

# Politechnika Warszawska

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI  
I TECHNIK INFORMACYJNYCH



Wieloagentowe Systemy Decyzyjne

## SmartPark

Jan Dubiński | 271165

Joanna Kaleta | 271181

Aleksander Ogonowski | 267381

Maria Oniszczuk | 271199

Kornel Szymczyk | 267778

WARSZAWA 2019



## Spis treści

<b>1. Opis problemu</b>	4
<b>2. Słowny opis koncepcji systemu</b>	5
<b>3. Architektura systemu</b>	7
<b>4. Projekt systemu wieloagentowego</b>	9
4.1. Identyfikacja ról	9
4.2. Model ról	10
4.2.1. Parking Manager	10
4.2.2. Car Tracker	11
4.2.3. Parking Mapper	12
4.2.4. Client	13
4.2.5. Approacher	14
4.3. Model interakcji	15
4.4. Model agentów	16
4.4.1. Map Parkings	17
4.4.2. PlaceReservation	18
4.4.3. TrackReservation	19
4.4.4. TrackCar	19
4.4.5. ReservationCancellation	19
4.5. Model usług	20
4.6. Model znajomości	21
<b>Spis rysunków</b>	22
<b>Spis tabel</b>	22

## **1. Opis problemu**

Coraz większym problemem rozwijających się aglomeracji staje się nadmierne zagęszczenie ruchu samochodowego, a co się z tym wiąże - trudność w znalezieniu miejsc parkingowych. Brak łatwo dostępnej informacji o wolnych miejscach do parkowania zarówno na pobliskich parkingach, jak i w przestrzeni publicznej prowadzi do irytacji kierowców oraz marnowania ich czasu. Jedynym sposobem aby przekonać się, że wybrany parking jest w pełni obłożony, jest pojawienie się tam osobiście. Kierowcy w poszukiwaniu miejsc parkingowych krążą po ulicach dodatkowo potęgując korki uliczne. Stając w miejscach publicznych, w których parkowanie jest niedozwolone, dodatkowo utrudniają ruch pieszym i pozostałym kierowcom, jednocześnie narażając się na nieprzyjemne konsekwencje finansowe. Naszą propozycją mającą ułatwić parkowanie i zredukować ruch uliczny jest system wieloagentowy.

## 2. Słowny opis koncepcji systemu

Proponowanym przez nas rozwiązaniem problemu omówionego w punkcie pierwszym jest system wieloagentowy ułatwiający znalezienie miejsca parkingowego, który pozwoli na znaczną redukcję liczby krążących w jego poszukiwaniu samochodów.

System będzie składać się z sieci parkingów oraz aplikacji mobilnej dla kierowców pojazdów. Przy wykorzystaniu aplikacji, użytkownik będzie mógł zrealizować wyszukanie oraz nawigację do wybranego **pobliskiego parkingu po wcześniejszym zgłoszeniu swojej lokalizacji**.

System po zgłoszeniu chęci zaparkowania proponuje pięć pobliskich parkingów z wolnymi miejscami, spośród których kierowca może wybrać ten do którego chce się udać. Kluczowe w systemie jest pozwolenie kierowcy na znalezienie jak najbliższego odpowiadającego mu parkingu z przynajmniej jednym wolnym miejscem. Celem parkingu jest natomiast pozbycie się pustych miejsc, czyli jego zapełnienie.

Każde miejsce parkingowe powinno zostać wyposażone w czujniki ultradźwiękowe wykrywające zajętość miejsca oraz kamerę identyfikującą konkretny pojazd. W przypadku zwolnienia miejsca powinna podnosić się blokada uniemożliwiająca wjazd niezgłoszonemu **na dany parking** samochodowi. Każdy parking agreguje konkretną liczbę miejsc postojowych na przykład na odcinku konkretnej ulicy i posiada informacje o ich zajętości. Każde miejsce parkingowe po zwolnieniu wysyła adekwatną informację do parkingu, do którego przynależy, dzięki czemu może on zgłosić chęć przyjęcia następnego kierowcy. Gdy kierowca zadeklaruje chęć zaparkowania, po czym jest nawigowany do określonego parkingu, powoduje to zwiększenie się jego zajętości. Parking oczekuje na kierowcę przez pewien ustalony czas, nie przyjmując kolejnych deklarujących chęć pojazdów, jeżeli nie ma w swoim obrębie wolnych miejsc. Dzięki takiemu rozwiązaniu mamy pewność, że po dojechaniu na parking znajdziemy puste miejsce. Gdy kierowca podjedzie do miejsca na przydzielonym parkingu i zostanie poprawnie zidentyfikowany przez kamerę poprzez numer rejestracyjny, blokada opuszcza się, kierowca parkuje na miejscu postojowym, a miejsce informuje parking o jego prawidłowym zajęciu, zwiększając zajętość jego aż do chwili opuszczenia miejsca przez pojazd. Przydzielony parking docelowo powinien być oznaczony np. przy wykorzystaniu Open Street Map jako region do którego prowadzony jest kierowca.

## 2. Słowny opis koncepcji systemu

---

Podczas korzystania z aplikacji można wydzielić kilka typowych scenariuszy:

Scenariusz 1 - główny - wyszukanie miejsca parkingowego:

1. Użytkownik deklaruje w aplikacji chęć znalezienia miejsca parkingowego.
2. System wyszukuje parkingi z przynajmniej jednym wolnym miejscem w okolicy użytkownika komunikując się z pobliskimi parkingami.
3. System proponuje parkingi, które użytkownik może zaakceptować.
4. Użytkownik wybiera w aplikacji jeden proponowanych przez system parking.
5. System nawiguje kierowcę do parkingu.
6. Kierowca stawia się na dowolnym miejscu parkingowym w obrębie parkingu

Scenariusz 2 - użytkownik oddala się od parkingu

- 1-5. Jak w scenariuszu głównym
6. Kierowca nie kieruje się na parking (jego pozycja oddala się).
7. Parking sprawdza czy proces postępuje
8. Kierowca nadal się oddala
9. Parking dokonuje zwolnienia miejsca parkingowego

Scenariusz 3 - alternatywny do scenariusza 1 - użytkownik odrzuca proponowane parking

- 1-4. Jak w scenariuszu 2
5. Użytkownik nie wybiera zasugerowanego przez system parkingu
6. Kierowca oddala się o pewną odległość
7. Powrót do punktu 1 scenariusza głównego

Scenariusz 4 - użytkownik rezygnuje z rezerwacji

- 1-5. Jak w scenariuszu głównym
6. Kierowca rezygnuje z miejsca parkingowego
7. Parking dokonuje zwolnienia miejsca parkingowego

Scenariusz 5 - brak wolnych miejsc parkingowych

- 1-3. Jak w scenariuszu głównym
4. Aplikacja wyświetla komunikat o braku wolnych miejsc parkingowych na każdym typie parkingu.
5. Kierowca oddala się o pewną odległość
6. Powrót do punktu 1 scenariusza głównego.

### 3. Architektura systemu

Celem nadrzędnym systemu jest maksymalne zapełnienie parkingów.

System opiera się na dwóch rodzajach agentów

- kierowców samochodów z zainstalowaną aplikacją
- parkingów agregujących miejsca parkingowe

Kierowcy dążą do znalezienie parkingu jak najbliżej aktualnego miejsca. Parkingi dążą do maksymalnego zapełnienia się. System wysyła kierowcy propozycję miejsca parkingowego na parkingu, który znajduje się najbliżej jego aktualnego położenia i który posiada wolne miejsca. Po zaakceptowaniu przesłanej propozycji następuje zarezerwowanie miejsca postojowego dla klienta na podstawie jego unikalnego identyfikatora.

System wymaga, aby samochód cyklicznie wysyłał zapytania do parkingów otrzymując w odpowiedzi ich położenie.

System uzgadniania miejsc nie może dopuścić do sytuacji gdy przy jednoczesnym zgłoszeniu chęci parkowania przez dwa lub więcej samochody zostaną przydzielone dwa samochody na jedno wolne miejsce parkingowe.

Parking nadzoruje, czy kierowca nie oddala się od niego po zgłoszeniu chęci zaparkowania przez dłuższy czas lub nie wysłał zgłoszenia dotyczącego anulowania rezerwacji. W przypadku wystąpienia jednego z tych zdarzeń parking odwołuje rezerwację zwalniając przydzielone dla samochodu miejsce.

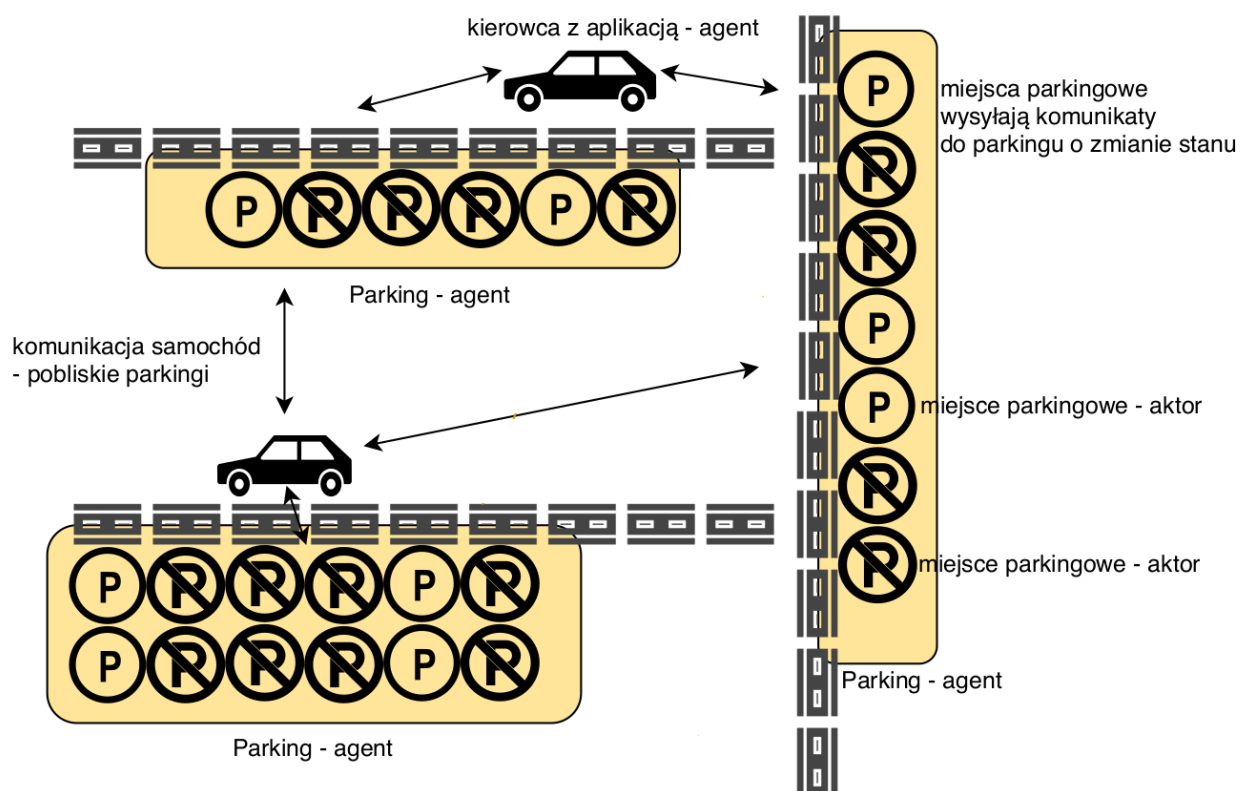
Miejsca parkingowe są natomiast aktorami będącymi nieaktywnymi przez większość czasu. Ich zadanie polega jedynie na wysyłaniu komunikatów do parkingu, do którego przynależą. Jest to komunikat o zajęciu i zwolnieniu miejsca przez kierowcę. Na tej podstawie parking wie ile samochodów znajduje się na nim, a ile może przyjąć. Od liczby samochodów, które parking może przyjąć należy odjąć również samochody, które zgłosiły chęć parkowania, ale jeszcze nie dojechały. Nigdy jednak nie zostaje przyjęte więcej samochodów niż liczba wolnych miejsc.

Kierowcy komunikują się z parkingami zgłaszając chęć parkowania lub odrzucając sugerowany parking. Generalnie nie ma potrzeby, aby samochody prowadziły komunikację między sobą.

Naszymi propozycjami rozwoju systemu w kolejnych etapach jest:

- dodanie nadzoru nad czujnikami - sygnalizowanie awarii i prowadzenie napraw
- udoskonalenie algorytmu monitorującego zachowanie kierowcy tak, aby uwzględnił on korki, objazdy, wypadki itd.

### 3. Architektura systemu



**Rysunek 1.** Architektura systemu.



## 4. Projekt systemu wieloagentowego

System SmartPark został zaprojektowany zgodnie z wytycznymi metodologii GAIA.

### 4.1. Identyfikacja ról

Role agenta CarAgent:

1. Client
  - zgłasza chęć zaparkowania w pobliżu udostępnionej lokalizacji
  - akceptuje lub odrzuca propozycje wskazanego miejsca
2. Parking mapper
  - mapuje istniejące parkingi
3. Approacher
  - zbliża się do parkingu i wysyła komunikat z aktualną lokalizacją
  - może zrezygnować z zarezerwowanego miejsca

Role agenta ParkingAgent:

4. Parking Manager
  - kontrola dostępności miejsc na parkingu (stanu wewnętrznego),
  - przydziela miejsce parkingowe na parkingu, jeśli takie jest dostępne
5. Car Tracker
  - monitoruje samochód który zarezerwował miejsce (żeby zamknąć rezerwację jeśli nie będzie się zbliżał lub nie przyjedzie przez 10 min)

### 4.2. Model ról

#### 4.2.1. Parking Manager

Aktywności:

- CheckPlacesAvailability - sprawdzanie liczby wolnych miejsc na parkingu
- MakeReservation - wykonanie rezerwacji
- CancelReservation - zwolnienie rezerwację

Protokoły:

- MapParkings
- PlaceReservations
- FreePlace

**Tabela 1.** Rola Parking Manager.

Role schema: Parking Manager
Description: <ul style="list-style-type: none"><li>• Zwraca informacje o lokalizacji parkingu</li><li>• Kontroluje dostępność miejsc na parkingu</li><li>• Przydziela miejsce parkingowe na danym parkingu, jeśli takie jest dostępne</li></ul>
Protocols and Activities: CheckPlacesAvailability, MakeReservation, CancelReservation, MapParkings(SendCoordinates), PlaceReservations(SendAvailablePlaceInfo), FreePlace(ConfirmFreedPlace)
Permissions: <a href="#">reads: sensors_data</a> generates: parking_location, free_place_count
Responsibilities: Liveness: PARKING MANAGER = [MapParkings]. ( <u>CheckPlacesAvailability</u> . [SendAvailablePlaceInfo]. [ <u>MakeReservation</u> ]. [ <u>CancelReservation</u> ]. ConfirmFreedPlace)* MAPPARKINGS = SendCoordinates Safety: true

#### 4.2.2. Car Tracker

Aktywności:

- ShouldMaintainReservation - podejmowanie decyzji o utrzymaniu rezerwacji (jeśli Approacher się oddala/nie pojawia, podniesienie flagi ApproacherIsNotComing)

Protokoły:

- TrackCar
- TrackReservation
- ReservationCancellation
- FreePlace

**Tabela 2.** Rola Car Tracker.

Role schema: Car Tracker
Description: <ul style="list-style-type: none"> <li>• monitoruje samochód, który zarezerwował miejsce i podejmuje decyzję, czy należy rezerwację zamknąć (jeśli np. samochód nie przybywa w ciągu kilku minut lub oddala się przez dłuższy czas)</li> </ul>
Protocols and Activities: <u>ShouldMaintainReservation</u> , TrackReservation(ConfirmReservationInfo) TrackCar(SubscribeForClientLocation), ReservationCancellation(ConfirmCancellation), FreePlace(RequestSetPlaceFree)
Permissions: reads: approacher_info, car_location, reservation_cancellation, IsApproacher generates: ApproacherIsNotComing, ApproacherCancelledReservation
Responsibilities: Liveness: CAR TRACKER = TrackReservation. TrackCar. [ReservationCancellation]. FreePlace TRACKRESERVATION = ConfirmReservationInfo TRACKCAR = SubscribeForClientLocation. <u>ShouldMaintainReservation</u> RESERVATIONCANCELLATION = ConfirmCancellation FREEPLACE = RequestSetPlaceFree Safety: IsApproacher = True

### 4.2.3. Parking Mapper

Aktywności:

- CreateParkingDict - zapamiętuje lokalizacje opowiadające parkingom
- RunUpdate - włącza skanowanie parkingów w celu pobrania lokalizacji

Protokoły:

- MapParking

**Tabela 3.** Rola Parking Mapper.

Role schema: ParkingMapper
Description: <ul style="list-style-type: none"><li>• mapuje istniejące parkingi</li></ul>
Protocols and Activities: RunUpdate, MapParking(UpdateListOfParkings)
Permissions: reads: parking_location generates: parking_list
Responsibilities: Liveness: PARKINGMAPPER = (RunUpdate.MapParking.CreateParkingDict)ω MAPPARKING = UpdateListOfParkings Safety: true

**4.2.4. Client**

Aktywności:

- GetMyLocation - lokalizuje się
- ComputeParkingList - wybiera kilka parkingów w najbliższej odległości z wolnymi miejscami postojowymi, z którymi będzie się komunikować

Protokoły:

- PlaceReservation
- TrackReservation

**Tabela 4.** Rola Client.

Role schema: Client
Description: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zgłasza chęć zaparkowania w pobliżu udostępnionej lokalizacji</li> <li>• wybiera jeden z zaproponowanych parkingów lub odrzuca propozycje</li> </ul>
Protocols and Activities: <u>GetMyLocation</u> , <u>PlaceReservation(CallForParkingOffers, AcceptParkingOffer)</u> , <u>TrackReservation(SendReservationInfo)</u> , <u>ComputeParkingList</u>
Permissions: reads: parking_list generates: IsApproacher, car_location, selected_parking_list
Responsibilities: Liveness: CLIENT = ( <u>GetMyLocation</u> . <u>ComputeParkingList</u> . <u>CallForParkingOffers</u> . [ <u>AcceptParkingOffer</u> ]. <u>TrackReservation</u> )* TRACKRESERVATION = <u>SendReservationInfo</u> Safety: isApproacher = false

### 4.2.5. Approacher

Aktywności:

- ShouldParkingApproaching - podejmowanie decyzji czy chce zmierzać do parkingu i ewentualna jazda w jego stronę

Protokoły:

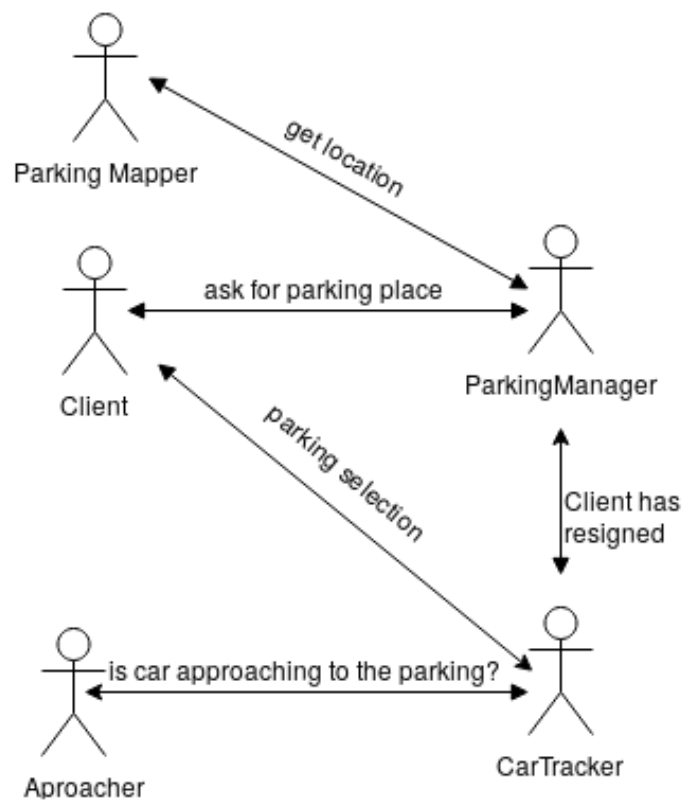
- TrackCar
- Reservation Cancellation
- FreePlace

**Tabela 5.** Rola Approacher.

Role schema: Approacher		
Description: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ma zarezerwowane miejsce na parkingu i wysyła informację o swoim aktualnym położeniu (ciągle)</li> <li>• może zrezygnować z zarezerwowanego miejsca</li> </ul>		
Protocols and Activities:		
TrackCar(SendApproacherLocation),	Reservation	Cancellation(CancelClientReservation)
Permissions:		
reads: IsApproacher		
generates: reservation_cancellation, car_location		
Responsibilities:		
Liveness:		
APPROACHER = TrackCar		
TRACKCAR = SendReservationInfo. (SendApproacherLocation   ReservationCancellation)ω		
RESERVATIONCANCELLATION = CancelClientReservation		
Safety: isApproacher = true		

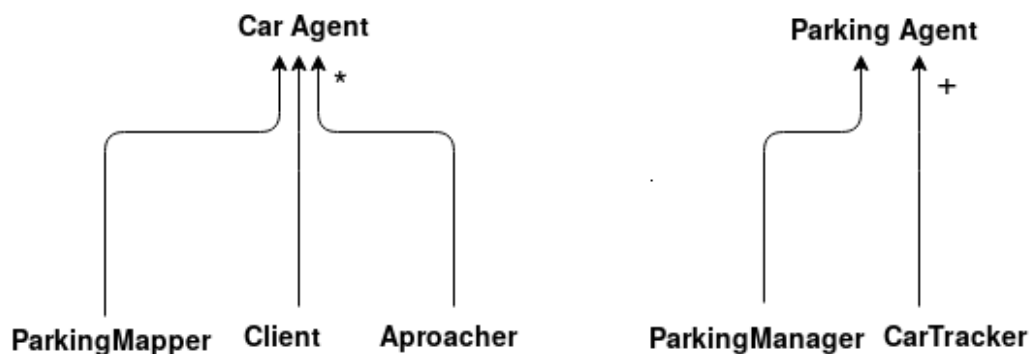
### 4.3. Model interakcji

Na rysunku 2 przedstawiającym model interakcji widać, że nie posiada on żadnej roli centralnej komunikującej się bezpośrednio ze wszystkimi innymi rolami. System posiada znaczne rozproszenie ról, biorąc pod uwagę występowanie tylko dwóch typów agentów wcielających się w różne role. Wszystkie agenty wchodzi między sobą w interakcje. Każdy z agentów powinien zostać więc poprawnie zaimplementowany w celu utrzymania systemu.



**Rysunek 2.** Model interakcji.

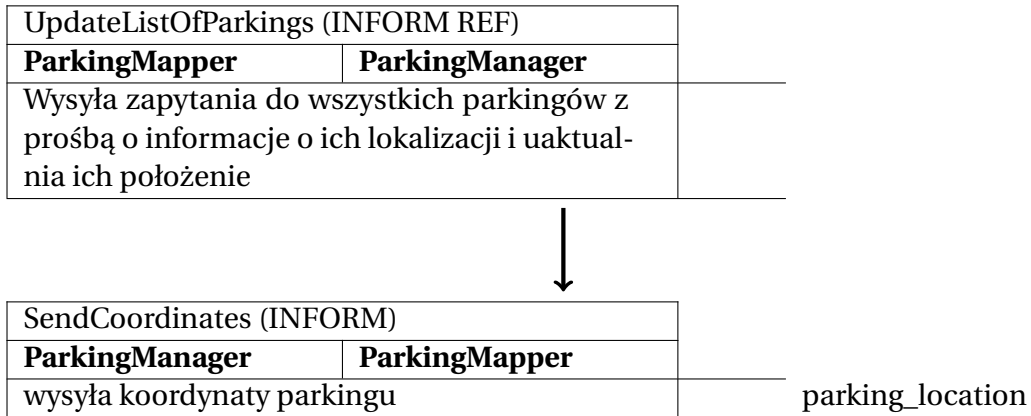
### 4.4. Model agentów



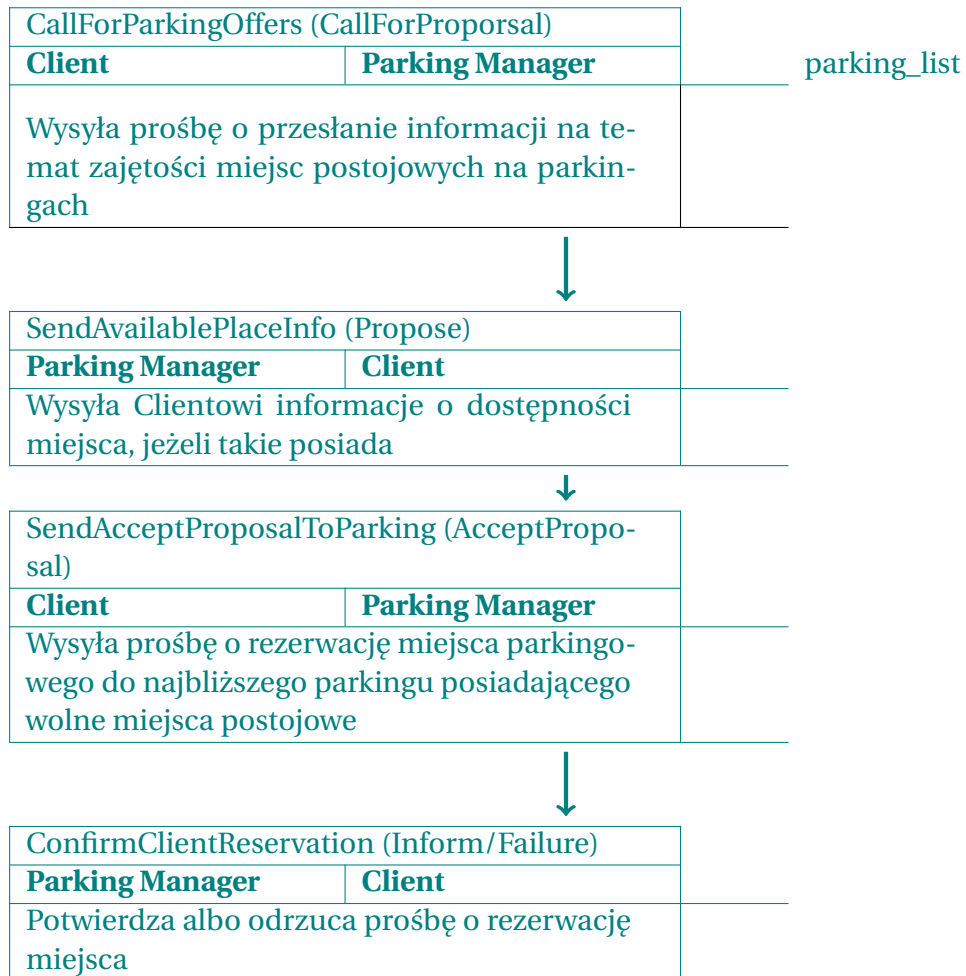
**Rysunek 3.** Model agentów.

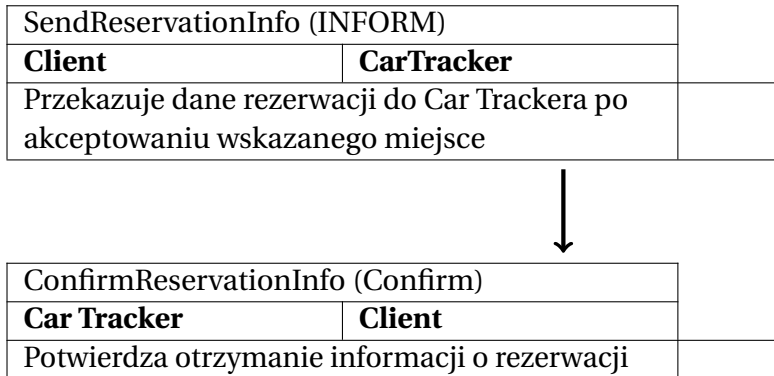
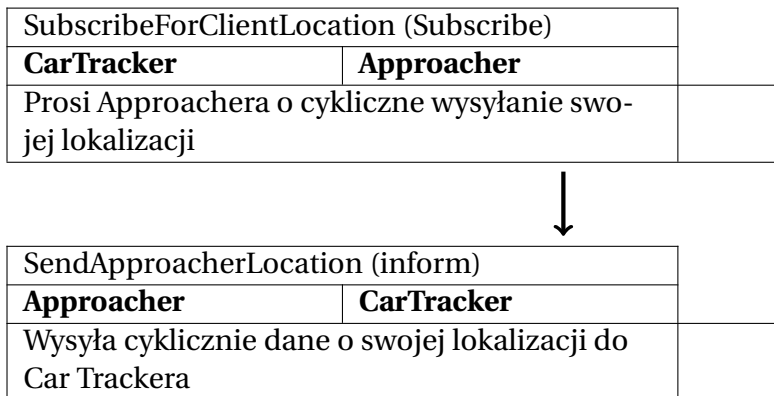
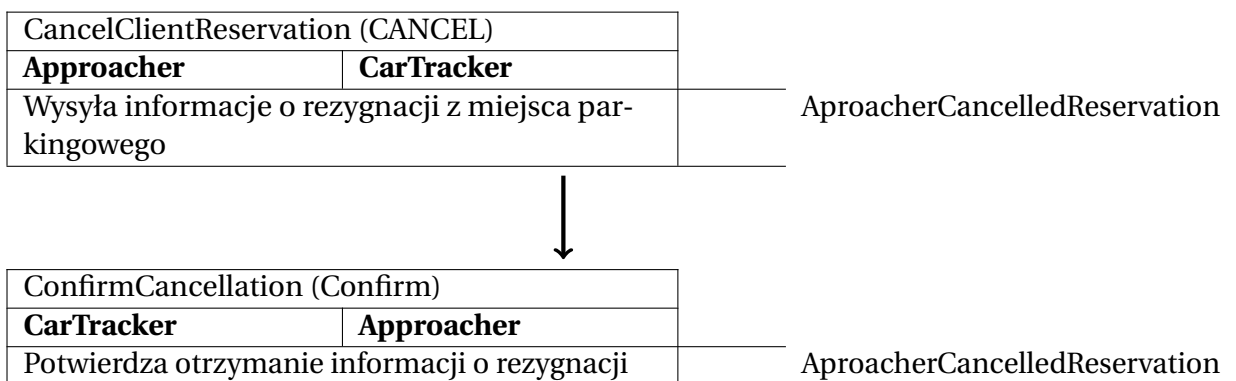
Na podstawie powyższych schematów (Rys. 3) modeli agentów można stwierdzić, że oba rodzaje agentów występujących w systemie są złożone w kontekście zaimplementowanych w nich ról. **ParkingAgent** posiada nieco większe skomplikowanie z uwagi na bardziej odpowiedzialną rolę jaką pełni w systemie, ponieważ to agenty-parkingi zarządzają agentami-pojazdami jednocześnie spełniając ich prośby. System nie może istnieć bez żadnej instancji **ParkingAgent**, ponieważ **CarAgent** w roli klienta nie mógłby wchodzić w interakcje i w rezultacie zaparkować. Natomiast można wyobrazić sobie istnienie systemu z instancjami **ParkingAgent**'a bez drugiego rodzaju agentów występujących w systemie.



**4.4.1. Map Parkings**

##### 4.4.2. PlaceReservation



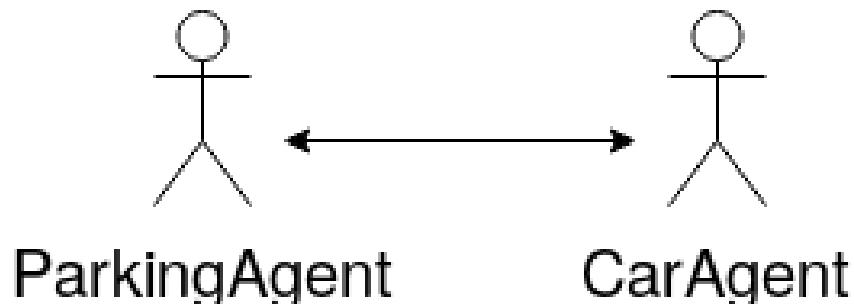
**4.4.3. TrackReservation****4.4.4. TrackCar****4.4.5. ReservationCancellation**

## 4.5. Model usług

Tabela 6. Model usług.

Usługa	Wejścia	Wyjścia	Warunki wstępne	Warunki końcowe
Tworzenie listy lokalizacji istniejących parkingów	-	parking_list	true	parking_list != NULL
Tworzenie listy proponowanych parkingów z wolnymi miejscami w okolicy	car_location	selected_parking_list	parking_list != NULL, car_location != NULL	length(sort(selected_parking_list)) == length(distance(car_location, parking_location) > set_distance) and length(sort(selected_parking_list)) <=5 (wybór do 5 najbliższych parkingów z okolicy lub mniej jeśli ich liczba < 5)
Znalezienie wolnego miejsca	selected_parking_list	reservation_info	parking_list != NULL	reservation_info != NULL
Śledzenie położenia samochodu	car_location reservation_info	ApproacherIsNot-Coming	reservation_info != NULL	ApproacherIsNot-Coming = True OR IsApproacher = False
Odwołanie zarezerwowanego miejsca	reservation_info	Approacher-Cancelled-Reservation	reservation_info != NULL	ApproacherCancelled-Reservetation = True

#### 4.6. Model znajomości



**Rysunek 4.** Model znajomości.

Model znajomości agentów w systemie (Rys. 4) jest nieskomplikowany z uwagi na małą liczbę agentów w nim występujących. Wszystkie rodzaje agentów komunikują się między sobą. Nadmienić należy że architektura systemu została zaprojektowana w ten sposób, że nie wymaga komunikacji pomiędzy różnymi instancjami tego samego rodzaju agenta. W przypadku agenta ParkingAgent następuje komunikacja pomiędzy rolami, w które wciela się ta sama instancja tego rodzaju agenta.

## Spis rysunków

1	Architektura systemu. . . . .	8
2	Model interakcji. . . . .	15
3	Model agentów. . . . .	16
4	Model znajomości. . . . .	21

## Spis tabel

1	Rola Parking Manager. . . . .	10
2	Rola Car Tracker. . . . .	11
3	Rola Parking Mapper. . . . .	12
4	Rola Client. . . . .	13
5	Rola Approacher. . . . .	14
6	Model usług. . . . .	20