

Marek Sumiła
Politechnika Warszawska Wydział Transportu

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII RFID W PROCESIE LOKALIZACJI ŚRODKÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania technologii RFID w procesie lokalizacji środków komunikacji miejskiej. W kolejnych punktach opisano typy i możliwości współczesnych systemów RFID, przeprowadzono analizę dostępnych transponderów oraz umiejscowienie w systemie lokalizacji czytników i anten dalekiego zasięgu. W końcowej części artykułu przedstawiono wyniki badań najnowszych urządzeń mogących posłużyć do lokalizacji pojazdów.

Słowa kluczowe: lokalizacja pojazdów, RFID, czytniki dalekiego zasięgu

1. WPROWADZENIE

Współcześnie lokalizacja pojazdów ma za zadanie usprawnienie procesu transportowego poprzez automatyczne prowadzenie do celu, optymalizację tras przejazdu, identyfikację miejsca znajdowania się pojazdu oraz wiele innych parametrów związanych z aktualnymi warunkami przemieszczania się pojazdu. Z punktu widzenia pasażera informacja o lokalizacji pojazdów komunikacji miejskiej jest szczególnie istotna podczas planowania i wyboru środka transportu. Systemy telematyczne udostępniające takie informacje są już wdrażane i najczęściej oferują informacje o czasie oczekiwania na wybrany środek transportu w czasie rzeczywistym. Nie mniej ważną rolę jaką spełniają systemy lokalizacji środków komunikacji miejskiej jest dokumentacja wykonanych zadań transportowych zlecona przedsiębiorstwom przewozowym przez zarządy transportu miejskiego. Powiązanie założonych w rozkładach jazdy i rzeczywistych czasów przebywania pojazdów na wyznaczonych przystankach może stanowić element oceny kierowcy, jak i sprawności danego przedsiębiorstwa.

Od lat dziewięćdziesiątych najpopularniejszym systemem lokalizacji pojazdów jest amerykański system GPS. Pomimo pierwotnie wojskowego przeznaczenia, został on udostępniony służbom cywilnym z pewnym zakłóceniem (*Selective Availability*), który wpływał na zwiększenie niedokładności pomiaru. 1 maja 2000 roku został on wyłączony przez co dokładność systemu zwiększyła się z 100 m do 20 m. System był stosowany pomimo początkowo wysokiej ceny odbiorników, niewielkiej wydajności procesorów obliczających pozycję. Rozwój technologii, zniesienie zakłóceń oraz spadek cen spowodował masową produkcję odbiorników w ostatnich latach i powszechność ich wykorzystania. Konstruktorzy telematycznych systemów wspomagania podróżujących w miastach chętnie więc sięgają po tą technologię licząc na wysoką efektywność przy niskich nakładach na infrastrukturę urządzeń. Niestety, jak to już stwierdzono na jednym z pierwszych kongresów ITS poważnym problemem w poprawnym funkcjonowaniu tego systemu jest zabudowa urbanistyczna utrudniająca odbiór sygnałów z wystarczającej liczby satelitów i wciąż zbyt wysoka niedokładność dla potrzeb sterowania w transporcie.

Słusznym wydaje się zatem poszukiwanie innych metod lokalizacji, które będą pozbawione wad systemu GPS, a w równie wysokim stopniu umożliwią lokalizację pojazdów miejskich.

2. TECHNOLOGIA RFID

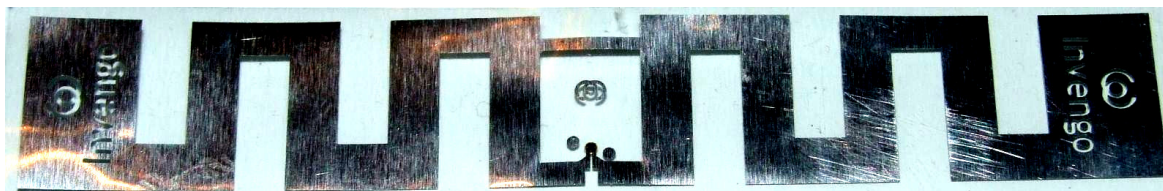
Pierwsze poważne prace nad zastosowaniem technologii RFID (*Radio Frequency Identification*) datuje się na lata pięćdziesiąte ubiegłego stulecia [2]. Celem prowadzonych prac było opracowanie systemu zdalnej identyfikacji obiektów i ludzi. Do dnia dzisiejszego technologia RFID znalazła wiele zastosowań głównie w handlu (znakowanie towarów), systemach kontroli dostępu (karty zbliżeniowe, immobilisery), systemach automatycznego poboru opłat (drogi płatne, mosty, tunele, itp.), identyfikacji ładunków (np.: spedycja, magazynowanie), wyznaczaniu tras i identyfikacji zwierząt wędrownych, domowych i wielu innych dziedzinach, w których istotna jest bezstykowa identyfikacja obiektów i istot żywych.

Technologia RFID zakłada istnienie trzech zasadniczych elementów:

- transponderów (*Tag*) – są to tzw. znaczniki, którymi oznakowuje się obiekty podlegające identyfikacji,
- czytników (*Reader*) – są to urządzenia służące do wykrywania i identyfikacji transponderów,
- sterowników (*Host*) – w wielu wypadkach są to typowe komputery klasy PC wzbogacone o odpowiednie oprogramowanie; w zastosowaniach przemysłowych wykorzystuje się również specjalizowane urządzenia mikroprocesorowe powiązane z zewnętrznymi bazami danych.

Ogólna zasada działania systemu RFID polega na modulacji częstotliwości nośnej transmitowanej z czytnika w sposób umożliwiający zapisanie w tym sygnale danych cyfrowych. Elementem modulującym jest transponder zmieniający nadawany sygnał czytnika. Po odebraniu zmodulowanej fali następuje proces dekodowania danych. Najprostsze transpondery przekazują jedynie unikalny numer, bardziej rozbudowane

posiadają wbudowane chipy umożliwiając transmisję bardziej złożonych informacji również w zakresie ich modyfikacji i magazynowania. Przykład takiego transpondera zamieszczono na rys. 1.



Rys. 1. Transponder pasywny wyposażony w interaktywny chip. [źródło: zdjęcie autora]

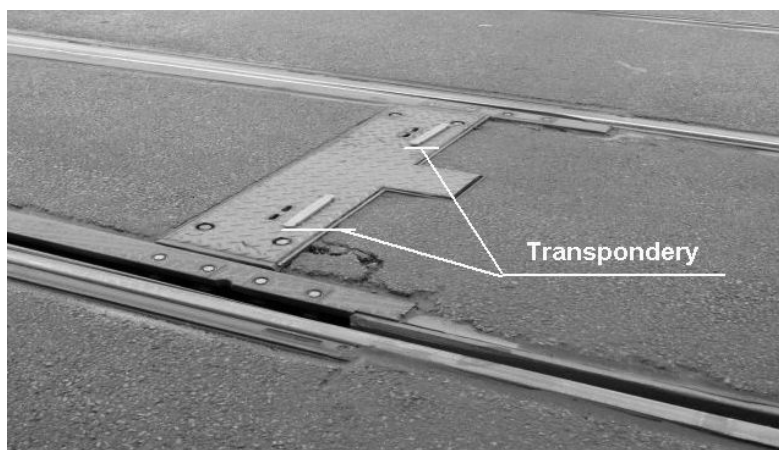
Transpondery występują w trzech odmianach: pasywne, półpasywne i aktywne. Przedstawiony podział wynika z odmiennego sposobu zasilania urządzeń. W pierwszym przypadku jest to energia indukowana przez antenę transpondera, po odebraniu fali nośnej z czytnika. W wyniku tego oddziaływania transponder ładuje wewnętrzny kondensator i w efekcie zasila wewnętrzny układ modulatora. W przypadkach kolejnych transponder posiada własne źródło zasilania, przez co jest mniej zależny od czytnika.

Wymiana informacji pomiędzy transponderami a czytnikami może zachodzić w zakresie fal długich (125 KHz), ultrakrótkich (13,56 MHz), UHF (860 – 960 MHz) oraz mikrofal (2,5 GHz). Wybór zakresu transmitowanych informacji ma duży wpływ na zasięg oddziaływania czytników, koszt transponderów, prędkość transmisji, ich wielkość oraz odporność przekazu na zakłócenia elektromagnetyczne. Ze względu na te ostatnie w przemyśle, jak i transporcie najczęściej wykorzystuje się z dwa ostatnio podane zakresy fal radiowych.

3. LOKALIZACJA POJAZDÓW Z WYKORZYSTANIEM RFID

3.1. Analiza trafności zastosowania RFID

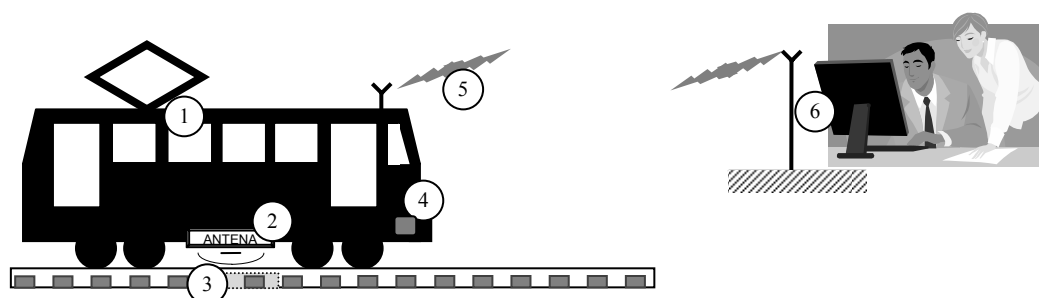
Zastosowanie technologii RFID dla potrzeb sterowania ruchem w transporcie umożliwia uzyskanie dokładności pomiaru mniejszej od jednego metra. Jest to możliwe dzięki znajomości trasy przejazdu środka transportu oraz odpowiednio małej odległości pomiędzy transponderem a czytnikiem. W przypadku komunikacji miejskiej zarówno szynowej, jak i autobusowej oba przedstawione wyżej wymogi mogą być spełnione w punktach charakterystycznych, najczęściej przystankach postojowych. Warto zwrócić uwagę na to, że właśnie te miejsca są istotne z punktu widzenia obecnie postrzeganej lokalizacji środków komunikacji miejskiej. Zwiększenie rozdzielczości detekcji jest możliwe poprzez częstsze umiejscowienie elementów systemu. Do takich miejsc można zaliczyć zwrotnice i sygnalizatory świetlne. Przykład przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Transpondery umieszczone w miejscu sterowania. [źródło: zdjęcie autora]

Istotną kwestią jest umiejscowienie transponderów i czytników do celów lokalizacyjnych. W większości dotychczasowych zastosowań konstruktorzy systemów RFID decydują się, zgodnie z przyjętą pierwotnie konwencją, na umieszczenie czytników w miejscach charakterystycznych, a transpondery na lokalizowanych obiektach. Przykładowe systemy można już dzisiaj znaleźć wśród urządzeń telematiki autostradowej, miejscach poboru opłat, parkingach, zajezdniach itd. [3]. Takie podejście jest uzasadnione dla przypadków, w których liczba identyfikowanych pojazdów jest wielokrotnie większa od liczby miejsc identyfikacji.

Lokalizacja pojazdów na trasach ich przejazdu prowadzi od odwrotnej sytuacji. Liczba pojazdów poruszających się jest wielokrotnie mniejsza od liczby punktów kontrolnych. Zastosowanie w każdym z nich czytnika prowadziłoby do znacznego przeinwestowania w infrastrukturę oraz zmniejszyło niezawodność systemu poprzez narażenie układów elektronicznych czytników na warunki atmosferyczne, uszkodzenia wynikające z aktów wandalizmu, czy czasowe ograniczenia wynikające z zakłóceń torów teletransmisyjnych pomiędzy czytnikami, a sterownikami. Przyjmując, że miejsca charakterystyczne oznaczone zostaną transponderami, a czytniki będą związane z każdym poruszającym się pojazdem, możliwe jest uzyskanie większej niezawodności systemu i jednocześnie mniejszych nakładów w infrastrukturę¹. Koncepcję systemu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Wizja systemu lokalizacji RFID pojazdów komunikacji miejskiej. 1. Tramwaj, 2. Czytnik, 3. Transponder umieszczony w przytorzu, 4. Sterownik, 5. System transmisji radiowej GSM, 6. Centrum nadzoru. [źródło: opracowanie autora]

¹ Koszt jednego transpondera pasywnego aktualnie wynosi poniżej 1\$ USD.

Przyjęcie powyższej konwencji ma wiele innych zalet. Pierwszą jest bardzo wysoka niezawodność eksploatacyjna. Wynika ona z dużej odporności transponderów pasywnych na warunki atmosferyczne i łatwości wymiany w przypadku uszkodzenia któregoś z nich. Kolejną zaletą jest zwiększone bezpieczeństwo procesu lokalizacyjnego. Przyjmując, że każdy z transponderów przekazuje do pojazdu (czytnika) swój unikalny identyfikator otrzymujemy system o dużej przypadkowości transmitowanych informacji powiązanych ze sobą jedynie przez wirtualne skojarzenie kolejnych ID na planie sieci transportowej. Inną zaletą może okazać się możliwość wykorzystania transponderów typu *read/write*. Ich zastosowanie zapewnia nie tylko odczyt informacji ID, ale również odczyt i zapis dodatkowych wiadomości pozostawianych przez kolejno przejeżdżające pojazdy. Wytworzona w ten sposób interakcja usprawnia proces sterowania i może służyć np. do przygotowania prowadzącego do utrudnionych warunków przejazdu przez dany fragment trasy.

3.2. Wybór rozwiązania

Techniczne możliwości stworzenia systemu lokalizacji środków transportu miejskiego pojawiły się na długo przed upublicznieniem systemu GPS. Ograniczeniem w zastosowaniu RFID, jako środka identyfikacji położenia, stała się trudna do pokonania bariera zasilania transponderów. Dostępne do dnia dzisiejszego transpondery pasywne charakteryzują się niewielkimi zasięgami swojego oddziaływania. Graniczna odległość takich elementów wynosi zazwyczaj mniej niż 0,5 metra. Zasięg ten jest możliwy do osiągnięcia jedynie przy odpowiednim umiejscowieniu czytnika względem elementu znaczącego, a więc nie jest ona łatwa do spełnienia nawet w środkach komunikacji miejskiej.

Odmienne ma się sytuacja w przypadku tagów aktywnych. Ich wewnętrzne źródło zasilania umożliwia emisję zmodulowanego sygnału na odległości zdecydowanie większe, dochodzące do kilkudziesięciu metrów. Poważnym mankamentem w przypadku tych urządzeń jest jednak samo źródło zasilania, które ulega wyczerpaniu, a zmienne warunki meteorologiczne dodatkowo przyspieszają ten proces.

Współcześnie znane są rozwiązania transponderów tzw. półpasywnych. Posiadają one, podobnie jak aktywne, wewnętrzne źródło zasilania, jednak jest ono aktywowane jedynie w chwilach oddziaływania czytnika. Po oddaleniu transpondera od czytnika źródło transpondera przechodzi w stan jałowy. Takie rozwiązanie umożliwia wydłużenie pracy tych urządzeń do kilku lat, jednak czas ten nie jest zdeterminowany, a co więcej nie jest jednakowy nawet dla tej samej serii transponderów. Oznacza to trudne do przewidzenia braki w dostępie do informacji i prawdopodobnie duże utrudnienia w wymianie źródła na nowe. Nie bez znaczenia jest tu również cena tych urządzeń, która jest kilkaset razy wyższa niż w przypadku urządzeń aktywnych.

W świetle powyższych argumentów pozostaje jedyne dopuszczalne rozwiązanie bazujące na elementach pasywnych, których zasięg będzie dalszy niż to dotychczas miało miejsce.

3.3. Systemy RFID pasywne dalekiego zasięgu

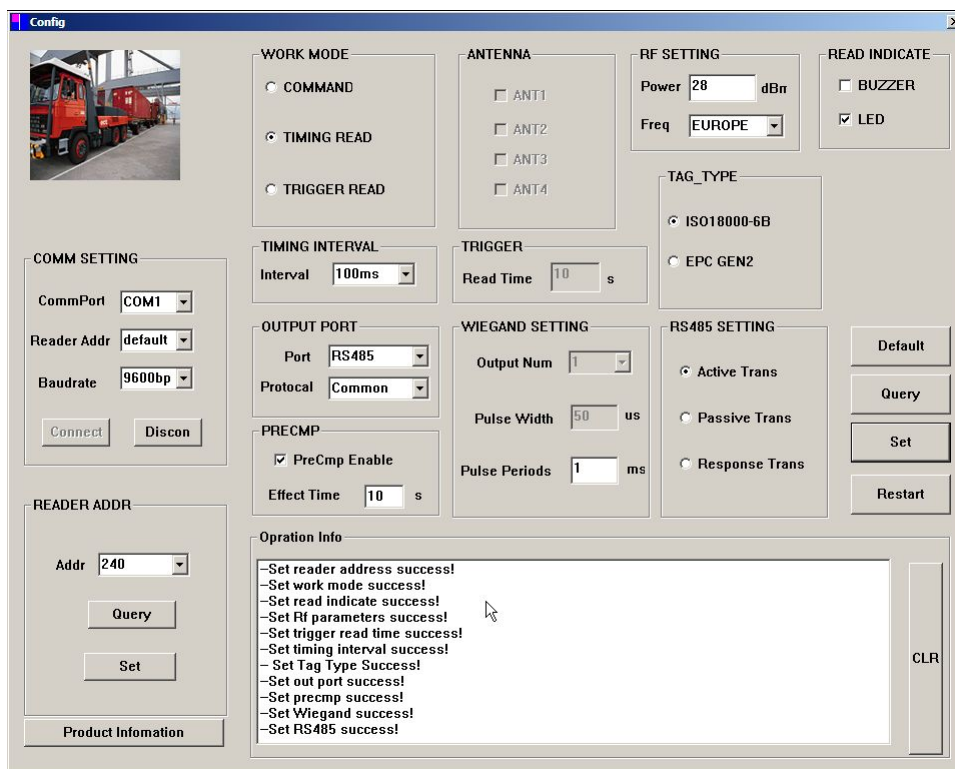
Na przełomie ostatnich dwóch lat na rynku czytników RFID pojawiły się pierwsze urządzenia umożliwiające odczyt informacji zapisanych w transponderach pasywnych w odległych od 2 do 8 m. Zasada ich działania jest objęta tajemnicą. Produkcją tych urządzeń szczyci się zaledwie kilku producentów na świecie. Wśród nich jest największy chiński dostawca tego typu urządzeń, m.in. dla chińskich kolei, firma Invengo. W Zakładzie Telekomunikacji w Transporcie podjęto działania mające na celu zdobycie takich urządzeń do testów i możliwości wykorzystania ich do celów lokalizacji pojazdów.

Dostarczone urządzenia testowe wyprodukowane zostały z myślą o zastosowaniach transportowych. Posiadają duże możliwości integracyjne w zakresie montażu, sterowania programowego i odporności na warunki atmosferyczne.

Charakterystyka badanych urządzeń:

- Obsługiwane protokoły: ISO18000-6B, ISO18000-6C (EPC GEN2),
- Zakres częstotliwości pracy: ISM 902~928 MHz lub ISM 865~868 MHz,
- Tryb pracy: FHSS,
- Moc RF: 0 – 30 dBm regulowane programowo,
- Prędkość odczytu: 64bity/<6 ms,
- Tryb odczytu: czasowy, programowy, uruchamiany zdarzeniem,
- Porty zewnętrzne: RS232, RS485, Wiegand26/34,
- Zasięg: do 12 m,
- Antena: wbudowana – liniowo polaryzowana z zyskiem 12dBi,
- Rozmiary: 440 mm x 440 mm x 50 mm,
- Waga: 2 kg,
- Temperatury pracy czytników: -20 °C +80 °C.

Pełną konfigurację czytników można przeprowadzić łącząc urządzenia przez porty szeregowy, np. RS485 z komputerem PC, na którym zainstalowano odpowiednią aplikację. Na rys. 4 przedstawiono główne okno aplikacji konfiguratora czytnika RFID.



Rys. 4. Okno aplikacji służącej do zmiany konfiguracji czytników dalekiego zasięgu [źródło: zdjęcie autora]

Wg opracowanych założeń transpondery przeznaczone do zastosowań lokalizacji pojazdów powinny być wykonane gwarantujący odporność na zniszczenie, duże krótkie czasy odczytu i stabilne parametry pracy w szerokim zakresie temperatur. Wymóg taki spełniają transpondery wykonane w postaci dużych, zalanych tworzywem sztucznym płyt metalowych integrujących się z zastanym otoczeniem. Dedykowane, do opisanych powyżej czytników, transpondery pozwalają na pracę w temperaturach od -20 °C do +110 °C. Zakres ten związany jest z własnościami fizycznymi elementu antenowego transpondera, który podlega rozszerzalności cieplnej. Dolne wartości pracy nie gwarantują ciągłej, poprawnej pracy tych urządzeń w okresie zimowym w naszym kraju.

3.4. Pomiary testowe

Badania urządzeń do celów nawigacyjnych przeprowadzono w laboratoriach badawczych Zakładu Telekomunikacji w Transporcie PW. Testy miały na celu wykazanie skuteczności odczytu transponderów dla różnych warunków propagacji sygnału. Przyjęto zatem, że skuteczność odczytu jest funkcją trzech zmiennych: odległości, prędkości i kąta odchylenia od osi prostopadłej do kierunku jazdy. Założono, że odczyt przeprowadza się w trakcie zbliżania do transpondera lub w trakcie przejeżdżania obok niego.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że:

- Prawidłowy odczyt transpondera jest dokonywany często po kilku próbach²,

² Producent zablokował możliwość pełnej obserwacji wyników odczytów na wyjściach teletransmisyjnych, a dowodem na wielokrotny odczyt transpondera jest sygnalizacja optyczna/dźwiękowa czytnika.

- Dopuszczalny kąt odchylenia czytnika gwarantujący jeszcze poprawny odczyt transpondera:
 - poziomego wynosi w granicach 30° - 40°,
 - pionowego wynosi max. ok. 20°,
- Odległość odczytu:
 - W osi anteny: 0 – 8 m,
 - Przy odchyleniu 1 m w płaszczyźnie pionowej od osi anteny: 0 – 2 m,
- Prędkość przybliżania się pojazdu do transpondera w osi anteny: do 300 km/h (wyliczenia algebraiczne),
- Prędkość przejeżdżania przy transponderze: w zależności od odległości do ok. 60 km/h (badania empiryczne),
- Odporność na zakłócenia elektromagnetyczne: duża.

Z powyższego wynika, że najnowsze urządzenia pasywne nadają się do zastosowań w procesie lokalizacji pojazdów transportu miejskiego pod warunkiem, że zostaną zachowane bezpieczne odległości, przesunięcia względem osi oraz kąty najazdu czytnika na transponder. Dotychczas nie przeprowadzono badań mających na celu ustalenie stopy błędów czytników, wpływu drgań pojazdu na odczyt oraz wpływu temperatury pracy na odczyt transpondera.

4. PODSUMOWANIE

Wzrost popularności technologii RFID jest naturalną konsekwencją rozwoju społeczeństwa oczekującego dostępu do bieżącej informacji. Zastosowanie technologii opracowanej pierwotnie do celów identyfikacji obiektów i zwierząt w celach lokalizacji pojazdów gwarantuje wysoką dokładność pomiarów niespotykaną w systemie GPS [4]. Przeprowadzone badania rzeczywistych urządzeń częściowo potwierdziły słuszność zastosowania pasywnych RFID w procesie lokalizacji.

Obecnie największym ograniczeniem opisaney technologii jest znacząca różnica w kosztach jej wdrożenia w porównaniu z najczęściej stosowaną opartą o system satelitarny GPS.

Bibliografia

1. EPCGlobal: Draft protocol specification for a 900 MHz Class 0 Radio Frequency Identification Tag. <http://www.epcglobalinc.org>, 2003.
2. Hunt V., Puglia A., Puglia M.: RFID – A Guide To Radio Frequency Identification. Wiley, 2007.
3. Siergiejczyk. M., Szmigiel A.: Automatic Vehicle Identification In Transport Telematics. Advances In Transport Systems Telematics. WNT, Warszawa 2008.
4. Suda J.: Dokładność satelitarnej lokalizacji pojazdów transportu publicznego. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, nr 11 (83). Szczecin, 2006.
5. Clampitt H., Jones .: RFID Certification Textbook American RFID Solutions, 3 rd Edition 2007.
6. Ferrari G.: Sensor Networks: Where Theory Meets Practice (Signals and Communication Technology). Springer; 1st Edition 2010.

USE OF RFID TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF LOCALIZATION MEANINGS OF TRANSPORT

Abstract: The article presents usability RFID technology in the process of localization meanings of urban transport. In author opinion RFID is much more effective than GPS. In the following sections it was describe types and opportunities nowadays RFID systems, investigate accessible tags and location of the elements long range tags and readers. Finally, the paper presents effects of empirical tests of such devices which could be used in process of vehicles' localization.

Keywords: vehicles localization, RFID, long range readers