

## SYSTEM PARKOWANIA ZMNIĘSZAJĄCY ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA OPARTY NA IOT

Beata KRUPANEK, Ryszard BOGACZ, Łukasz DRÓŹDŹ

1. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny  
tel.: 32 237 12 41 e-mail: beata.krupanek@polsl.pl
2. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny  
tel.: 32 237 12 41 e-mail: ryszard.bogacz@polsl.pl
3. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny  
tel.: 32 237 12 41 e-mail: lukasz.drozd@polsl.pl

**Streszczenie:** Obecnie parkowanie samochodów w centrach aglomeracji miejskiej stało się poważnym problemem. Zwiększająca się ciągle liczba samochodów krążących po miastach w celu zaparkowania pojazdu powoduje ogromne straty paliwa a tym samym zwiększa się emisja gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń. Zaproponowany przez autorów prototyp systemu parkowania ma na celu redukcję zanieczyszczeń dzięki sprawnemu odnajdywaniu miejsca parkingowego. System wykorzystuje tagi RFID oraz technologię Internetu Rzeczy. Został on opracowany na potrzeby jednej z lokalnych firm, której klienci muszą korzystać z różnych parkingów miejskich. Dzięki informacji na urządzeniu mobilnym klient ma możliwość podjechania na parking bez długotrwałego wyszukiwania miejsca.

**Słowa kluczowe:** Internet Rzeczy, system parkingowy, zanieczyszczenie środowiska, Raspberry Pi.

### 1. INFORMACJE OGÓLNE

#### 1.1. Zanieczyszczenia środowiska powodowane przez samochody

Emisje zanieczyszczeń powietrza są główną, związaną ze środowiskiem, przyczyną przedwczesnych zgonów w UE i powodują choroby układu oddechowego, pociągają za sobą znaczne koszty związane z opieką zdrowotną oraz przyczyniają się do utraty dni roboczych. Ostatnie dane wskazują, że trzy czynniki zanieczyszczenia powietrza (pył zawieszony PM<sub>2,5</sub>, dwutlenek azotu i ozon) odpowiadają za przedwczesną śmierć 400 tys. osób rocznie w UE, w tym bezpośrednią przyczyną około 70 tys. takich przypadków jest dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>) [1].

Transport miejski jest także jednym z powodów, dla których w wielu obszarach miejskich przekraczane są limity zanieczyszczenia powietrza [1]. Obecnie w celu pomiaru zanieczyszczeń powietrza emitowanych przez pojazdy prowadzi się wyłącznie badania laboratoryjne. W przypadku substancji zanieczyszczających, takich jak cząstki ultradrobne i NO<sub>x</sub>, emisje niektórych pojazdów mierzone na drogach w warunkach rzeczywistych znacznie przekraczają poziom emisji mierzony podczas obecnie obowiązującego cyklu badań laboratoryjnych.

Badanie emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach jazdy (badanie RDE) polega na pomiarze

substancji zanieczyszczających, w tym tlenków azotu i emisji cząstek stałych, za pomocą przenośnych systemów pomiaru emisji (PEMS) zamontowanych w pojazdach w trakcie jazdy na drodze w rzeczywistych warunkach. Oznacza to, że pojazd będzie poruszał się na zewnątrz, na prawdziwej drodze, według losowo wybranych parametrów, takich jak przyspieszenie, zwolnienie, temperatura otoczenia i ładunek. Badanie RDE nie zastępuje, lecz uzupełnia badanie laboratoryjne, które także udoskonalono, by lepiej odzwierciedlało rzeczywiste warunki na drodze, przede wszystkim by gwarantowało bardziej realistyczne dane liczbowe na temat emisji dwutlenku węgla i zużycia paliwa. Ustalono, że długotrwałe poszukiwanie miejsca parkingowego ma duży wpływ na emisję zanieczyszczeń przez pojazd.

Z rury wydechowej samochodu wydobywają się pyły, w tym PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), w tym benzo(a)piren, tlenki azotu oraz ozon (przygruntowy) [2]. Pył PM<sub>10</sub> to pył, którego cząsteczki mają średnicę 10 mikrometrów lub mniejszą. Taki pył łatwo przenika do górnych dróg oddechowych i płuc, powodując kaszel, trudności w oddychaniu i zaostrzenie objawów alergicznych. Pył PM<sub>2,5</sub> tworzą często substancje toksyczne – m.in. związki metali ciężkich czy lotne związki organiczne. PM<sub>2,5</sub> jest bardziej niebezpieczny dla zdrowia niż PM<sub>10</sub> – mniejsze cząsteczki trafiają aż do pęcherzyków płucnych, a stamtąd mogą przenikać do krwi. WWA to substancje powstające w wyniku niecałkowitego spalania związków organicznych, np. paliw samochodowych, a także tworzyw sztucznych. Jednym z nich jest benzo(a)piren, który jest kumulowany w organizmie i ma właściwości rakotwórcze [3]. Tlenek i dwutlenek azotu. To dwa związki szkodliwe dla zdrowia i stanowią jeden z głównych składników smogu. Ponadto tlenki azotu są odpowiedzialne za tworzenie się ozonu przygruntowego, który również jest zanieczyszczeniem powietrza. Transport samochodowy stanowi główne źródło zanieczyszczenia tlenkami azotu.

Jakość powietrza w Polsce należy do najgorszych w Europie. Sytuacja jest szczególnie zła pod względem zanieczyszczenia PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> oraz benzo(a)pirenem. W dużych aglomeracjach występuje również problem

zanieczyszczenia powietrza ozonem i tlenkami azotu. Samochody są głównym źródłem emisji tlenków azotu (32 proc.), odpowiadają również za 13 proc. emisji pyłu PM<sub>2,5</sub> oraz 8,7 proc. emisji pyłu PM<sub>10</sub>. W przypadku benzo(a)pirenu udział pojazdów samochodowych wynosi 5,5 proc. Udział samochodów w emisji zanieczyszczeń jest o wiele większy na obszarach o dużym natężeniu ruchu. Przykładowo w Warszawie transport drogowy odpowiada za 40 proc. emisji PM<sub>10</sub>, 20 proc. – PM<sub>2,5</sub> oraz 15 proc. benzo(a)pirenu [2, 3].

To co szczególnie charakterystyczne dla Polski, to szybki wzrost liczby samochodów. W ciągu 6 lat (od 2008 r.) liczba aut osobowych na 1000 mieszkańców wzrosła o prawie o ¼ (z 422 do 520). W latach 2008-2012 wzrost liczby zarejestrowanych aut osobowych w Polsce wyniósł 17 proc. Ze wzrostem ruchu samochodowego nie nadąża rozwój infrastruktury drogowej. Wprawdzie powstała sieć autostrad i obwodnic, jednak problemem pozostaje poruszanie się w centrach miast. W 2014 r. na skutek korków, kierowcy jeżdżący po 7 największych polskich miastach stracili w 2014 r. 3,6 mld zł. Nie jest to jednak problem wyłącznie ekonomiczny, ale i ekologiczny. Samochody poruszające się w korkach zużywają znacznie więcej paliwa, co powoduje zwiększenie emisji zanieczyszczeń do powietrza.

## 1.2. Technologia Internetu Rzeczy

Internet Rzeczy (ang. Internet of Things - IoT) to koncepcja powszechnie przedstawiana jako kolejny etap komputerowej i sieciowej rewolucji, w kierunku rozproszenia modułów sieciowych i samych informacji, gdzie każdy obiekt w świecie rzeczywistym może automatycznie łączyć się z siecią, w pełni uczestniczyć w Internecie i komunikować się w dowolnym innym modulem do niej podłączonym [4].

IoT obejmuje obecnie szereg technologii i obszarów badawczych, które mają na celu wykorzystanie i rozszerzenie istniejącej sieci Internet, jako platformy komunikacyjnej również dla różnego typu obiektów, urządzeń i modułów występujących w otoczeniu człowieka. Z punktu widzenia struktury połączeń sieciowych i organizacji sieci na różnych poziomach, Internet Rzeczy może być postrzegany jako wysoce rozproszona i dynamiczna sieć transmisji danych, tworzona przez „inteligentne” moduły, węzły sieci tzw. Smart Obiekty, generujące i zarazem odbierające informacje. Obiekt typu Smart ma swój unikalny adres sieciowy, interfejs sieciowy, interfejs do komunikacji z użytkownikiem oraz możliwość pozyskiwania danych z otoczenia, ich zapisywania, przetwarzania i przesyłania do innych obiektów [4, 5].

Interakcja z rzeczywistym światem zewnętrznym, osiągnięta jest poprzez implementację w strukturze sprzętowej Smart Obiektów odpowiednich czujników, których sygnały przetwarzane są w czasie rzeczywistym na pakiety danych oraz elementów wykonawczych, realizujących określone zadania, czynności, oddziałujące na środowisko zewnętrzne. Wsparciem technologicznym dla rozwoju sieci IoT zwłaszcza na poziomie obiektowym, a zatem bezpośredniej obsługi dużej liczby czujników i elementów wykonawczych czy mobilnych urządzeń sterująco-monitorujących (np. tablet, smartfon), są również wszelkiego rodzaju technologie komunikacji bezprzewodowej, takie jak WiFi, ZigBee, RFID, Z-Wave, 6LoWPAN i inne. Ogromną zaletą tak skonstruowanego systemu jest możliwość przesyłania danych o stanie obiektów niemal w czasie rzeczywistym, co daje możliwość sterowania innymi obiektami lub

informowania o stanie obiektów [5]. Technologia Internetu Rzeczy ma globalny zasięg dzięki przesyłaniu danych do tzw. chmury, co jest istotne z punktu widzenia planowanego systemu sterowania wyborem miejsca parkingowego.

## 1.3. Wady obecnych systemów parkowania

Obecnie parkingi w wielu miastach mają formę płatnych lub bezpłatnych przestrzeni rozrzuconych po terenie całego miasta. W wielu przypadkach są to fragmenty chodników lub zapleczy budynków. Zwykle tego typu miejsca nie są zliczane a ich zajętość nie jest w żaden sposób odnotowywana. Część parkingów (zwłaszcza przy urzędach lub galeriach handlowych) ma wdrożony system świetlnego informowania o zajętości miejsca jednak oznakowanie to nie zawsze jest widoczne z każdego miejsca parkingu i nie koniecznie chroni kierowcę przed poszukiwaniem wolnego pola parkingowego.

Niemniej jednak bez względu na zastosowany system informujący zwykle systemy te nie są ze sobą połączone ani wspólnie zarządzane. Ponadto kierowca nie jest informowany o konkretnym miejscu do zaparkowania jedynie o ogólnej liczbie wolnych pól na danym parkingu.

Kolejną kwestią jest opłata parkingowa. Zwykle na miejskich parkingach zlokalizowanych przy ulicach czy placach opłata za parking uiszczana jest z góry w odpowiednim parkometrze. Wydłużenie tego czasu jest niemożliwe bez powtórnej opłaty i powrotu do samochodu.

## 2. ZAŁOŻENIA SYSTEMU PARKOWANIA

### 2.1. Uwarunkowania

Założeniem budowy prototypowego systemu wspomagającego wybór miejsca parkingowego było zmniejszenie emisji spalin i zanieczyszczeń dzięki dokładnemu informowaniu kierowcy o wolnym polu parkingowym. Firma będąca zleceniodawcą prototypu mieści się w centrum Aglomeracji Śląskiej w jednej z kamienic. Jest właścicielem dwóch parkingów oddalonych od firmy o około 300 metrów i około 700 metrów od siebie wzajemnie. Firma nie jest właścicielem miejskich miejsc parkingowych obok swojej lokalizacji.

W okolicy rozrzuconych jest kilkadziesiąt miejsc parkingowych na różnego typu parkingach, w większości są to parkingi na chodnikach. Zaparkowanie samochodu w pobliżu lokalizacji firmy wiąże się z wieloma utrudnieniami dla jej klientów, zwłaszcza, gdy są to osoby nie znające dobrze tej części miasta. Konieczność wielokrotnego objeżdżania kilku przecznic w poszukiwaniu miejsca niejednokrotnie wiązała się z utratą klienta. Wynika to z układu drogowego w rejonie firmy – drogi jednokierunkowe, brak możliwości zawrócenia lub skręcenia.

### 2.2. Emisja zanieczyszczeń

W trakcie pokonywania dodatkowych kilometrów i uczestniczenia w ruchu samochodowym w celu znalezienia wolnego miejsca parkingowego wydzielane są dodatkowe toksyczne związki i pyły. Wśród klientów firmy przeprowadzona została ankietyzacja, w której klienci odpowiadali na pytania związane z czasem poświęconym na zaparkowanie samochodu, średnim spalaniem samochodu, liczbą dodatkowo przejechanych kilometrów. Uzyskane wartości, są oczywiście orientacyjne i częściowo subiektywne. Zależą też od dokładności pomiaru niektórych parametrów przez komputery pokładowe samochodów.

Ankietyzacji poddano 100 klientów firmy na przestrzeni 3 miesięcy, przyjeżdżających samochodami osobowymi. Podsumowanie wyników ankiety przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Podsumowanie ankiety wśród klientów firmy

Parametr	Wartość
Średnia liczba dodatkowo pokonanych km przez pojedynczego klienta, km	0,78
Średni czas poszukiwania miejsca parkingowego, godz.	0,13
Średnia liczba dodatkowo pokonanych km rocznie	9,6
Średnia liczba klientów rocznie	3160
Całociowa średnia liczba dodatkowo pokonanych km przez wszystkich klientów, km	2464,8
Całkowity średni czas poszukiwania miejsca parkingowego przez ogół klientów rocznie, godz.	4929,6
Całkowita średnia liczba dodatkowo pokonanych km rocznie przez ogół klientów, km	29577,6

Zgodnie z [6] przyjęto następujące wskaźniki emisji zanieczyszczeń powodowane przez samochody osobowe: dwutlenek siarki 1,86 g/kg, NO<sub>x</sub> (w przeliczeniu na NO<sub>2</sub>) 35,47 g/kg, tlenek węgla 290,55 g/kg, węglowodory alifatyczne 26 g/kg oraz węglowodory aromatyczne 6,5 g/kg. Zebrane wartości jednostkowej emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na godzinę zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Jednostkowa emisja zanieczyszczeń przez pojazdy

Parametr	Wartość
Dwutlenek siarki, kg/h	0,00186
Dwutlenek azotu, kg/h	0,03547
Tlenek węgla, kg/h	0,29055
Węglowodory alifatyczne, kg/h	0,026
Węglowodory aromatyczne, kg/h	0,0065

W tabeli 3 zamieszczono wyznaczone wartości emisji zanieczyszczeń powodowanych przez samochody klientów firmy w czasie poszukiwania miejsca parkingowego. Wartości są podane dla średniej liczby wszystkich klientów firmy w czasie roku.

Tabela 3. Emisja zanieczyszczeń przez pojazdy wokół terenu firmy emitowane w dodatkowym czasie jazdy

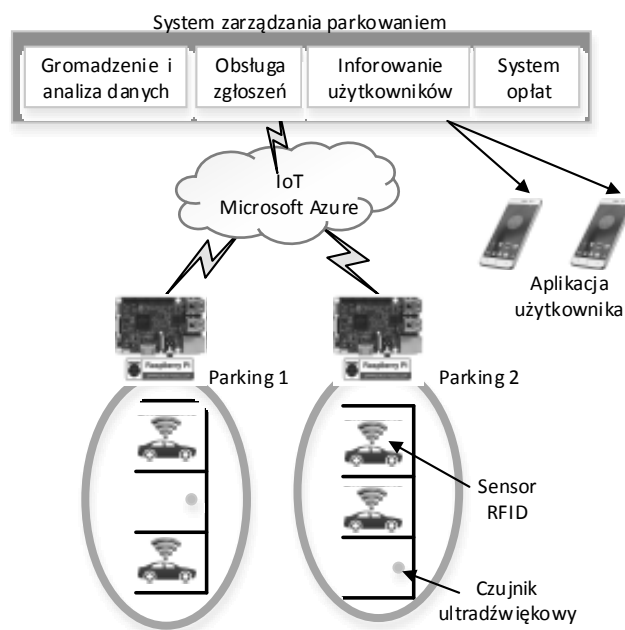
Parametr	Wartość
Wartości przy pojedynczym parkowaniu	
Dwutlenek siarki, kg/h	0,0002418
Dwutlenek azotu, kg/h	0,046111
Tlenek węgla, kg/h	0,0377715
Węglowodory alifatyczne, kg/h	0,00338
Węglowodory aromatyczne, kg/h	0,000845
Wartości przy parkowaniu w czasie roku	
Dwutlenek siarki, kg/rok	9,169056
Dwutlenek azotu, kg/rok	1748,52912
Tlenek węgla, kg/rok	1432,29528
Węglowodory alifatyczne, kg/rok	128,1696
Węglowodory aromatyczne, kg/rok	32,0424

Jak widać z danych zamieszczonych w tabeli 3 oszacowane dane na podstawie 3 miesięcznych pomiarów znacznie przekraczają norm. Przykładowo dla dwutlenku

azotu poziom dopuszczalny dla stężenia średniorocznego wynosi 40 µg/m<sup>3</sup> a dla węglowodorów norma wynosi 0,06 g/km dla samochodu osobowego wyprodukowanego przed 2014 rokiem. Istotne jest więc, z punktu widzenia środowiska, poszukiwanie systemów i rozwiązań pozwalających na sprawne zaparkowanie samochodu.

### 3. KONCEPCJA SYSTEMU

Zaproponowany prototyp systemu wspomagającego parkowanie zakłada monitoring miejsc parkingowych oraz samochodów klientów firmy w taki sposób, aby klient będąc już w pobliżu firmy miał informację na smartfonie dotyczącą lokalizacji miejsca parkingowego. Do sterowania zajętością miejsc wykorzystano technologię Internetu Rzeczy. Koncepcję budowy systemu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Koncepcja systemu wspomagania kierowców w czasie poszukiwania miejsca do zaparkowania

Jeżeli chodzi o miejsca parkingowe zlokalizowane na parkingach, których właścicielem jest firma postanowiono wykorzystać czujniki ultradźwiękowe typu POLOLU-726 do detekcji czy dane miejsce parkingowe jest wolne czy zajęte. Ze względu na częste zabrudzenie i zapylenie tego typu przestrzeni nie wybrano czujników podczerwieni.

Większość systemów wspomagania parkowania opiera się na zastosowaniu kamer wizyjnych do detekcji numeru rejestracyjnego wozu. Rozwiązanie to jest dosyć drogie a ponadto wymaga zastosowania programowych algorytmów do rozpoznawania numeru [7, 8]. W celu obniżenia kosztu systemu zdecydowano się rozwiązanie bazujące na współpracy z klientem. W systemie prototypowym zastosowano znaczniki RFID w postaci breloków S203-BK dla każdego wozu, w których zakodowano unikatowy identyfikator pojazdu powiązany z numerem rejestracyjnym pojazdu. W każdym boksie parkingowym musi być zainstalowany czytnik RFID wraz z anteną, który pozwoli na sprawdzenie czy właściwy samochód zaparkowała na wybranym miejscu.

Dane pochodzące z sensora ultradźwiękowego oraz czujnika RFID są integrowane przez platformę Raspberry Pi. Jej zadaniem jest zbieranie danych dotyczących

wolnego/zajętego miejsca parkingowego, informacji z czujnika RFID związanych z numerem rejestracyjnym, gabarytami samochodu i danymi właściciela. Platforma stanowi swego rodzaju interfejs pozwalający na połączenie się z chmurą.

Najistotniejszym elementem systemu jest platforma Microsoft Azure, która jest dużą, elastyczną platformą zintegrowanych usług w bezpiecznej chmurze [4]. Obejmuje ona cztery zakresy usług: moc obliczeniową, pamięć, sieci i aplikacje. Chmura obliczeniowa Microsoft Azure oparta jest na stale rosnącej Globalnej Sieci Centrów Danych Microsoftu, która znajduje się w 13 regionach świata. Ponadto wybrana platforma jest skalowalna, co miało duże znaczenie z powodu przyszłych możliwości rozszerzenia systemu wspomagania parkowania. Wybrana platforma jest w szerokim zakresie darmowa w ciągu pierwszego roku użytkowania – czyli testów wdrażanego systemu. Chmura daje możliwość akwizycji, przechowywania i analizowania danych pochodzących z wielu źródeł, co było najistotniejsze w projektowanym systemie. Ponadto chmura umożliwia zaprojektowanie aplikacji mobilnej dla klientów firmy i nadzór nad ewentualnymi płatnościami w przyszłości.

Usługa SQL Azure umożliwia przechowywanie bazy danych dostępnych parkingów, informacji o ich aktualnym stanie, zarejestrowanych użytkownikach i pojazdach oraz o dokonanych rezerwacjach. Zastosowanie bazy danych zapewnia wiele korzyści związanych z możliwością przetwarzania i analizy zawartych w niej danych, a także znacznie ułatwia procesy obsługi błędów realizując je przy użyciu wbudowanych mechanizmów.

Utworzona baza danych pojazdów pozwala, aby transponder RFID przechowywał jedynie unikatowy identyfikator pojazdu, który umożliwi powiązanie pojazdu z jego parametrami. Tego typu transponder RFID może pomieścić 330 bitów danych co jest wystarczające do zakodowania numeru wozu, typu samochodu i danych klienta. Jednak ze względów bezpieczeństwa oraz w celu redukcji kosztów dane te będą umieszczone w bazie danych. Takie rozwiązanie zapewni również możliwość zmiany danych dotyczących pojazdu w dowolnym czasie, bez konieczności zmiany danych zawartych w transponderze. Pozwala to wyeliminować dodatkowe koszty związane ze zmianą właściciela breloku S203-BK lub zmianą przypisanego do niego pojazdu – nieużywany brelok można przekazać nowemu użytkownikowi. Połączenie unikatowego identyfikatora pojazdu z jego właścicielem pozwala także na określenie do kogo należy zaparkowany pojazd oraz ułatwia procedurę poboru opłaty za usługę.

Baza danych parkingów zawiera informacje o istniejących parkingach oraz przechowuje status każdego dostępnego miejsca. Dodawanie kolejnych miejsc parkingowych oraz nowych parkingów do systemu, sprowadza się zatem jedynie do utworzenia odpowiednich rekordów w bazie danych. W ten sposób cały system jest skalowalny. Dodatkową zaletą użycia bazy danych jest udostępniany przez nią mechanizm transakcji. Rozwiązanie to eliminuje między innymi problem rezerwacji pojedynczego miejsca parkingowego przez kilku użytkowników i możliwość poniesienia kosztów rezerwacji bez jej uzyskania. Proces rezerwacji miejsca parkingowego realizowany jest w ramach jednej transakcji. W przypadku, gdy podczas rezerwacji wystąpi jakiś błąd (np. użytkownik przerwie czynność rezerwacji, miejsce zostanie zajęte przez inny pojazd), transakcja zostanie odwołana, przez co do bazy danych nie zostaną wprowadzone zmiany. Mechanizm ten

zadziała poprawnie również w przypadku, gdy w tym samym czasie inny użytkownik dokona rezerwacji – pierwsza rezerwacja zostanie zrealizowana, a kolejne zostaną odrzucone.

Urządzenie wykonawcze, po odczytaniu identyfikatora zaparkowanego pojazdu, komunikuje się z bazą danych i udostępnia jej informacje o zaparkowanym pojeździe. Na podstawie otrzymanego identyfikatora pojazdu i miejsca parkingowego następuje sprawdzenie, czy pojazd został zaparkowany poprawnie – w przypadku stwierdzenia rezerwacji miejsca przez inny pojazd, kierowca zostanie poinformowany o konieczności przeparkowania samochodu. Po potwierdzeniu poprawności danych pojazdu, baza danych oznacza wybrane miejsce jako zajęte i kojarzy z nim przekazany identyfikator pojazdu.

```
// Procedura obsługi wykrycia pojazdu
void on_car_enter(const SLOT* slot)
{
    // Pobierz identyfikator zaparkowanego pojazdu
    unsigned cuid = get_rfid_value(slot->rfid);

    // Pobierz dane rezerwacji miejsca
    unsigned bind = get_reserved_uid(slot->uid);

    // Jeżeli miejsce nie jest zarezerwowane:
    if (bind == 0)
    {
        bind_slot(slot->uid, cuid); // Zajmij miejsce
    }
    // Jeżeli miejsce jest zarezerwowane i pojazd jest właściwy:
    else if (bind == cuid)
    {
        commit_reservation(slot->uid, cuid); // Potwierdź rezerwację
    }
    // Jeżeli miejsce jest zarezerwowane lecz pojazd jest niewłaściwy
    else
    {
        report_abuse(slot->uid, cuid); // Zarejestruj naruszenie
        enable_alarm(slot); // Uruchoń sygnał świetlny i dźwiękowy
    }
}
```

Listing 1. Fragment programu urządzenia wykonawczego realizujący obsługę zajęcia miejsca przez pojazd

Ostatnim elementem systemu jest aplikacja mobilna klienta przedstawiona na rysunku 2. Klient firmy może z 15 – 30 minutowym wyprzedzeniem (jest ono zmienne w zależności od pory dnia, dnia tygodnia, innych uwarunkowań) zarezerwować miejsce do zaparkowania korzystając z aplikacji, która odwzorowuje plany parkingów.



Rys. 2. Koncepcja systemu wspomagania kierowców w czasie poszukiwania miejsca do zaparkowania

Po zgłoszeniu rezerwacji odpowiedni komunikat wysyłany jest do chmury. W komunikacie przesyłane są dane związane z wybranym miejscem parkingowym i rejestracją samochodu (identyfikatorem). Jeżeli klient nie zajmie miejsca w ustalonym czasie, rezerwacja zostaje odwołana. Ponieważ są to miejsca ogólnie dostępne, dlatego nad każdym miejscem parkingowym zainstalowano informator diodowy, który w momencie rezerwacji miejsca będzie informował pozostałych kierowców, że wskazane miejsce jest zarezerwowane. W przypadku wjazdu na miejsce nieuprawnionego pojazdu uruchamia się buzer a na wyświetlaczu pojawia się informacja o konieczności zwolnienia miejsca. Po 5 minutach informacja taka kierowana zostaje do ochrony parkingu.

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Zaproponowany system wspomaganie kierowców jest obecnie w fazie instalowania/testowania na dwóch zadanych parkingach. W systemie brakuje obecnie modułu związanego z parkowaniem na chodnikach i parkingach ulicznych, wynika to z konieczności ingerencji w infrastrukturę drogową, czyli uzyskania wielu pozwoleń od właściciela terenu. Ponadto pojawia się problem związany z umieszczeniem informatorów diodowych dla kierowców. Obecnie w systemie nie jest jeszcze wdrożony element oprogramowania pozwalający na opłatę za parking, co będzie realizowane w najbliższym czasie.

Opisany system ma bardzo duże możliwości rozwojowe i badawcze. Dopiero po pewnym czasie użytkowania będzie można ocenić, które elementy systemu należy poprawić. Ważną kwestią jest komunikacja między wszystkimi częściami obecnie realizowana w dużej mierze w sposób bezprzewodowy za pomocą transmisji RFID oraz WiFi (od modułu RaspberryPi do platformy Azure).

Zrealizowany system wspomaga kierowców w czasie poszukiwania miejsca parkingowego pozwalając na zaoszczędzenie czasu, pieniędzy oraz zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery, co było priorytetem dla firmy wdrażającej prototypowy system.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. Komisja Europejska - Zestawienie informacji. UE chce ograniczyć zanieczyszczenie powietrza przez samochody: Pytania i odpowiedzi. Bruksela, 31.08.2017r.
2. Tworzymy atmosferę. Zanieczyszczenia powietrza a transport samochodowy. Wyniki badań sfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. <http://www.tworzymyatmosfere.pl>
3. Gorham R.: Air pollution from ground transportation. United Nations 2002.
4. IoT 2020: Smart and secure IoT platform. IEC White Paper 2016.
5. Holdowsky J., Mahto M., Raynor M., Cotteleer M.: Inside the Internet of Things (IoT). Deloitte University Press 2015.
6. Sikora A.: Emisje do powietrza. Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. [www.tluszcz.pl](http://www.tluszcz.pl)
7. Thorat S., Ashwini M., Kelshika A., Londhe S., Mamta S., Choudhary M.: IoT Based Smart Parking System using RFID. Int. J. of Comp. Eng. In Res. Trends, vol. 4. Iss. 1, pp. 9-12.
8. Chouhan S., Sandhya P.: Internet of things based car parking system. Asian J. of Pharmaceut. and Clinical Res. Spec. Iss. April 2017.

### PARKING SYSTEM REDUCING GREENHOUSE GASES BASED ON IOT

Currently, parking of cars in the centers of the urban agglomeration has become a serious problem. The ever-increasing number of cars circulating in the cities to park the vehicle causes huge losses of fuel and thus the emission of greenhouse gases and pollutants increases. The prototype of the parking system proposed by the authors aims to reduce pollution by efficiently finding a parking space. The system uses RFID tags and Internet of Things technology. It has been developed for the needs of one of the local companies, whose customers must use various city car parks. Thanks to the information on the mobile device, the customer has the opportunity to drive to the car park without a long-lasting search for a place. The proposed prototype of the parking assist system assumes the monitoring of parking spaces and cars of the company's clients in such a way that the client, when already near the company, has information on the smartphone regarding the location of the parking space. The most important element of the system is the Microsoft Azure platform, which is a large, flexible platform for integrated services in a secure cloud. The cloud gives the opportunity to acquire, store and analyze data from many sources, which was the most important in the designed system. In addition, the cloud allows you to design a mobile application for the company's clients and supervise possible future payments. The system described has very large development and research possibilities. Only after a certain time of use will it be possible to assess which elements of the system should be improved. An important issue is the communication between all parts currently implemented to a large extent in a wireless way using RFID and WiFi (from the RaspberryPi module to the Azure platform). The implemented system supports drivers during the search for a parking space, which allows to save time, money and reduce emissions to the atmosphere, which was a priority for the company implementing the prototype system.

**Keywords:** Internet of Things, parking system, greenhouse gases, Raspberry Pi.

