

Bartosz JAKUBSKI, Mariusz ŻYCIAK

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki

Rozwój oraz obszary zastosowań technologii RFID**Mgr inż. Bartosz JAKUBSKI**

Urodzony w 1979 roku. Ukończył kierunek Elektrotechnika w ramach Zintegrowanych Studiów Uniwersytetu Zielonogórskiego i Fachhochschule Giessen-Friedberg w Niemczech w 2003 roku. Od 2004 jest asystentem w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Uniwersytecie Zielonogórskim. Interesuje się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów i zastosowaniami procesorów sygnałowych.



e-mail: B.Jakubski@jie.uz.zgora.pl

Mgr inż. Mariusz ŻYCIAK

W 2004 roku ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Obecnie pracuje w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zainteresowania naukowe koncentrują się w zakresie nowych standardów komunikacji bezprzewodowej oraz systemów mikroprocesorowych.



e-mail: M.Zyciak@jie.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono historię rozwoju technologii RFID od momentu wynalezienia i zastosowania radaru do chwili obecnej. Przedstawiono przykłady pierwszych pasywnych i aktywnych systemów RFID oraz ich zastosowania. Omówiono również kontrowersje wokół technologii RFID. W drugiej części artykułu zaprezentowano obszary gospodarki w których z powodzeniem stosowana jest technologia RFID.

Słowa kluczowe: identyfikacja, RFID, transponder, etykieta.

Development and application areas of RFID technology**Abstract**

The paper describes the history of the RFID technology since the radar invention. There are given the examples of the very first implementations of passive and active RFID systems and their use during the Second World War. They are a basis of today's RFID systems. The progress in research on RFID occurred in the sixties of the twentieth century after invention of first integrated circuits. Then there were developed first commercial RFID systems. However, the lack of uniform standards was not conducive to strengthening the position of RFID in the economy. It was not until the last decade brought consolidation and introduction of the EPC standard, which led to reduction in prices and expanding the area of RFID technology applications. However, in various regions of the world there are still different regulations regarding ISM bands. RFID also raises a number of controversial calls and a number of voices of opposition. There are organizations warning of the danger of loss of privacy that results from RFID technology. The greatest advantage of RFID technology, that is wireless identification, is the biggest security vulnerability of our personal data. In the current technology security systems are not sufficient. The development of technology results in continuous reduction in prices of electronic devices. This factor will contribute to the development and implementation of wireless technology of identification. At the end of the paper the areas of the economy in which the RFID technology is successfully applied are presented.

Keywords: identification, RFID, transponder, label.

1. Wstęp

Identyfikacja w oparciu o fale radiowe (*ang. Radio Frequency Identification, RFID*) jest rozwijana od wielu dekad. Jej początki sięgają Drugiej Wojny Światowej z chwilą pojawienia się radarów, które były używane do wykrywania samolotów wroga zarówno przez Niemcy, Japonię, USA oraz Wielką Brytanię. Za wynalazcę radaru uważa się szkockiego fizyka Sir Roberta Alexandra Watson-Watt'a, który pierwszy radar skonstruował w 1935 roku. W rzeczywistości niemieccy naukowcy opracowali swój radar w tym samym czasie co Sir R.A. Watson-Watt. Jednakże Brytyjczycy jako pierwsi zastosowali radar na szeroką skalę do obserwacji ruchów wroga. Bardzo istotną wadą pierwszych systemów radarowych był brak możliwości odróżnienia samolotów wroga od własnych sił powracających z akcji militarnych z terenów nieprzyjaciela. Niemcy odkryli, że samolot wykonujący

„beczkę” zmienia odbity od niego sygnał radiowy. Taka prymitywna technika pomagała niemieckim obsłudgom radarów naziemnych odróżnić własne samoloty, które powracały do baz, od samolotów Sprzymierzonych. Był to w gruncie rzeczy pierwszy pasywny system RFID.

W trakcie trwania II Wojny Światowej Brytyjczycy opracowali pierwszy aktywny system do identyfikacji samolotów pod nazwą IFF (*ang. Identify Friend or Foe*). W systemie IFF na pokładach samolotów montowano odbiorniki i nadajniki radiowe. W momencie, gdy odbiornik odebrał sygnał z radaru, nadajnik rozgłaszał sygnał radiowy pozwalający naziemnej stacji radarowej zidentyfikować samolot jako sprzymierzony. Współczesne systemy RFID działają w oparciu o dwie wyżej wymienione metody. W systemach pasywnych sygnał z nadajnika jest przez transponder odbijany, bądź też odpowiednio modulowany. Natomiast w systemach aktywnych odpowiedni sygnał radiowy pobudza transponder do nadania drogą radiową zapisanych w nim informacji.

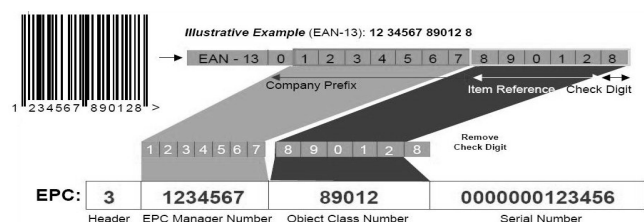
2. Rozwój technologii RFID

W początkowym okresie rozwoju technologia RFID ze względu na bardzo duże znaczenie militarne była ściśle strzeżona. Prowadzono nad nią ciągłe badania na całym świecie. Przełom w technologii RFID dokonał się w latach 60-tych minionego wieku, wraz z pojawieniem się układów scalonych. Pojawiło się też wiele prac naukowych [1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12] oraz patentów [5, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. W 1973 roku w USA przyznano pierwszy patent na aktywny transponder z możliwością wielokrotnego zapisu danych. W tym samym roku również w USA przyznano patent na transponder pasywny bez możliwości zapisu danych. Tego typu transpondery pasywne szybko znalazły zastosowanie w systemach kontroli dostępu do pomieszczeń. Firmy Sensomatic i Checkpoint w późnych latach 60-tych minionego wieku opracowały jedno z pierwszych zastosowań komercyjnych technologii RFID. System o nazwie EAS (*ang. Electronic Article Surveillance*) miał przeciwdziałać kradzieżom w sklepach samoobsługowych. Dziś rozwiązanie takie możemy spotkać praktycznie w każdym tego typu sklepie. Systemy EAS działają w oparciu o technologię mikrofalową lub wykorzystują zjawisko indukcji. Stosowane są w nich 1-bitowe transpondery i tylko obecność lub brak transpondera w zasięgu czytnika może być wykryta. Jeżeli bit w transponderze jest ustawiony, wówczas pojawienie się transpondera w zasięgu czytnika włącza alarm. Zawartość transpondera jest kasowana przez sprzedawcę w momencie uiszczenia opłaty za dany towar. Na zlecenie rządu USA w latach 70-tych minionego wieku Los Alamos National Laboratory opracowało system do trasowania materiałów nuklearnych. Na samochodach ciężarowych umieszczono transpondery, a przy bramach wjazdowych zainstalowano czytniki. W momencie przejeżdżania samochodu ciężarowego przez bramę, czytnik pobudzał transponder, który wysyłał swój identyfikator oraz ewentualnie dodatkowe informacje, jak np. identyfikator kierowcy. W latach 80-tych minionego wieku system ten został skomercjalizowany i znalazł miejsce przy

pobieraniu opłat za przejazdy autostradami, mostami lub tunelami w wielu krajach świata. Kolejnym opracowaniem laboratoriów z Los Alamos był system znakowania zwierząt hodowlanych. System pomagał w prowadzeniu hodowli jak i leczeniu zwierząt, ustalając ilość pożywienia dla każdego zwierzęcia oraz rejestrując podawane mu lekarstwa. Transpondery w postaci szklanych kapsułek były wstrzykiwane pod skórę zwierzęcia. Taki typ transponderów jest stosowany do dnia dzisiejszego przy znakowaniu zwierząt.

Pierwsze rozwiązania systemów RFID opierały się na niskich częstotliwościach radiowych, głównie 125kHz (*ang. Low Frequency - LF*). Kolejnym etapem było opracowanie technologii RFID pracującej w paśmie częstotliwości wysokich (*ang. High Frequency - HF*), które w większości krajów świata były nieużywane. Powstało kilka rozwiązań komercyjnych takich jak MIFARE, iCode oraz TIRIS pracujących na częstotliwości nośnej 13,56MHz. Wyższa częstotliwość oznaczała szybszy transfer danych oraz pozwalała zwiększyć zasięg czytnika. Systemy te są popularne i są używane do dnia dzisiejszego. Znalazły one zastosowanie w systemach kontroli dostępu, w systemach zabezpieczeń, w bibliotekach, w wypożyczalniach, rozliczaniu za przejazdy komunikacyjne, parkingi, wyciągi narciarskie itp. Niestety wspomniane standardy zostały opracowane przez różne firmy i nie są ze sobą kompatybilne. Transponder pracujący w np. w systemie TIRIS nie może być odczytany przez czytnik pracujący np. w systemie MIFARE.

We wczesnych latach 90-tych ubiegłego wieku inżynierowie z IBM opracowali i opatentowali system RFID operujący na częstotliwościach ultra wysokich (*ang. Ultra High Frequency - UHF*), które zapewniły jeszcze większy zasięg czytnika i większą szybkość przesyłu danych. Firma IBM wraz z amerykańską siecią marketów Wal-Mart prowadziły programy pilotażowe nowej technologii. Jednakże nie zakończyły się one jej wdrożeniem. Po kłopotach finansowych IBM w połowie lat 90-tych, technologia UHF-RFID została odsprzedana firmie Intermec, która była dostawcą systemów kodów kreskowych. Firma Intermec instalowała systemy UHF-RFID w różnych obszarach gospodarki. Jednak ze względu na bardzo wysokie koszty instalacji i eksploatacji technologia ta nie była popularna. Bódcem do rozwoju technologii UHF-RFID było powołanie w 1999 roku przez Uniform Code Council, EAN Internacional, Procter&Gamble i Gillette organizacji Auto-ID Center na Massachusetts Institute of Technology. David Brock i Sanjay Sarma, profesorowie z MIT, rozważali instalowanie tanich transponderów na wszystkich produktach. Umożliwiłoby to śledzenie produktu, od momentu jego wyprodukowania, przez cały łańcuch zaopatrzenia do klienta. Transpondery miały zawierać tylko unikalny numer identyfikacyjny, dzięki czemu utrzymywana byłaby ich niska cena. Dane powiązane z unikalnym numerem miały być gromadzone w bazie danych dostępnej przez Internet. Ostatecznie profesorom z MIT udało się połączyć technologię RFID z intensywnie rozwijającym się Internetem. Transponder nie pełnił tylko roli informacyjnej o produkcie, czy też kontenerze na którym był umieszczony. Klienci otrzymali mechanizm śledzenia zamówionych towarów, a producenci byli automatycznie powiadamiani o dotarciu przesyłki do klienta. W latach 1999-2003 organizacja Auto-ID Center wspierała ponad 100 dużych przedsiębiorstw oraz Departament Obrony USA. Otwarto centra badawcze w Australii, Wielkiej Brytanii, Szwajcarii, Japonii oraz Chinach. Opracowano dwa protokoły komunikacji Class 0 i Class 1 oraz schemat numerowania EPC (*ang. Electronic Product Code*).



Rys. 1. Przykład kodu EPC
Fig. 1. Example of EPC code

W 2003 roku powołano organizację EPCglobal w celu rozpoznania i komercjalizacji technologii EPC. Pomimo wprowadzenia standardu EPC, w dalszym ciągu problemem jest brak jednolitych uregulowań prawnych w różnych regionach świata odnośnie pasma ISM (*ang. Industrial Scientific and Medical bands*). W Europie dla pasma ISM normy ETSI EN 300 220 i EN 302 208 przewidują zakres częstotliwości 865–868 MHz z zastrzeżeniami w nadawanej mocy w poszczególnych podzakresach. W USA komisja FCC określiła to pasmo na 902–928 MHz. Europejskie czytniki muszą być dodatkowo wyposażone w funkcję LBT (*ang. Listen Before Talk*), co oznacza, że czytnik przed nadaniem sygnału musi sprawdzić, czy na danym kanale nie nadaje inne urządzenie. Funkcja ta ogranicza parametry czytnika, np. maksymalną szybkość z jaką może poruszać się transponder, przy której prawidłowo zostaną odczytane z niego dane. Przyszłością dla RFID są nielicencjonowane na całym świecie pasma 2,4GHz lub nawet 5,9GHz. Obecnie są już dostępne czytniki i transpondery pracujące w wymienionych pasmach.

3. Kontrowersje wokół technologii RFID

Technologia RFID wzbudza również kontrowersje. Powstały organizacje [19, 20], takie jak na przykład CASPIAN (*Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering*) lub FoeBuD, sprzeciwiające się ekspansji technologii RFID. Najczęściej podnoszona jest kwestia ochrony prywatności. Ponieważ technologia RFID zapewnia bezstykową wymianę danych, na odległość nawet kilkuset centymetrów, dlatego możliwe jest odczytanie bez wiedzy właściciela danych z karty z wbudowanym transponderem. Co gorsze, fakt takiego zdarzenia nie jest rejestrowany na karcie. W przypadku płatności elektronicznych za zakupy, system RFID umożliwi skojarzenie klienta, za pomocą danych z karty płatniczej, z unikalnymi kodami produktów. Łatwiejsza również stanie się inwigilacja. W momencie zastąpienia tradycyjnych biletów, kartami z chipami RFID, będzie można sprawdzić, jakimi liniami komunikacyjnymi się przemieszczamy, gdzie chodzimy do kina, teatru lub na basen. Najgłośniej podnoszoną kwestią jest pomysł wszczepiania ludziom implantów z transponderami, które zawierałyby informacje o naszym zdrowiu i grupie krwi. Zdaniem organizacji broniących praw obywatelskich, jest to krok do całkowitej inwigilacji obywateli.



Rys. 3. Logo kampanii przeciwko RFID prowadzonej przez niemiecką organizację FoeBuD

Fig. 3. Logo of the anti-RFID campaign by German privacy group FoeBuD

4. Obszary zastosowań technologii RFID

Rzeczywistość sprawia, że czytniki i transpondery stają się coraz mniejsze i tańsze. Technologia RFID pojawia się coraz częściej w przemyśle oraz w życiu codziennym. Przykładem mogą być bilety elektroniczne na przejazdy środkami komunikacji miejskiej, na wyciągi narciarskie lub na basen. W nowych samochodach producenci rezygnują z tradycyjnych kluczyków, zastępując je kartami elektronicznymi. Systemy RFID są wykorzystywane w firmach kurierskich, ułatwiając segregację przesyłek. Dają one również możliwość śledzenia przesyłki poprzez odpowiednie serwisy internetowe, udostępniane przez firmy kurierskie. Na RFID opiera się również nowoczesna logistyka i magazynowanie.

Systemy RFID są coraz częściej wykorzystywane przy produkcji do sprawdzania jakości produktów. Jeżeli produkt składa się z kilkunastu zapakowanych w karton części, na końcu linii produkcyjnej, za pomocą czytnika RFID można sprawdzić, czy poszczególne elementy trafiły z magazynu do opakowania. Podobnie można sprawdzić, czy wszystkie elementy w produkcji zostały zamontowane, jeżeli dostęp do nich jest niemożliwy, bądź utrudniony. Systemy bezprzewodowej identyfikacji znajdziemy również na lotniskach. Są one wykorzystywane do automatycznej segregacji bagażu podróży. Jednym z pierwszych zastosowań RFID był system zabezpieczający towary przed kradzieżami. Również dziś RFID jest wykorzystywane do zabezpieczenia i ochrony mienia. Mowa tutaj o systemach EAS, systemach kontroli dostępu do pomieszczeń lub urządzeń, jak i ochrony i rejestrowania obiegu ważnych dokumentów. Najczęściej z tego typu zabezpieczeń korzystają instytucje rządowe, korporacje i banki.

Bardzo interesującym zastosowaniem RFID jest telemetria, nazywana czasem „tagometrią”. Montując odpowiedniego rodzaju aktywne transpondery można badać stan dróg, mostów, natężenie ruchu i hałasu. W ten sposób możliwa jest budowa systemu z bardzo dużą ilością czujników bez układania okablowania. W nieodległej przyszłości etykiety RFID z pewnością wyprą z użycia kody kreskowe. Wówczas nie będzie konieczności rozpakowywania wózka na zakupy w sklepie, aby kasjer mógł skasować jego zawartość. Wystarczy, że klient przejedzie wózkiem przez bramkę z czytnikiem, a rachunek zostanie automatycznie wydrukowany. Takie rozwiązanie z pewnością bardzo skróci czas robienia zakupów i uwolni klientów od stania w kolejkach do kas. Jednak technologia RFID nie będzie tylko prostym zastąpieniem kodów kreskowych elektronicznymi etykietami. W transponderach EPC oprócz unikalnego kodu produktu mogą być zapisane informacje odnośnie daty produkcji produktu, terminu jego przydatności, składników z których został wyprodukowany oraz rodzaju opakowania. Informacje takie mogą również znacznie usprawnić segregację odpadów komunalnych. Wystarczy, że w sortowni zostanie zainstalowana odpowiednia linia sortownicza wyposażona w czytniki RFID. Informacje z etykiet EPC, które w sklepie służyły do zabezpieczenia i skasowania towaru, na sortowni będą bezcenne do automatycznej segregacji zużytych opakowań.

Dość kontrowersyjną ideą zastosowań RFID jest wszczepianie implantów z transponderami pod skórę ludziom. Nie chodzi bynajmniej tutaj o inwigilację osób. W przypadku nieszczęśliwego wypadku, gdy osoba trafia do szpitala i należy szybko udzielić jej pomocy, z wszczepionego transpondera można by odczytać informacje na temat chorób pacjenta, grupy krwi, alergii, aktualnie przyjmowanych leków itd.

Technologia RFID znalazła również zastosowanie w sporcie. Zawodnicy zakładają opaski na ramiona z pasywnymi transponderami. W momencie, gdy zawodnicy przekraczają linię punktu pomiarowego, ich dane i czas są rejestrowane w systemie. Takie rozwiązania są szczególnie popularne w różnych maratonach, gdzie ilość zawodników często liczona jest w dziesiątkach, a nawet w setkach.

5. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano rozwój technologii RFID od chwili wynalezienia i zastosowania radaru do dzisiejszych czasów. Opisano pierwsze aktywne i pasywne systemy bezprzewodowej identyfikacji, które stanowią podstawę działania dzisiejszych systemów RFID. Następnie został opisany rozwój technologii RFID po Drugiej Wojnie Światowej. Znaczne postępy w badaniach nad technologią RFID można było zauważyć w latach 60-tych ubiegłego wieku, z chwilą pojawienia się układów scalonych. W późnych latach 60-tych pojawiły się pierwsze systemy oparte na RFID oraz wprowadzono pierwsze rozwiązania komercyjne. Zauważono zalety systemów bezprzewodowej identyfikacji i stopniowo była ona wprowadzana w różnych obszarach gospodarki. Jednak brak jednolitych standardów nie sprzyjał umacnianiu się pozycji RFID w gospodarce. Trudno szukać z tamtych czasów

globalnych systemów RFID, które mogłyby jednocześnie funkcjonować zarówno w Europie, Ameryce Północnej czy Azji. Dopiero ostatnia dekada przyniosła ujednoczenie i wprowadzenie standardu EPC, co poskutkowało spadkiem cen i poszerzeniem obszaru zastosowań technologii RFID. Mimo to, w poszczególnych regionach świata obowiązują jeszcze różne uregulowania prawne odnośnie pasm ISM.

Technologia RFID wzbudza również liczne kontrowersje i wwołuje liczne głosy sprzeciwu. Pojawiły się organizacje ostrzegające przez niebezpieczeństwem utraty prywatności, jakie niesie ze sobą ta technologia. Największa zaleta technologii RFID, czyli bezprzewodowa identyfikacja, jest największą luką bezpieczeństwa naszych danych. W obecnych systemach zabezpieczenie danych nie jest wystarczające. O ile dane zapisane w transponderze można zabezpieczyć przed niepożądanym odczytem, to numer transpondera jest bardzo łatwy do odczytania przez osoby niepożądane, które są wyposażone w odpowiedni czytnik.

Rozwój techniki sprawia, że ceny urządzeń elektronicznych wciąż spadają. Prawo to dotyczy także urządzeń RFID. Czynniki ten sprzyja rozwojowi i wdrażaniu technologii bezprzewodowej identyfikacji. Technologia RFID znajduje liczne zastosowania w administracji, przemyśle, medycynie, rolnictwie, handlu, transporcie, motoryzacji, a nawet w sporcie. W przypadku recyklingu odpadów, technologia RFID pozwoli obniżyć koszty segregacji oraz znacznie podnieść procent odzyskiwanych surowców, które można by powtórnie przetworzyć.

6. Literatura

- [1] R. Richardson: Remotely activated radio frequency powered devices, 1963.
- [2] O. Rittenback: Communication by radar beams, 1969.
- [3] J.H. Vogelman: Passive data transmission techniques utilizing radar beams, 1968.
- [4] J.P. Vinding: Interrogator-responder identification system, 1967.
- [5] H. Baldwin, S. Depp, A. Koelle, R. Freyman: Interrogation and detection system, US Patent 4,075,632, 1978.
- [6] R.S. Foote: Prospects for Non-stop Toll Collection using Automatic Vehicle Identification. Traffic Quarterly, Vol 35, No 3, July 1981, str. 445-460.
- [7] R.S. Foote: Automatic Bus Identification, NTIS DOT-FH-11-7778 TS-7930-ABI.
- [8] D.B. Harris: Radio transmission systems with modulatable passive responder. US Patent 2,927,321, 1960.
- [9] R.A. Hauslen: The promise of automatic vehicle identification IEEE Trans. On Vehicular Technology, Vol VT-26, No 1, Feb 1977, str. 30-38.
- [10] D.R. Hoover: Passive sensing and encoding transponder. US Patent 4,343,252, 1982.
- [11] B. Hensch, E. Berglind: Apparatus for producing a single side band. US Patent 4,358,765, 1982.
- [12] R.J. Klensch, J. Rosen, H. Staras: A microwave automatic vehicle identification system. RCA Review, Vol 34, No 4, 1973, str. 566-579.
- [13] R.J. Klensch: Electronic identification system. US Patent 3,914,762, 1975.
- [14] T.D. Meyers, A.P. Leigh: Passive encoding microwave transponder. US Patent 4,068,232, 1978.
- [15] O. Rittenback: Communication by radar beams. US Patent 3,460,139, 1969.
- [16] J.H. Vogelman: Passive data transmission techniques using radar echos. US Patent 3,391,404, 1968.
- [17] G.A. Works, J.C. Murray, E.D. Ostroff, N. Freedman: Remotely powered transponders. US Patent 3,745,569, 1973.
- [18] J.F. Zaleski: Passive microwave receiver-transmitter. US Patent 3,836,961, 1974.
- [19] <http://www.spychips.com>.
- [20] <http://www.nocards.org> – Oficjalna strona organizacji CASPIAN.
- [21] K. Finkenzerler: RFID Handbook, John Wiley&Son Ltd., 1999.