

Optimizarea activităților prin folosirea tehnologiilor RFID

*Drd. ing. psih. Gheorghiu PESCARU¹, Drd. ing. Radu DRAGOMIR¹,
Dr. ing. Sorin PUȘCOCI¹*

Cuvinte cheie: RFID, etichetă, trasabilitate, identificare prin radiofrecvență

Rezumat. Lucrarea prezintă construcția și funcționarea etichetelor RFID, a caracteristicilor funcționale și a schimburilor de date ce au loc între un cititor RFID și o entitate marcată RFID.

Keywords: tag, trackyng, radio frequency identification

Abstract. The paper is presenting the design and operation for the RFID labels, the functional features and data exchanges between a RFID reader and an RFID signed entity.

1. RFID și codurile de bare

Radio Frequency Identification (RFID) (sau **identificarea prin radiofrecvență**) reprezintă un domeniu apărut cu câțiva ani în urmă, caracterizat printr-o tehnologie avansată de identificare rapidă a obiectelor și de colectare a datelor, fără a fi necesar un contact fizic sau vizual. Dezvoltarea acestui domeniu este în curs de a câștiga o universalitate tot mai largă pe măsură ce necesitatea de optimizare a fluxurilor de informații devine tot mai acută. RFID este asemănător tehnologiei cu cod de bare, fără a fi necesară însă o vizibilitate directă a entităților monitorizate. Așa cum sistemele cu cod de bare necesită un cititor optic corespunzător și etichete speciale lipite pe obiecte, **RFID necesită un echipament cititor și etichete speciale sau cartele atașate articolelor de urmărit sau chiar integrate în acestea.** Dacă facem o analiză comparativă între tehnologia de *identificare prin cod de bare și tehnologia RFID*, vom observa că un cod de bare este scanat prin reflexia unui fascicul luminos pe eticheta ce conține codul

tipărit, în timp ce metoda RFID folosește un câmp de radiofrecvență de mică putere. Scanarea etichetelor RFID într-un câmp de radiofrecvență nu necesită o poziționare precisă a obiectului la citire deoarece câmpul de radiofrecvență penetrează orice material nemetalic astfel încât nu mai este necesar contactul direct dintre eticheta având un dispozitiv RFID și echipamentul de citire.

Până în prezent, tehnologiile de identificare prin cod de bare sunt metode de identificare și prelucrare a datelor ceva mai ieftine.

Codurile de bare reprezintă un set de simboluri (dispuse într-o formă grafică) folosite pentru a reprezenta informațiile alfa-numerice. Adică, în loc de numărul „1” sau litera „B”, se va trece o înșiruire de bare având diferite grosimi și așezate într-o anumită ordine, folosite pentru a reprezenta acel număr sau acea literă. Această codificare va permite citirea rapidă a datelor cu ajutorul unor echipamente specializate, fără a fi necesară procesarea unui mesaj-text printr-un program tip OCR². Însă un cod de bare identifică doar **producătorul și tipul**

¹ Institutul Național de Studii și Cercetări pentru Comunicații.

² Optical Character Recognition = recunoașterea optică a caracterelor

produsului, însă nu poate identifica și unitatea fizică a produsului sau alte informații colaterale. Astfel, codul de bare tipărit pe pachetele de unt – dacă luăm ca exemplu un produs perisabil și relativ frecvent cumpărat – produse în zile diferite este același, fapt care nu permite identificarea aceluși pachet cu termenul de păstrare expirat. Avantajele identificării RFID, în comparație cu codificarea de bare, constă în posibilitatea de a mări câmpul infor-

mațional astfel încât se obține o personalizare a entității, fapt ce exclude în mare parte posibilitatea de falsificare al acestuia. Volumul informației care este înregistrat într-un dispozitiv RFID depășește cantitatea informației din codul de bare și, în plus, datele de personalizare pot fi modificate sau completate la cerere sau la nevoie. Pentru exemplificare, în figura 1 este redată imaginea grafică a unui cod de bare.

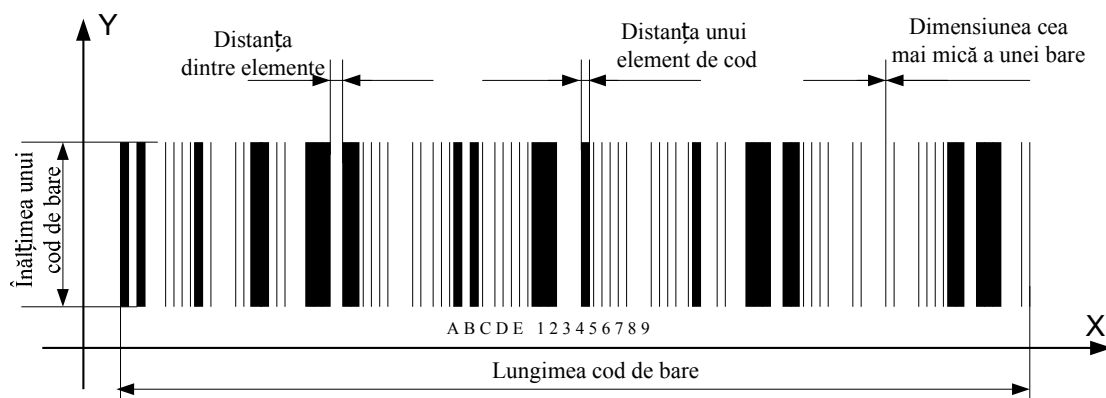


Fig. 1. Marcarea parametrilor unui cod de bare.

După cum se poate observa, codul de bare are o anumită „compoziție” dată de respectarea anumitor reguli. Astfel, un parametru important al codului de bare este densitatea lui, și are ca unitate de măsură „mil”-ul. Mil-ul reprezintă a mia parte dintr-un inch¹. După grosimea barei celei mai subțiri dintr-un cod, densitățile codurilor de bare se împart în:

- coduri ultra-dense ($X < 0,19$ mm);
- coduri de înaltă densitate ($0,19 < X < 0,24$ mm);
- coduri de densitate medie ($0,24 < X < 0,3$ mm);
- coduri de densitate scăzută ($0,3 < X < 0,5$ mm);
- coduri densitate foarte scăzută ($X > 0,5$ mm).

Codul de bare folosit depinde în general de câțiva parametri ca:

- ramura industrială sau standardul din industrie adoptat;

- tipul de date necesare a fi codate;
- lungimea codului (sau spațiul alocat tipării acestor date).

Toate informațiile prezentate mai sus arată dorința, dar și nevoia producătorilor de bunuri (și nu numai) de a integra cât mai multe date și informații într-un spațiu cât mai mic dar înțin și ușor de folosit. Utilizarea codurilor de bare pentru identificarea entităților își are originea în nevoia de a gestiona mai eficient fluxuri de informații, în special legate de evidența entităților. Pe parcursul dezvoltării economice și industriale au apărut însă mai multe standarde care doreau, fiecare, să reglementeze modalitatea de marcare a etichetelor cu codurile de bare, tipurile de informații ce trebuie trecute pe un cod de bare și, lucrul poate cel mai important, modalitățile de verificare a numărului de control. Nu insistăm însă

¹ 1 inch = 2,54 mm

asupra acestei probleme. Amintim doar că vom regăsi o parte dintre ele la realizarea tehnologiilor RFID, cu specificitățile de rigoare.

2. Identificarea prin etichetare RFID.

Conceptul de trasabilitate

După ISO 8402, prin trasabilitate se înțelege „posibilitatea de a reface istoricul unui drum parcurs și de a folosi sau localiza o entitate, cu ajutorul identificărilor înregistrate”.

Din punct de vedere semantic, prin trasabilitate se înțelege posibilitatea de urmărire și identificare a originii produselor, obiectelor și a entităților fizice în care acestea sunt ambalate, păstrate, transportate, arhivate sau depozitate. Urmărirea se poate face în secții de producție, centre de ambalare, operatori de transport, an-grosiști și vânzători an-detail etc. Cu alte cuvinte, fiecare cod va trebui să cuprindă un „cod de zonă” - „GLN¹”. Este un cod numeric ce identifică fiecare **entitate legală**, funcțională sau fizică corespunzătoare unei întreprinderi, firme sau organizații.

În tehnologia RFID s-au definit *conceptele* prezentate în continuare.

Trasabilitate directă și trasabilitate inversă

Trasabilitatea directă (*tracking*) este procesul care urmărește entitatea de la origine la un final prestabilit și marchează informațional orice stadiu prin care trece, lăsând „urme” (informații) ce pot fi ulterior folosite. În prealabil trebuie să se stabilească în ce momente și care informații vor avea voie să fie înscrise.

Trasabilitatea inversă (*tracing*) este procedeul invers, care trebuie să fie capabil să adune și să sintetizeze informațiile modificate anterior. Prin tra-

sabilitate inversă trebuie să se poată identifica informațiile cele mai potrivite precum și prin felul care se pot urmări aceste informații.

Trasabilitate internă și de filieră

Trasabilitate internă este trasabilitatea de-a lungul unui întreg proces sau transformare aplicată de fiecare întreprindere/firmă produselor sale. Se concretizează printr-o serie de coduri interne aflate la dispoziția lor care permit identificarea tipurilor de materiale, a provenienței acestora, pe toată perioada de utilizare a lor cît și la nivelul produsului final.

Trasabilitate de filieră - este un proces inter-firme, care rezultă din combinația proceselor de trasabilitate internă a fiecărui operator dintr-o filieră prestabilită. Aceste procese sunt unite de fluxuri eficiente de comunicare. Rezultă că implementarea sistemelor de trasabilitate internă constituie o condiție fără de care nu poate exista trasabilitate de filieră.

Raportul dintre trasabilitate și protocoalele de comunicare

Datorită existenței mai multor entități de comunicare pe același canal de comunicație, a fost necesară definirea unor reguli și a unor protocoale pentru evitarea coliziunii pachetelor de date și a pierderilor de informații. Aceste elemente sunt necesare în cadrul sistemelor RFID deoarece – în momentul în care un cititor trimite o cerere – toate etichetele din raza sa de acțiune răspund acestei cereri simultan, putînd provoca coliziuni sau erori în recepționarea răspunsului. Regulile stabilite în comunicația dintre cititor și etichetă constituie așa-numitele „*protocoale de comunicație pentru evitarea coliziunii pachetelor de date*”. Puterea absorbită și radiată de etichetele RFID este limitată și, din această cauză, acestea nu pot comunica între ele. Un parametru important al comunicației este necesitatea menținerii (din punct de vedere energetic) a legăturii cu eticheta pînă cînd

¹ GLN = Global Location Number.

s-au obținut toți identificatorii. În mod curent sunt utilizate mai multe standarde ce încearcă rezolvarea acestei probleme (de exemplu modelele EPC din cadrul standardelor ISO). Alegerea unui standard se face mai ales prin prisma frecvențelor utilizate. Standardele EPC folosesc frecvențele de lucru de 13.56 MHz și 800-930 MHz. Amintim aici doar pentru exemplificare că standardele ISO 18000 - 1 ... ISO 18000 - 6 sunt standarde care reglementează aceste cerințe (standardul ISO 18000-3 corespunde unei frecvențe de 13.56 MHz, iar standardul ISO 18000-6 corespunde frecvenței de 860-960 MHz).

Sistemele integrate de identificare tip RFID sunt alcătuite în esență din următoarele componente:

- **etichetele propriu-zise** – sunt componentele mobile ale sistemului fiind și purtătoarele de informație. Au o capacitate de stocare de pînă la 3kB (RAM sau E²PROM) și se atașează fizic produsului permițînd scrierea și citirea informațiilor, asigurînd astfel identificarea și trasabilitatea produsului. Sunt disponibile în diverse construcții geometrice, acoperind un domeniu de temperaturi de la - 40 la +210 grade Celsius.

- **dispozitive de citire - înscriere** – permit citirea și/sau înscrierea informațiilor din/în etichetele RFID. Conectate într-o rețea cu echipamente specifice, ele permit scrierea/citirea etichetelor RFID aflate în mișcare.

- **interfața de comunicație** – asigură transmiterea informațiilor spre/dinspre etichetele RFID.

- **dispozitivul de programare a etichetelor** – permite introducerea și programarea datelor în eticheta RFID, dacă acest lucru nu a fost realizat de producătorul etichetei.

- **antena** – este considerată ca parte distinctă a sistemului RFID, și face posibil transferul de informații între eticheta RFID și dispozitivul de interogare/citire.

- **un sistem de management și baza de date aferentă** – asigură stocarea, procesarea și gestionarea informațiilor din procesul de identificare.

- **distanța de citire** – este distanța la care trebuie să se afle eticheta, față de dispozitivul de citire, astfel încît să se realizeze citirea informațiilor stocate în memoria etichetei RFID. Această distanță poate varia între cîțiva centimetri și cîțiva zeci de metri. Distanța este determinată de:

- puterea disponibilă în dispozitivul de interogare;
- puterea disponibilă în eticheta RFID pentru a putea stimula răspunsul;
- condițiile de mediu (în spațiu neobstrucționat, în absența unor mecanisme de absorbție, puterea câmpului electromagnetic scade invers proporțional cu pătratul distanței);
- poziția antenei etichetei RFID față de dispozitivul de interogare.

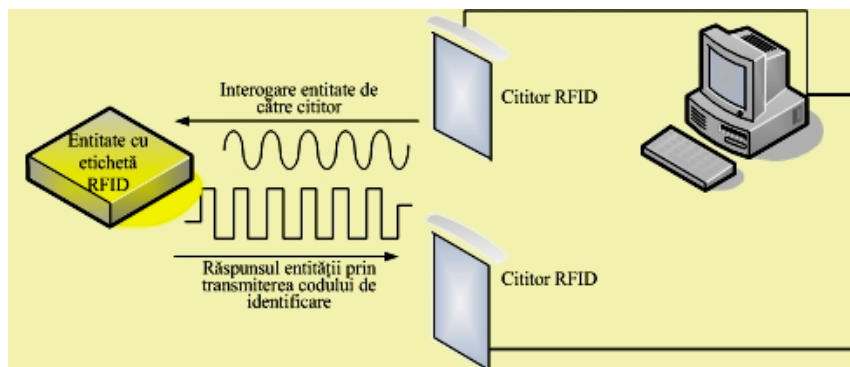


Fig. 3. Model de aplicație RFID.

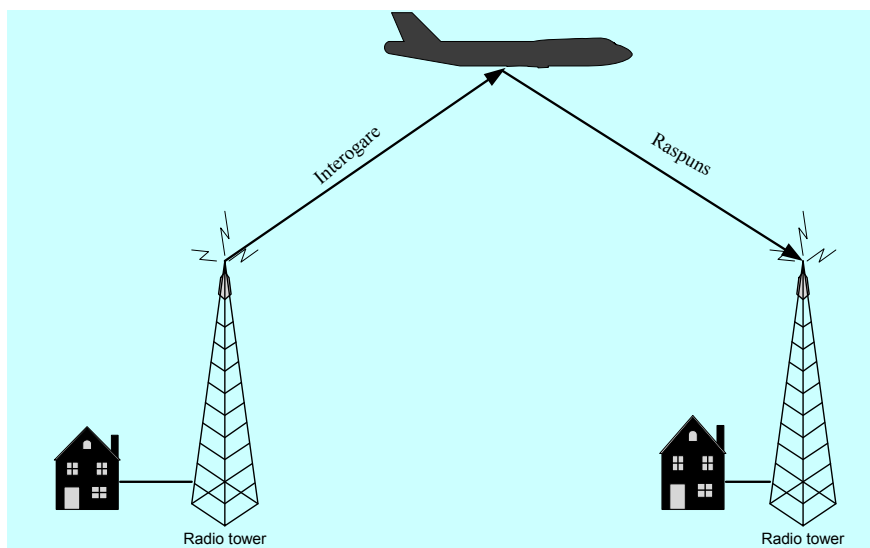


Fig. 3. Ilustrarea începutului domeniului RFID.

Pentru stocarea datelor, eticheta RFID conține unul dintre următoarele tipuri de memorie:

- o memorie ROM. Memoria ROM este utilizată pentru registrele de memorie și instrucțiunile sistemului de operare a etichetei RFID.
- o memorie RAM. Memoria RAM este utilizată pe durata comunicării (respectiv a interogării și transmiterii/primirii răspunsului) pentru stocarea temporară a datelor.

3. Scurt istoric al domeniului RFID

RFID (Radio Frequency Identification) este o metodă ce are la bază o lungă istorie. În 1946 Léon Theremin a realizat un dispozitiv de spionaj care retransmitea undele radio incidente pe o suprafață de reflexie, suprafață ce vibra și realiza și o modulație audio.

Unda sonoră de joasă frecvență făcea să vibreze o diafragmă la suprafața unui rezonator care modula unda de radio frecvență reflectată. Astfel, Theremin a realizat un dispozitiv de ascultare pasiv neidentificabil în mod direct și prin metode obișnuite. Este prima realizare fizică ce a constituit începutul tehnologic al domeniului RFID.

O tehnologie similară, cunoscută sub denumirea Identify Friend or Fre (IFF) a fost inventată în Anglia în 1939. Această metodă (fig. 3) a fost aplicată în cel de-al Doilea Război Mondial pentru identificarea avioanelor dușmane sau partenere.

Însă internaționalizarea tehnologiei RFID se poate considera că a început odată cu brevetarea, în S.U.A., în 1973, a unui microcip prevăzut cu o antenă (transponder RFID pasiv cu memorie), de către Mario Cardullo.

Dispozitivul său era pasiv și se autoalimenta din energia semnalului RF de interogare. Demonstrația privind autoalimentarea transponderelor fusese efectuată cu 2 ani înainte, 1971 de către Autoritatea Portuară din New York.

Invenția lui Cardullo arăta cum pot fi identificate vehicule aflate în mișcare prin folosirea unui transponder ce memora 16 biți, dar extindea aria de aplicare și în alte domenii cum ar cel al securității perimetrare, al mijloacelor de plată bancare, a documentelor, a monitorizării obiectelor, în medicină la identificarea pacienților și a istoriei și evoluției bolilor lor etc. Un alt sistem similar cu al lui Cardullo a fost prezentat într-o demonstrație la Los Alamos Scientific

Laboratory Art în 1973 de către Steven Depp, Alfred Krelle și Robert Fryeman folosind atât dispozitive pasive cât și semi-pasive. Sistemul era portabil și opera la o frecvență de 915 MHz utilizând 12 biți/dispozitiv.

Însă primul patent înregistrat ce asocia denumirea RFID a fost înregistrat de către Charles Walton în 1983 în S.U.A.

4. Construcția unui sistem de operare RFID

În figura 4 este ilustrat un model funcțional RFID format dintr-o etichetă RFID și un cititor RFID. O etichetă pasivă RFID tipică este formată dintr-o antenă și un circuit integral specific, amândouă având impedențe complexe. Cipul circuitului integrat se autoalimentează din receptarea semnalului de RF emis de cititorul RFID. Eticheta RFID returnează datele stocate în cip prin comutarea intrării între două valori ale impedenței complexe, generând astfel un semnal modulat.

Din punct de vedere teoretic, una dintre stările impedenței de intrare este:

$$Z_{in_1} = \infty,$$

iar cealaltă este

$$Z_{in} = 0.$$

Practic însă,

$$Z_{in_1} \cong x_1 \text{ [M}\Omega\text{]} \quad (1)$$

și

$$Z_{in_2} \cong x_2 \text{ [M}\Omega\text{]} \quad (2)$$

Schimbul de date dintre cititorul RFID și etichetă poate folosi o varietate de scheme de codare și de modulare. Semnalul transmis de cititorul RFID către etichetă conține o purtătoare nemodulată (figura z). Eticheta RFID va răspunde interogației cititorului RFID în timpul următoarei perioade de emisie a purtătoarei nemodulate, perioadă în care impedența etichetei RFID va modula semnalul de răspuns.

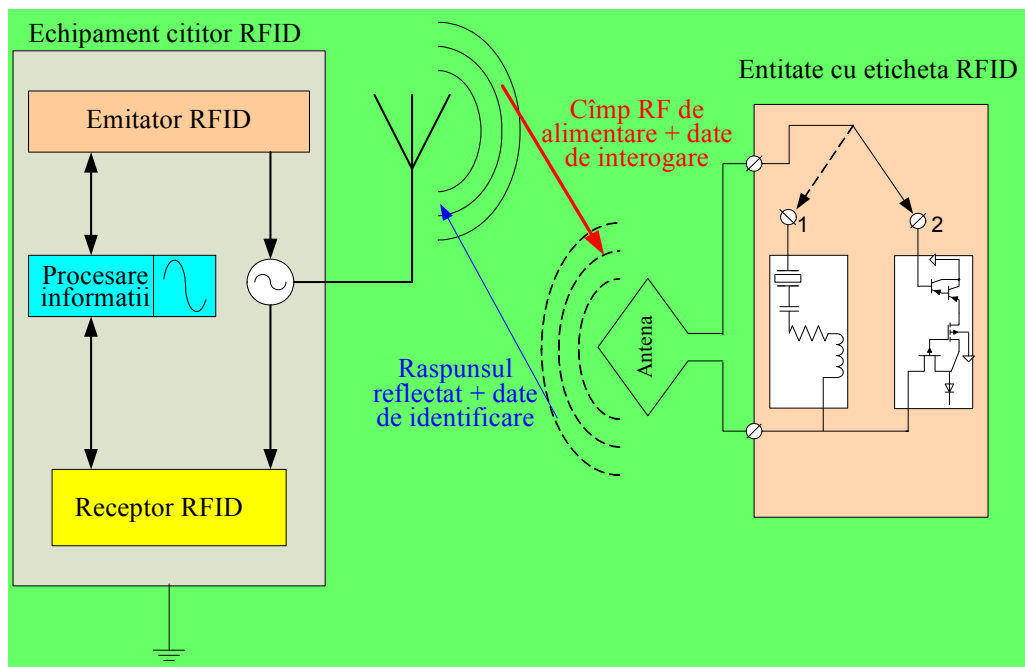


Fig. 4. Schema de funcționare a unui sistem RFID.

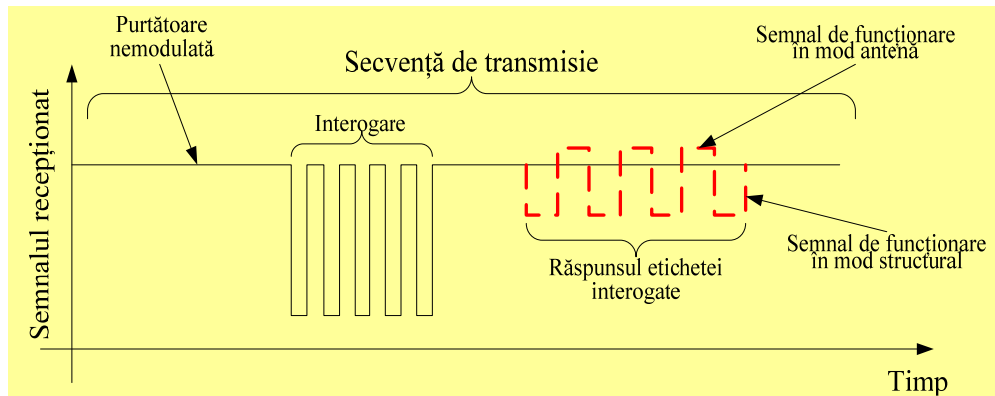


Fig. 5. Schimbul de date dintre un cititor și o etichetă.

Pentru a înțelege funcționarea schimbului de putere / informație în cadrul unui sistem RFID, se poate folosi circuitul echivalent din figura. 5. Puterea reflectată înapoi de către antena etichetei poate fi divizată în două părți:

- prima, numită și „funcționare în mod structural” este dată de curentul indus în antenă atunci când aceasta este terminată pe o impedanță complex conjugată;

- a doua, numită și „funcționare în mod antenă” este dată de coeficientul de reflexie datorat neadaptării dintre impedanța proprie a antenei și cea a circuitului electronic al etichetei.

Graficul schimbului de informații dintre cititor și etichetă este redat în figura 5.

5. Adaptarea impedanței la etichetele RFID

Adaptarea impedanței proprii între intrarea chipului și antenă este foarte importantă în RFID,

influențând caracteristicile și performanțele dispozitivelor (ca de exemplu distanța maximă pînă la care cititorul RFID sau eticheta RFID poate recepționa și prelucra corect informații).

Într-un dispozitiv-etichetă RFID antena este conectată în mod curent la circuitul integrat (fig. 6).

Se observă din figură că antena este reprezentată prin echivalentul Thevenin:

$$Z_a = R_a + jX_a \quad (3)$$

(impedanța complexă a antenei)

și

$$Z_c = R_c + jX_c \quad (4)$$

este impedanța complexă la intrarea circuitului integrat.

Impedanța antenei este adaptată la starea de impedanțe mare a circuitului integrat pentru a permite un transfer maxim de putere.

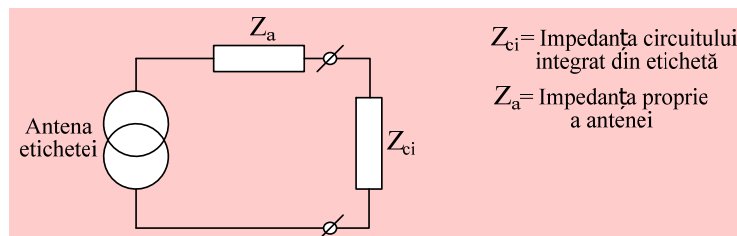


Fig. 6. Schema electrică echivalentă a unui sistem RFID.

Circuitul integrat al etichetei RFID reprezintă o sarcină neliniară a cărei impedanță complexă variază cu frecvența și puterea la intrare. Circuitul integrat necesită o energie minimă pentru a se activa.

Starea tranzitorie și dependența impedanței de intrare de nivelul semnalului la intrare sunt determinate de caracteristicile constructive ale circuitului integrat din eticheta RFID.

Dependența impedanței de frecvență este determinată și de cuplajele parazite și efectele încapsulării circuitului integrat în eticheta RFID.

Variația impedanței de intrare a circuitului integrat cu nivelul de putere poate afecta drastic performanța circuitului integrat și, în final, a etichetei RFID. În mod normal, pentru a obține un maxim de transfer de putere, impedanța antenei este perfect adaptată la impedanța de intrare a circuitului integrat pentru a diminua la maxim pierderile de putere datorate dezadaptărilor.

În cele mai multe aplicații, circuitul integrat din eticheta RFID continuă să fie alimentat când purtătoarea emisă de cititorul RFID va trece din starea modulată în starea nemodulată (WQ → CW). Este posibil să existe o situație în care o variație semnificativă a impedanței de intrare a circuitului integrat cu nivelul semnalului la intrare să aibă ca efect distrugerea circuitului de intrare a circuitului integrat și astfel scoaterea din uz a etichetei RFID.

6. Funcționarea etichetei RFID

Pentru înțelegerea funcționării unei perechi cititor RFID – etichetă RFID se poate considera schema simplificată din figura 6. Deși schema prezintă câteva limitări de analiză discutate în literatura de specialitate, se poate aplica la o mare varietate constructivă a etichetelor RFID, în special pentru a calcula puterea semnalului de răspuns al etichetei RFID la interogarea cititorului RFID.

Nivelul de putere al semnalului pe răspuns al etichetei RFID conține 2 componente: una denumită „mod structural” și care este dată de curenții induși în antenă, atunci când aceasta este terminată pe impedanța complex-conjugată, și cea de-a doua, denumită „mod antenă” dată de neadaptarea dintre impedanța antenei și impedanța de încărcare a circuitului integrat.

În acest sens, energia totală a câmpului radiant returnat după interogare poate fi scris ca sumă între energia semnalului RF reflectată de către antenă având impedanța de sarcină „în gol” și energia efectivă a semnalului retransmis generat de ansamblul circuit integrat și antenă.

$$\Sigma_t = \Sigma_{Z_{in}=\infty} + \Sigma_{Z_t=Z_a} \quad (5)$$

Densitatea de putere a câmpului emitent incident al antenei RFID în spațiu este dat de relația

$$S = \frac{P_T G_T}{4\pi r^2} \quad (6)$$

în care P_T este puterea transmisă, G_T este câștigul antenei, iar r este distanța față de eticheta RFID.

Puterea recepționată pe antenă P_R este, prin definiție, puterea maximă care poate fi livrată pe o impedanță complex conjugată:

$$P_R = S \cdot \tau_{ef} \quad (7)$$

în care τ_{ef} este suprafața efectivă a antenei, calculată cu relația:

$$\tau_{ef} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (8)$$

în care G este câștigul antenei.

Puterea reflectată de eticheta RFID pe aceeași direcție pe care recepționează semnalul cititorului poate fi aproximată prin circuitul echivalent arătat anterior. Este vorba de puterea disipată în rezistența

de sarcină a antenei, multiplicată de către factorul de câștig al antenei:

$$P_{\text{reflectata}} = K \cdot P_R \cdot G \quad (9)$$

în care factorul K este dat de relația:

$$K = \frac{4R_a^2}{|Z_a + Z_c|^2} \quad (10)$$

Ecuția de mai sus definește (prin factorul K) ponderea coeficientului de pierderi în puterea reflectată de către antenă. De exemplu, o antenă adaptată cu o impedanță complexă înmagazinează o aceeași cantitate de energie a semnalului reflectat ca și cea a semnalului absorbit.

Tabelul 1 arată valorile factorului K în funcție de impedanța antenei. Se poate observa că, atunci când impedanța echivalentă a antenei este reală, o terminație „de scurt” va produce o reflexie a semnalului de patru ori mai mare.

Totodată, când impedanța antenei devine suficient de reactivă

$$\left| \frac{X_a}{R_a} \right| > \sqrt{3} \quad (11)$$

impedanța de sarcină complex conjugată a antenei poate reflecta mai multă putere ca în cazul impedanței de scurt (așa cum rezultă din figura 7).

Tabelul 1

Coeficientul K funcție de impedanța de încărcare a antenei

Z_c	\emptyset	∞	Z_a^*
K	$\frac{4R_a^2}{R_a^2 + X_a^2}$	\emptyset	1

Lobul transversal al etichetei RFID poate fi calculat după relația:

$$\tau = \frac{P_{\text{referinta}}}{S} = K \cdot A_e \cdot G \quad (12)$$

în care: S este suprafața estimată de acțiune;

A_e – suprafața efectivă.

Dacă exprimăm suprafața efectivă a antenei cu relația

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (13)$$

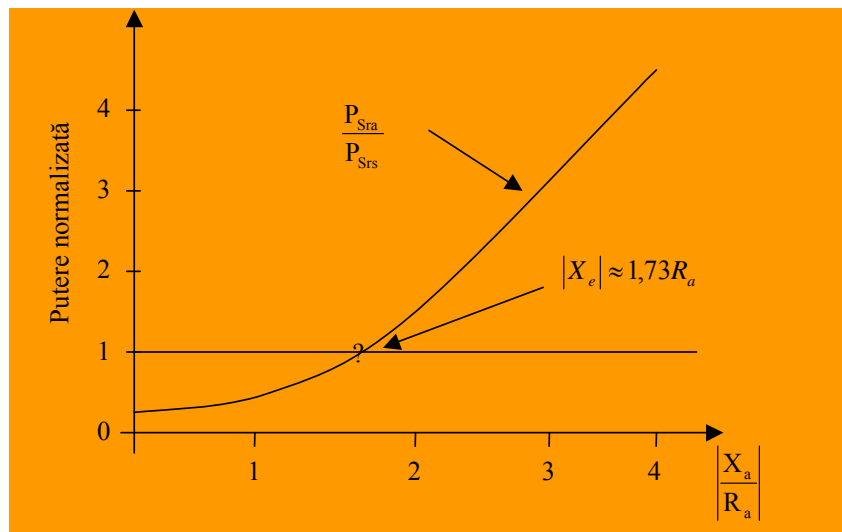


Fig 7. Modulul X_a / R_a în funcție de puterea normalizată:

P_{Sra} – puterea semnalului reflectat când circuitul este adaptat;

P_{Srs} – puterea semnalului reflectat când circuitul este în scurt.

și utilizând expresia factorului K exprimată anterior, rezultă:

$$\tau = \frac{\lambda^2 G^2 R_a^2}{\pi |Z_a + Z_c|^2} \quad (14)$$

Este important de reținut că impedanța circuitului integrat depinde de frecvență și de puterea de intrare (relațiile 10 și 14). Ecuația (14) este adevărată pentru cititoare RFID și pentru etichete RFID cu polarizare adaptată. În general, răspunsul etichetei RFID depinde de polarizarea coeficientului de pierdere între cititorul RFID și antena etichetei. Mai poate fi subliniat că puterea semnalului modulat recepționat de cititorul RFID depinde nu numai de diferența scalară între lobul transversal definit prin cele 2 stări ale impedanței de intrare din circuitul integrat, dar și de faza relativă a componentei spectrale reflectate.

7. Metode de măsurare

Există multiple tehnici pentru măsurarea lobului principal al antenei. Aceste tehnici complexe separă

transmisia și recepția antenelor și echipamentul complex de radio frecvență izolându-le de exterior printr-o cameră anecoică. O schemă generală de măsurare a unei antene și a unui echipament-etichetă RFID este prezentat în figura 8.

Reflexia datorată neadaptării antenei este prima măsurătoare care este efectuată cu ajutorul analizorului de spectru în camera anecoică goală, fără eticheta RFID. Valoarea măsurată arată efectele coeficientului de pierdere la postul de intrare, datorate reflexiilor din camera anecoică. Această valoare va fi valoarea de referință pentru măsurarea reflexiei datorită neadaptării, măsurată însă în prezența etichetei RFID. În acest mod va putea fi determinat un nivel minim al puterii semnalului de reflexie necesar pentru ca eticheta RFID să fie alimentată, iar circuitul integrat să poată „răspunde”.

Semnalul de reflexie măsurat raportat la valoarea de referință va fi dat de relația:

$$|S| \cong \frac{P_m}{P_t} \quad (15)$$

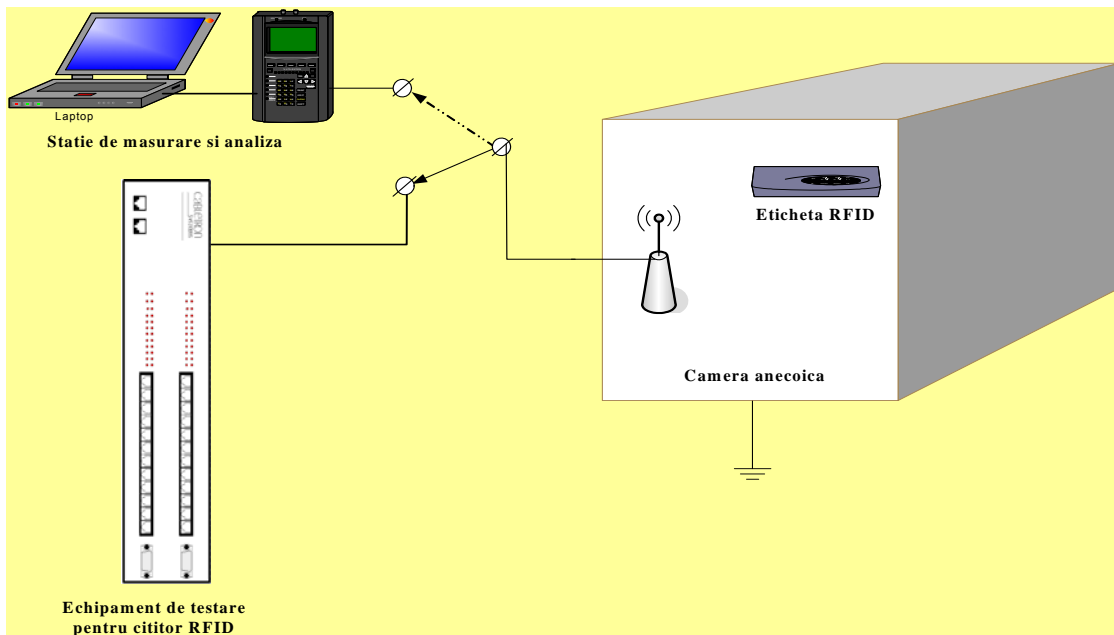


Fig. 8. Montaj experimental pentru măsurarea lobului principal al etichetei RFID.

în care P_m este puterea semnalului reflectat de către eticheta RFID și măsurată de analizorul de spectru.

Pentru situația experimentală a camerei anecoice, P_m poate fi calculată în funcție de lobul principal al antenei:

$$P_m = \frac{P_t \cdot G_t^2 \cdot \lambda^2 \cdot \tau}{(4\pi)^3 \cdot \gamma^4} \quad (16)$$

Rezultă, din ecuațiile (15) și (16), lobul central al antenei etichetei RFID funcție de reflexia datorată neadaptării:

$$\tau = |S| \cdot \frac{(4\pi)^3 \gamma^4}{G_t^2 \cdot \lambda^2} \quad (17)$$

Dispozitivele de citire sunt, de asemenea, un element cheie în sistemele RFID. Pînă în momentul de față cititoarele erau folosite în principal la sisteme de control al accesului și în alte aplicații RFID care implică volume mici de date, ceea ce nu a pus problema folosirii unui număr mare de etichete. Cum tehnologia avansează în toate domeniile, s-a ajuns la necesitatea unei soluții pentru rezolvarea transferului mare de date. Din această cauză producătorii de echipamente au fost nevoiți să dezvolte o nouă generație de produse care să satisfacă nevoile de pe piața mondială actuală. Caracteristicile cititoarelor moderne au prevăzute cu următoarele funcții:

- frecvența de operare: UHF, HF;
- flexibilitatea protocolului: ISO, EPC, sau propriu de firmă;
- diferite reglementări regionale: frecvența UHF (902-930 MHz SUA, 869 MHz Europa);
- sursa de alimentare (4 W – SUA, 500 mW – Europa);
- capabilități de conectare cu rețeaua: TCP/IP, Wireless LAN (802.11), Ethernet LAN, RS 485 / 422, RS 232, USB;

- posibilitatea de funcționare în rețea a mai multor cititoare;
- posibilitatea de up-grade a firmware-ului prin internet sau interfață locală;
- utilizarea mai multor antene;
- adaptarea la diferite tipuri de antene (auto-tuning dinamic);
- interfețe I/O digitale pentru senzori externi și circuite de control.

8. Benzile de radio frecvență folosite de tehnologia RFID

Datorită spectrului radio diferit în care operează, echipamentele (și implicit aplicațiile) RFID se împart în mai multe categorii. Alegerea benzii de frecvență optime pentru o aplicație RFID este dictată în primul rînd de condițiile de mediu în care sistemul trebuie să funcționeze precum și de cerințele aplicației. Astfel, pentru Europa și Africa benzile de operare sunt:

– **Joasă frecvență** (*LF – Low Frequency*), $F = 125/134 \text{ KHz}$ – dispozitive cuplate inductiv, pentru care majoritatea țărilor nu solicită autorizarea sistemelor ce operează în această bandă. Aplicații uzuale:

- identificarea animalelor, control acces, managementul recipientelor.
- distanțe de citire: 0,1 pînă la 1 m
- funcționare excelentă în apropierea metalelor sau în lichide.

– **Înaltă frecvență** (*HF - High Frequency*), $F = 13,56 \text{ MHz}$ – elemente electronice de supraveghere. Aplicații uzuale:

- inventariere-arhivare documente, control bagaje, transport auto;
- distanțe de citire : 1 pînă la 3 m.

Această bandă de frecvențe are cele mai multe aplicații posibile.

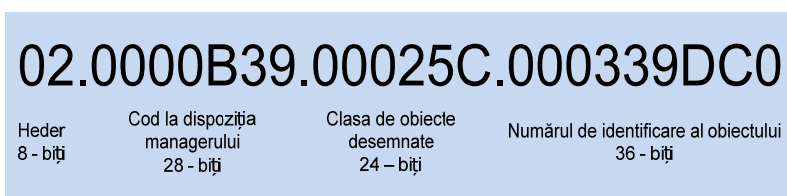


Fig. 9. Formatul unui cod electronic cuprins într-o etichetă RFID.

– **Foarte înaltă frecvență** (*Ultra High Frequency – UHF/MW*), $F = 850 \text{ MHz} - 2,46 \text{ GHz}$. Cuprinde două domenii:

- cel al frecvențelor cuprinse între 430 și 460 MHz – aplicații industriale, științifice și medicale;
- cel al hiperfrecvențelor cuprinse între 2,35 și 2,45 GHz – aplicații cu spectru distribuit.

Caracteristici pentru acest domeniu:

- aplicații uzuale: transport auto, parcare, managementul containerelor;
- distanțe de citire: 1 până la 12 m;
- permit identificarea vehiculelor în mișcare cu viteze de peste 100 km/h.

9. Codarea informațiilor înscrise în etichete

Elementul de bază a codării informațiilor îl reprezintă formatul său afișabil în cod ASCII sau hex. Este constituit sub forma unui standard dar nu înlocuiește standarde existente ale codificării de bare, ci mai degrabă crează trecerea de la standardele existente pentru codurile de bare la un **cod electronic nou**. Pentru acest scop, sunt adoptate structuri de bază ale numărului ce va identifica entitatea la nivel internațional (**cunoscut sub forma G.T.I.N. – Global Trade Item Number**). În acest proces participă activ organisme de standardizare precum **Uniform Code Council (UCC)** și **EAN International** – două organizații internaționale, ce supraveghează standardele codificării de bază.

În prezent, codul electronic ce poate fi stocat într-o etichetă RFID este realizat în două variante: cu

lungimea de 64 de biți și 96 de biți. Deoarece, în viitor, există necesitatea de a extinde informațiile cuprinse în structura etichetelor, s-a ajuns la o structură formată din 128 de biți adăugând și informații referitoare la numărul versiunii de standard și etichetare. Un cod format din 96 de biți poate conține următoarele informații (fig. 9.):

– 8 biți ce formează grupul de identificare (headerul);

– al doilea grup de date respectiv 0000B39 reprezintă informația referitoare la identitatea entității care a realizat asignarea etichetei (organismul care a realizat corelația dintre etichetă și produs/producer);

– al treilea grup de date, respectiv 00025C reprezintă identitatea clasei obiectului reprezentat de eticheta RFID conform clasificării S.K.U. (Stock Keeping Unit) sau, altfel spus, tipul exact al produsului înregistrat, manufacturat, sau stocat într-o zonă geografică determinată;

– al patrulea grup de date respectiv 000339DC0 reprezintă informația dată de caracteristicile și/sau proprietățile fizico-chimice ale entității reprezentate. El poate indica, de exemplu, mărimea ambalajului, a sticlei, cantitatea, durata de valabilitate, garanție, condiții de păstrare etc.

10. Aplicabilitatea RFID. Avantaje și limite ale sistemelor RFID

În ceea ce privește implementarea noilor tehnologii RFID se pune foarte mult accentul pe avantajele și dezavantajele comparându-se foarte

mult cu sistemul cu coduri de bare care a devenit deja omniprezent. În comparație cu tehnologia cu coduri de bare, tehnologia RFID are următoarele clase de **avantaje**:

– **Capacitatea de stocare.** Etichetele convenționale bazate pe codul de bare pot „memora” un volum de informații de numai 20 de caractere. Eticheta cu coduri de bare oferă avantajul stocării unui volum mai mare de informații.

– **Viteza.** Față de tehnologia cu coduri de bare, tehnologia RFID permite o citire și o comunicare mai rapidă a informației.

– **Posibilitatea automatizării.** Citirea informațiilor stocate în eticheta RFID nu presupune prezența în câmpul vizual și nu necesită o anumită orientare a produsului.

– **Flexibilitatea.** O serie de etichete RFID sunt baze de date dinamice. Există etichete ce pot conține informații de tip *citite/scrise*.

– **Selectivitatea.** Tehnologia RFID permite etichetelor să răspundă selectiv la solicitările dispozitivului de interogare.

– **Costul total al deținerii în proprietate și al utilizării.** Etichetele RFID ce au posibilități de citire/înscrisere oferă avantaje datorate utilizării multiple. Etichetele ce utilizează coduri de bare pot fi folosite doar pentru aplicația pentru care au fost desemnate.

– **Citirea simultană.** Un sistem RFID poate citi simultan mai multe etichete. Ca și celelalte tehnologii de identificare, RFID accelerează achiziția datelor și elimină intervenția umană în procesele de control și sortare. Această facilitate devine semnificativă în cazul unor cantități mari de date necesare pentru automatizarea producției în care productivitatea devine de necontrolat în cazul operatorilor umani, timpii de procesare crescând inadmisibil la o rată a erorilor ridicată. În concluzie, singura metodă practică de colectare automată a acestor date este utilizarea de sisteme computerizate de

identificare și urmărire. Culegerea automată a datelor nu numai că sporește viteza de lucru și elimină erorile, dar crește valoarea informației din sistem prin accesul în timp real la aceasta. Pentru exemplificare, la un depozit, dacă un transport de produse finite este trimis la o destinație greșită, informația respectivă devine valoroasă numai dacă poate fi procesată în timp util pentru a se corecta eroarea, altfel se înregistrează cheltuieli mari și penalizări din partea clientului.

Bibliografie

- [1] **Pavel V. Nikitin & K.V.S. Rao**, *Theory and Measurement of Backscattering from RFID Tags*; Intermec Technologies Corporation, USA
- [2] x x x i2010 – Raport anual privind societatea informațională {sec (2007) 395}, {vol. 1,2,3}, Bruxelles, 30.03.2007. Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor
- [3] **Mihalcea Petre**, Teză de doctorat „Tehnologii informatice aplicate în economie”, 2006 Academia de Studii Economice, Facultatea de Management și Contabilitate,
- [4] www.standard.ro/articol-7806: "Standard Bussines": "Eticheta RFID a cucerit primul lanț de retail din Europa", 27.07.2007
- [5] www.sciencedaily.com: „Nano will brost RFID tags”, Grenoble, 07.03.2006
- [6] www.fr.wikipedia.org/ „RFID”
- [7] www.RFM. „Radio Frequency Identification”
- [8] www.rfidjournal.com/ "Glaxosmithkline Test RFID on HIV Drug”
- [9] www.pageperso.aol.fr. "Antene". Cours.
- [10] **D. Dascălu ș.a.** *Dispozitive și circuite electronice*, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1982.
- [11] Economides, Nicholas, (1991b), "Compatibility and Market Structure", Discussion Paper EC-91-16, Stern School of Business, N.Y.U.
- [12] http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/intsolns/voipsol/ta_isd.htm. - Traffic Analysis
- [13] <http://www.iee.org.uk/Publish/Books/TeleComm/Te035c.cfm>