

Dr inż. Paweł ZAJĄC
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

IDENTYFIKACJA MOŻLIWOŚCI APLIKACJI W SYSTEMACH LOGISTYCZNYCH UKŁADÓW RFID (*RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION*)

Streszczenie: w referacie przedstawiono podstawowe determinanty możliwości aplikacji systemów RFID w systemach logistycznych. Skupiono się na problemach fizycznych, do których należą: odległość, moc, orientacja w systemie oraz odległości pomiędzy transponderami a ich wpływ na zasięg transpondera.

POSSIBILITY APPLICATION OF RFID IN LOGISTIC SYSTEMS

Summary: paper shows topics of RFID system and calculating some parts of systems; procedures in case of research proceeding in laboratory are presented. Ccentrated on phisics faktor such us: distance, power, orientation into the logistics system, distans between TAGs – and influence on TAGs detection rang.

1. WSTĘP

Układy RFID zawierają stację bazową oraz antenę wypromieniowującą energię niezbędną do zasilania transpondera. Ta sama antena stacji bazowej służy do komunikacji z transponderem RFID, umożliwiając odczyt i zapis danych do/z transpondera. Stację bazową podłącza się do komputera zewnętrznego poprzez interfejs przewodowy. Stacja bazowa komunikując się z transponderem używa interfejsu radiowego. Ten radiowy interfejs korzysta z zakresu częstotliwości fal 60 kHz-30GHz. Układ stacji bazowej zawiera z reguły szeregowy obwód rezonansowy. W układach RFID zawsze znajduje się obwód rezonansowy równoległy. Obwody nadajnika i odbiornika stroi się na tę samą częstotliwość. Transpondery RFID można sklasyfikować jako transpondery RO (*Read-Only*) i transpondery RW (*Read-Write*). Układy RFID tylko do odczytu są programowane w procesie produkcyjnym. Zwykle jest to numer identyfikacyjny, którego unikalność jest gwarantowana przez producenta. Transpondery RW do zapisu i odczytu mają możliwość modyfikowania zawartości. Do zapisu zwykle potrzebna jest większa energia, co oznacza dłuższy czas przebywania układu RFID w polu elektromagnetycznym lub mniejszą odległość od anteny w czasie zapisu. Algorytm zapisu jest zwykle ogólnie dostępny. W ten sposób

każdy, kto dysponuje odpowiednim sprzętem, może zmienić zawartość transpondera. Ponieważ informacja w transponderach RW przechowywana jest w pamięci EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) to liczba zapisów do pamięci jest ograniczona do 1000000 zapisów w zależności od technologii producenta układów RFID. Po przekroczeniu tej liczby, pamięć transpondera może ulec uszkodzeniu. Transpondery RW bardzo często wyposażane są w bezpieczniki, które po zaprogramowaniu, utrwalają zawartość wskazanej części (bloku pamięci) transpondera. Bezpieczniki te nazywane *Lock Page* (zablokuj stronę) są jednorazowego użytku - po przepaleniu i utrwaleniu strony danej pamięci nie można ich już zmienić.

Współczesne układy RFID zwykle zawierają numer identyfikacyjny przeznaczony tylko do odczytu, zaprogramowany przez producenta i strony pamięci do zapisu oraz odczytu z mechanizmem blokowania stron *Lock Page*. Spróbujmy prześledzić bardziej szczegółowo zjawiska fizyczne jakie są podstawą działania układów wykorzystujących technologię RFID.

2. ANTENY UKŁADÓW RFID [26]

2.1. Ogólne zależności opisujące wielkość anteny

Anteny transponderów jak i układów stacji bazowej mają najczęściej postać wielozwojowej cewki bez rdzenia. Rozmiary cewki transponderów mieszczą się w zakresie od jednego do kilku centymetrów. Bardzo małe transpondery o rozmiarze kilku milimetrów z reguły zawierają dodatkowo rdzeń ferrytowy.

Anteny stacji bazowych (czytników) mają postać także cewki powietrznej, o rozmiarach zależnych od zasięgu działania. I tak jeśli zasięg działania układu RFID wynosi do 20 cm rozmiary cewki nadajnika nie przekraczają 30 cm. Dla zasięgów do 2-3 m rozmiary anteny mierzone są w metrach. Szczegółowe rozważanie na temat zależności pomiędzy wielkością anteny a jej zasięgiem przedstawiono poniżej.

Wynika z niego, że promień anteny stacji bazowej musi być o około 40% większy od zasięgu czytania transpondera. Z rozważań wynika także, że natężenie pola magnetycznego w miarę oddalania się transpondera od stacji bazowej maleje bardzo szybko (z trzecia potęgą odległości).

2.2. Anteny transponderów RFID

Rozmiary anteny transpondera oraz jej indukcyjność, a co za tym idzie i liczba zwojów, zależą od częstotliwości pracy układu RFID. I tak dla częstotliwości ok. 125KHz antena transponderów to cewka powietrzna nawinięta drutem miedzianym o indukcyjności ok. 4mH. Pojemność kondensatora obwodu rezonansowego powinna wynosić 400pF. Indukcyjność 4mH wymaga ok. 200 zwojów drutu miedzianego dla cewki o średnicy od 5 cm [5].

Jeśli zostanie użyty rdzeń ferrytowy, to dzięki jego przenikalności magnetycznej rzędu 10000, liczba zwojów może być zredukowana do kilkunastu. Pozwala to zredukować rozmiary transpondera do kilku milimetrów. Na Rys. 6-42 przedstawiono typowe anteny transponderów. Dla częstotliwości 13.56 MHz typowa cewka ma indukcyjność ok. 1 μ H a pojemność rezonansowa jest równa ok. 30pF. Indukcyjność ok. 1 μ H to 5

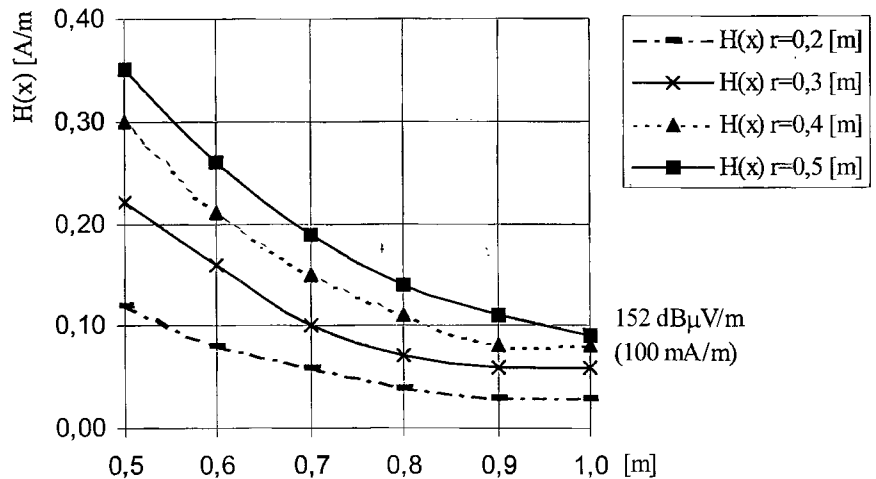
zwojów cewki planarnej o średnicy 5 cm. Typowy wygląd transpondera pracującego przy częstotliwości 13.56MHz.

2.3. Anteny stacji bazowych

W zależności od zastosowania, anteny stacji bazowych projektowane są w dwu odmianach do czytania transponderów z bliskiej odległości (ok. 20cm) i dalekiej odległości (ok. 2 m)

Maksimum natężenia pola magnetycznego uzyskuje się w odległości ok. 1.4 razy większej od promienia anteny. Wynika z stąd, że zasięg odczytu 1m można uzyskać posługując się anteną o promieniu 1.4m.

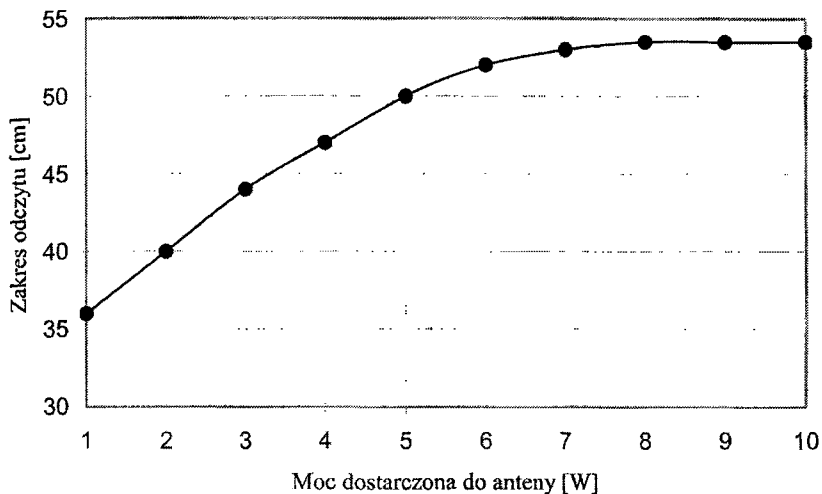
Typowe zasięgi u zależności od rozmiarów anteny przedstawia rys. 1. Z rysunku wynika, że dla większej anteny zmiany natężenia pola magnetycznego w miarę oddalania się od anteny, są wolniejsze niż dla anteny o mniejszych rozmiarach. Na Rys. 1 zaznaczono poziomą linią minimalne natężenie pola niezbędne dla działania transpondera Tag-it [7]. Wartość ta 152 dB μ V/m. jest przeliczeniowo równa wartości 100 mA/m. Dla największej anteny (0,5x0,5 m) maksymalny zakres czytania będzie równy 0,95 m.



Rys. 1. Natężenia pola dla anten o wymiarach od 0.2x0.2m do 0.5x0.5m w zależności od odległości od anteny dla transponderów Tag-it [1]

Dla wybranej anteny firmy TI: rozmiary ok. 30x30cm dają zasięg ok. 55 cm. Moc sygnału zasilającego antenę to ok. 1W. Z wykresu pokazanego na Rys. 2 wynika że zwiększanie mocy dostarczanej do anteny ponad pewną granicę mija się z celem gdyż uzyskiwany przyrost zasięgu odczytu jest minimalny. Należy podkreślić, że moc

sygnału dostarczanego do anteny nie może być zbyt duża ze względu na istniejące normy.



Rys. 2. Zależność zasięgu odczytu od mocy dostarczonej do anteny [1]

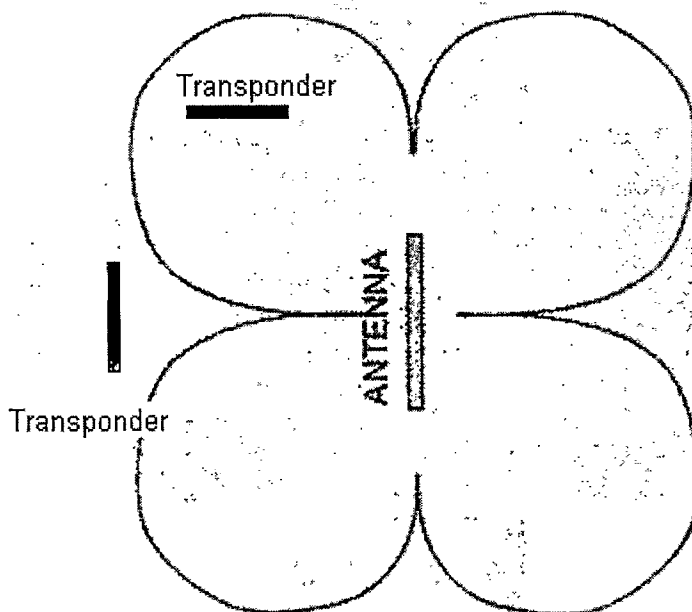
Istnieje ścisły związek pomiędzy szybkością przesyłania informacji, szerokością zajmowanego pasma i dobrocią obwodu rezonansowego. Należy przypomnieć, że transponder w wyniku dostarczenia do niego energii wysyła do stacji bazowej informację. Ta informacja to sygnał cyfrowy. Każdy przebieg cyfrowy (prostokątny) posiada częstotliwość podstawową i harmoniczne, które zajmują w sumie pewne pasmo. Aby po odebraniu dokładnie odtworzyć sygnał prostokątny (cyfrowy), potrzebne jest pasmo 2-3 razy szersze od częstotliwości podstawowej. Jeśli przykładowo chcemy przesyłać informację z częstotliwością 2 kbit/sek. = 1kHz to dla częstotliwości nośnej 125kHz dobroć obwodu rezonansowego powinna być 20 do 30.

Podsumowując można powiedzieć, że z punktu widzenia przekazywania energii dobroć obwodu rezonansowego powinna być jak największa. Jeśli chcemy przekazywać dużą liczbę danych do/z transpondera w krótkim czasie to wymaga to szerokiego pasma, a to z kolei implikuje niską dobroć obwodu rezonansowego. Niska dobroć jest także korzystna z punktu widzenia doboru i tolerancji elementów, zmian temperatury i wpływu mas metalowych na pole magnetyczne (odstrajanie obwodu rezonansowego).

2.4. Charakterystyka anteny stacji bazowej

Jeśli szczegółowo rozpatrzyć wzajemne usytuowanie anten stacji bazowej i transpondera to zasięgi działania nie są jednakowe w całym obszarze otaczającym antenę bazową. Rysunek

poniżej przedstawia sytuację gdy cewki układu RFID i antena stacji bazowej umieszczone są względem siebie równoległe i prostopadłe.



Rys. 3. Wpływ orientacji anteny na zasięg odczytu

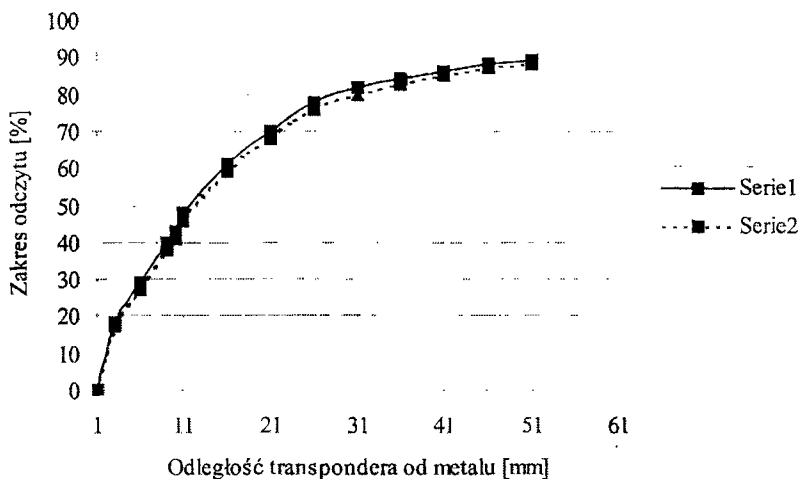
Z rysunku 3 wynika, że największy zasięg uzyskiwany jest gdy transponder i antena stacji bazowej usytuowane są równoległe względem siebie. Dla usytuowania prostopadłego i umieszczeniu transpondera dokładnie w środku anteny powstanie sytuacja w której stacja bazowa w ogóle nie odczyta zawartości transpondera.

2.5. Wpływ mas metalowych na skuteczność odczytu

Jeśli we wnętrzu cewki powietrznej (lub w jej pobliżu) umieszczony zostanie materiał ferromagnetyczny, to z powodu zmiany przenikalności magnetycznej (lub jak kto woli zmniejszeniu oporu dla pola magnetycznego), zmieni się indukcyjność cewki.

Z kolei metale będące diamagnetykami, umieszczone pomiędzy stacją bazową i transponderem, wywołują zjawisko ekranowania.

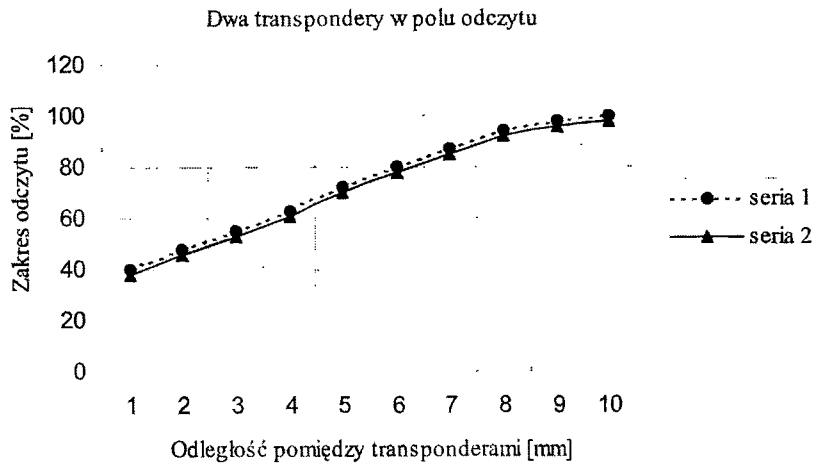
Oba te zjawiska powodują zmniejszenie efektywnej odległości z której może być odczytywana zawartość transpondera. Pierwsze z powodu rozstrojenia obwodu rezonansowego, drugie z powodu zmniejszenia natężenia pola elektromagnetycznego.



Rys. 4. Wpływ metalu na zakres odczytu

Na rysunku 4 pokazano wpływ odległości transpondera na zasięg jego działania. Jeżeli transponder znajduje się w bezpośredniej bliskości masy metalowej, to zasięg jego działania wynosi 0. Oznacza to że transponder nie może być bezpośrednio umieszczany na przedmiotach metalowych (puszki, kontenery, karoseria samochodowa, tabliczka czekolady w opakowaniu z cynfolii itp.). Powyższy wykres pochodzi z [2] i został sporządzony dla dwóch różnych transponderów Tag-it (seria 1 i seria 2) pracujących na częstotliwości 13.56 MHz. Analizując powyższy wykres zauważamy, że skuteczność czytania spada o połowę jeśli masa metalowa znajduje się w odległości ok. 1cm za transponderem.

Ogólnie transpondery pracujące na częstotliwości 125 kHz wykazują większą odporność na wpływ mas metalowych niż transpondery pracujące na wyższych częstotliwościach



Rys. 5. Wpływ odległości pomiędzy transponderami na zakres odczytu

Z kolei na Rys. 5 przedstawiono wpływ odległości pomiędzy dwoma transponderami na zasięg czytania. Z wykresu widać, że gdy dwa transpondery leżą na sobie, to odległość czytania spada do 20%. Taka sytuacja ma na przykład miejsce, gdy dwa transpondery umieścić w portfelu użytkownika lub w stosie dokumentów. Ogólnie aby można było odczytać wiele transponderów umieszczonych blisko siebie, potrzeba aby wyposażone one były w system rozpoznawania i unikania kolizji podczas odczytu. Bez takiego mechanizmu zasięg czytania informacji spada do zera.

3. WNIOSKI

Jak widać istnieje szeroka gama wyrobów, które umożliwiają zdalną bezdotykową identyfikację. Generalnie firmy albo oferują gotowe wyroby albo układy scalone umożliwiające wykonanie transponderów. Transpondery bezdotykowe są niewątpliwie znacznie wygodniejsze w użyciu niż różnego rodzaju karty magnetyczne, karty stykowe (*chip card*) czy kapsułki typu Dallas. Kto obserwował niewprawnego użytkownika jak usiłuje przeciągnąć kartę magnetyczną przez głowice czytnika ten doceni łatwość użycia transponderów.

Zastosowanie i rozpowszechnienie transponderów w chwili obecnej ograniczone jest ceną. Gotowy transponder w chwili obecnej kosztuje w granicach 5-40zł. Wynika stąd, że tam gdzie istnieje konieczność zastosowania bardzo dużej liczby identyfikatorów, mierzonej w tysiącach egzemplarzy lub tam gdzie identyfikator nie może być odzyskiwany do powtórnego użycia, w dalszym ciągu atrakcyjne są techniki pasków magnetycznych, kodów paskowych itp. Techniki identyfikacji radiowej powinny być stosowane tam gdzie stosowanie innych rozwiązań z różnych powodów nie jest możliwe.

4. LITERATURA

- [1] Remote Antenna RFM System RI-RFM-008A, Reference Manual, Texas Instruments.
- [2] 23 mm Glass Encapsulated Transponder RI-TRP-RRHP RI-TRP-WRHP, Reference Manual.
- [3] Urs Gehrig; RFID Made Easy, EM MICROELECTRONIC-MARIN SA.
- [4] microID™ 13.56 MHz RFID, System Design Guide. Microchip.
- [5] microID™ 125 kHz RFID, System Design Guide. Microchip.
- [6] I•CODE1 System Design Guide, Application Note, Philips Semiconductors.
- [7] 13.56 MHz Vicinity Transponder Badge, Texas Instruments.
- [8] HF Antenna Cookbook Technical Application Report, Texas Instruments.
- [9] HF Antenna Design Notes, Technical Application Report, Texas Instruments.
- [10] TI-RFID Product Manuals Terms & Abbreviations, Technical Application Report, Texas Instruments.
- [11] Wireles Control Design / Data Book, Atmel.
- [12] UCODE HSL, SL31CS30 01, Short Form, Philips.
- [13] Protocol Air Interface, I CODE1 label Ics, Data Sheet, Philips.
- [14] 13.56MHz CRYPTO ISO15693 Compliant, Contactless Identification Device, EM-Microelectronics Marin.
- [15] www.semiconductors.com - Witryna firmy Philips
- [16] www.mot.com - Witryna firmy Motorola
- [17] www.ti.com - Witryna firmy Texas Instruments
- [18] www.atmel.com - Witryna firmy Atmel
- [19] www.emmarin.ch - Witryna firmy EM-Marin
- [20] www.sokymat.com - Witryna firmy Sokymat
- [21] www.transponder.com/eaglesnest - Strona dotycząca transponderów RFID
- [22] Dziemsza I.: „Zastosowanie technologii RFID do znakowania zwierząt”, SCAN-TECH, nr 1/2002
- [23] Koprowski G.: „Elektroniczna etykieta rewolucjonizuje obsługę bagażu lotniczego”, SCAN-TECH, nr 1/2000
- [24] Rewolucja w identyfikacji paczek (not. Red.) SCAN-TECH, nr 2/2000
- [25] Majewski J.: “Bezdotykowe identyfikatory radiowe”, SCAN-TECH, nr 1/1999
- [26] Kwaśniewski S. (red.), Zajac P. (red.): „Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych”; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; Wrocław; 2004