralna warstwa przetwarzania danych, która odpowiada za analizę zebranych informacji i dynamiczne reagowanie na zmieniające się warunki drogowe.

- **Moduł analizy ruchu drogowego (agent monitorujący):** Przetwarza dane o natężeniu ruchu, incydentach drogowych i stanie sygnalizacji świetlnej, aktualizując wagi krawędzi w grafie miasta. Moduł ten działa w sposób ciągły i dostarcza informacje o aktualnej sytuacji drogowej innym modułom systemu.
- **Moduł optymalizacji trasy:** Odpowiada za dynamiczne wyznaczanie najkrótszej lub najszybszej trasy dla pojazdów uprzywilejowanych, bazując na zmiennych wagach krawędzi grafu. Uwzględnia aktualne czynniki, takie jak korki, wypadki, stan świateł i lokalizacje innych pojazdów.

3. Warstwa decyzyjna agentów

W tej warstwie działają autonomiczne agenty systemu, podejmujące decyzje w oparciu o dane zebrane w poprzednich warstwach.

- **Agent pojazdu uprzywilejowanego:** Komunikuje się z modułem optymalizacji trasy, aby wyznaczyć najszybszą trasę. W razie zmiany warunków drogowych, agent ten modyfikuje trasę i sygnalizuje potrzebę zmiany stanu sygnalizacji świetlnej na nadchodzących skrzyżowaniach.
- **Agent sygnalizacji świetlnej:** Na podstawie informacji o zbliżającym się pojeździe uprzywilejowanym, zmienia stany sygnalizacji na skrzyżowaniach, aby umożliwić płynny przejazd. Agent ten współpracuje z modułem optymalizacji trasy i modułem analizy ruchu drogowego.
- **Agent sygnalizacji dodatkowej dla kierowców:** Decyduje, kiedy i gdzie wyświetlać informacje dla kierowców cywilnych o nadjeżdżającym pojeździe uprzywilejowanym. Agent ten działa w połączeniu z lokalizacją pojazdu uprzywilejowanego oraz aktualnym stanem drogi.
- **Agent pojazdu cywilnego:** Odpowiada za odbieranie informacji o nadjeżdżającym pojeździe uprzywilejowanym i przekazywanie tych informacji kierowcom za pośrednictwem aplikacji mobilnej. Agent ten korzysta z danych GPS do śledzenia pozycji pojazdu i dostosowania swojego zachowania (np. zjazd z pasa).

4. Warstwa interakcji i komunikacji

Ta warstwa zarządza komunikacją między agentami oraz przesyłaniem powiadomień do kierowców.

- **Komunikacja agentowa:** Agenty w systemie komunikują się za pomocą protokołów wymiany informacji, aby koordynować swoje działania. Przykładowo, agent pojazdu uprzywilejowanego informuje agenta sygnalizacji świetlnej o zbliżającym się pojeździe, a agent monitorujący ruch drogowy dostarcza danych wszystkim agentom.
- **System powiadomień dla kierowców:** Umożliwia przesyłanie powiadomień na urządzenia mobilne kierowców cywilnych oraz na zewnętrzne wyświetlacze. System ten współpracuje z agentami sygnalizacji dodatkowej, aby zapewnić odpowiednio wczesne ostrzeżenia i wskazówki dla kierowców.

5. Warstwa integracji z infrastrukturą miejską

Warstwa ta odpowiada za połączenie systemu z fizyczną infrastrukturą miejską, taką jak sygnalizacja świetlna i wyświetlacze informacyjne.

- **Interfejs zarządzania sygnalizacją świetlną:** System ma dostęp do sterowników sygnalizacji świetlnej, które mogą być dynamicznie zmieniane w odpowiedzi na nadchodzący pojazd uprzywilejowany. Interfejs umożliwia kontrolę sekwencji świateł, aby priorytetowo przepuścić pojazdy ratunkowe.
- **Zewnętrzne wyświetlacze:** Są to urządzenia instalowane na kluczowych odcinkach dróg i skrzyżowaniach, które pokazują informacje dla kierowców o nadjeżdżających pojazdach uprzywilejowanych oraz sugerowane zachowania (np. zmiana pasa, zjazd na pobocze).