XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

AZ RFID RENDSZER TERJEDÉSI HULLÁMAINAK A RÁDIÓNAVIGÁCIÓJA

Tóth Enikő, Prof. Dr. Illés Béla

Abstract

In recent years automatic identification procedures (Auto ID) have become very popular in many service industries, purchasing and distribution logistics, industry, manufacturing companies and material flow systems. A backscatter RFID system is basically a radar system in which the reader (radar transceiver) provides the radio frequency signal for communications in both directions. The tag has no transmitter power generating source, but uses the impinging (incident) power from the reader on which to modulate its response. In passive systems the reader power field is also used to provide the necessary operating voltages for the tag's circuits. The tag may change either the amplitude or phase of the re-radiated signal depending on whether the real or reactive part of the impedance is changes. Radar principles tell us that the amount of energy reflected by an object is dependent on the reflective area of the object; the larger the area, the greater the reflection. This paper describes the mechanism and provides the mathematics to calculate the communication link budget and hence the reading range of tags.

Összefoglalás

A mindennapi életben az automatikus azonosítási rendszer nagyon népszerűvé vált számos szolgáltatói iparágban, a beszerzési- és az elosztási logisztikában, a gyártó vállalatoknál és az anyagáramlási rendszerek területén. A rádiónavigációs RFID rendszer alapvetően egy radar rendszer, amelyben az olvasó (radar adó-vevő) biztosítja a rádiófrekvencia jeleket a „kapcsolat”, vagy összeköttetés mindkét irányában. A címkék nem rendelkeznek rádiódárra alkalmas áramot létrehozó, generáló forrásuk, viszont az olvasóból rájuk eső áramból, energiából felhasználhatnak, így az olvasó képes szabályozni, megfelelően igazodni a tag által visszareagált 'válasz adást'. A passzív rendszerben az olvasó áramerősség mezője szintén felhasználja a működéshez szükséges feszültség ellátást a címkék áramköréhez. A címke megváltoztathatja vagy az amplitúdónak vagy az állapotfázisnak a visszasugárzott jeleit, amelyek függenek a tényleges vagy a reaktív (meddő) ellenállás módosulásától. A radar alapelvei megmutatják a tárgyról visszaverődő energiák összegéről, amelyek függenek a tárgyról visszaverődő felület és a visszautkröződés nagyságától.

1. Az RFID rendszer működési alapelve

Az RFID működési elve egyszerű: helyez egy transzpondert - mikorcsipet egy antennával - egy termékre, és használj egy olvasót - egy eszköz egy vagy több antennával - ahhoz, hogy a mikrocipből kiolvassd az adatokat rádióhullámok segítségével. Nagy többségben az RFID transzponderek (más néven tag-ek) szilikon alapú mikrocipet használnak arra, hogy egy egyedi sorozatszámot - valamint gyártófüggő további adatot - tároljanak. Alapvetően az RFID rendszerek kétféle csoportosíthatók: aktív és passzív RFID rendszerek. A **passzív RFID tag-ek** nem rendelkeznek adóval, csak az olvasóból kisugárzott energia segítségével verik vissza a (modulált) rádióhullámokat.

Az **aktív tag-ek** saját adóval és többnyire saját energiaforrással rendelkeznek. Az aktív tag-ek a mikrocipjükben tárolt információt sugározzák rádióhullámok útján. Aktív RFID rendszereket használnak például nagy értékű konténerek, vasúti kocsik, stb. követésére. A használt frekvencia

általában 455 MHz, 2,45 GHz vagy 5,8 GHz és az olvasási távolság általában 20-100 méter.

1. ábra. Az RFID működése

kap, majd megváltoztatja az antennán a terhelést. Az olvasó érzékeli ezt az energiaváltozást és ezeket a változásokat egyessékké és nullákká változtatva számítógép számára értelmezhető adatokká alakítja. Mivel az olvasó és a tag antennája együtt alkotja az elektromágneses mezőt, viszonylag közel kell lenniük egymáshoz. Ez az olvasási távolság egyik korlátja.

A **passzív UHF rendszerek** ún. „propagation” csatolást alkalmaznak. Ebben az esetben az olvasó és a tag nem alkot elektromágneses mezőt, hanem az olvasó által kibocsátott energiát a tag arra használja, hogy az antennáján megváltoztatja terhelést és egy módosított jelet sugároz vissza. **Ezt nevezik backscatter-nek.**

2. ábra. A „backscatter” működési vázlata

Az UHF tag-ek háromféle módon tudják a bitso-rozatot visszaküldeni: amplitúdó-, fázis- és frek-vencia shift key módszerrel. Az LF és HF rend-szerek általában **induktív csatolást** alkalmaznak, így az olvasó mező mérete kisebb, jobban ellenő-rizhető az olvasás. Az UHF rendszerek propaga-tion csatolást alkalmaznak, és ezért nehezebben ellenőrizhető, mert a hullámok nagyobb távolságra szóródnak szét a térben. A hullámok visszaverődnek a felületeken, és elérhetnek olyan tag-eket, amit nem is akarunk olvasni. Az LF és HF rendszerek jobban működnek fém- és folyadékfelületek köze-lében, mint az UHF rendszerek.

2. A címke változó együtthatójának vagy visszaverő képességének kiszámítása

A címke antennájának az impedanciája összefügg a sugárzási ellenállás R_r , ami egy betáplálási pont. A chip tartalmazhat egy reaktív alkotóelemet.

Tellman szerint: az antenna képes figyelembe venni a generátor feszültségét E -t, ahol a Z_a a belső feszültség. Az egyenértékű feszültség arányában az E -re eső rádióhullámok erőssége feltétele az antenna effektív erősségének, azaz $E = \varepsilon h$, ahol a h az antenna effektív erőssége. Amíg az egyenértékű impedancia Z_a áramköre is egyenértékű akkor terhelést ad az antennára.

Amikor az antenna reaktív része és az impedancia terhelését kiszámítva, figyelmen kívül hagyva az

antenna ellenállás gyengítését, a teljes teljesítmény wattban mérve a rádióhullámokból kapjuk meg:

$$P_r = \frac{(\varepsilon h)^2}{R_L + R_r} \quad (1)$$

Ahol, ε = a rádióhullámok mező erőssége volt/méterben,

h = az antenna effektív erőssége méterben,

R_r = az antenna sugárzási ellenállása,

R_L = ellenállási terhelés.

A teljes áram töredéke $R_L/R_r + R_L$ eljuttatja a terhelést és visszasugározza.

Ennek megfelelően a Terman visszaverődési együttható a következőképpen kapjuk meg:

$$\rho = \left(\frac{\frac{Z_L}{Z_0} - 1}{\frac{Z_L}{Z_0} + 1} \right) \quad (2)$$

Amikor az antenna impedancia induktívitasmentes:

$$\rho = \sqrt{\frac{(R_L - R_r)^2 + X_L^2}{(R_L + R_r)^2 + X_L^2}} \quad (3)$$

ahol, R_L = a terhelés ellenállása,

X_L = a reaktív terhelés,

R_r = az antenna sugárzási ellenállása.

Azért, hogy megkapjuk a valódi értékét a differenciálmű visszatükröződési együtthatónak ρ , a belső áramerősség hatására kell felírni az egyenletet. Ezért a javított ρ a következő lesz:

$$\rho = |\rho_1 - \rho_2| - 0.5 \quad (4)$$

3. A címkék rádiónavigációjának költségvetése

Az olvasó átviteli teljesítménye P_t visszaverődik a tagról és szabályozza a tagek impedanciáját, amelyik megváltoztatja a tagekről a visszatükröződést.

Egy keresztmetszeten áthaladó σ négyzetméterenként mért adatbeviteli képesség a következő:

$$\text{Adatbeviteli képesség} = \left(\frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \right) \sigma \text{ Watts} \quad (5)$$

Az adatbeviteli képesség visszaverődése a rádióvevőnél, a visszaérkezési távolság R , az áramerősség sűrűsége P_d , így a radarnál a:

$$P_d = \left(\frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \right) \left(\frac{\sigma}{4\pi R^2} \right) \text{ Watts per } m^2 \quad (6)$$

A G effektív teljesítménynyeresége nem meghatározott sugárzási szögű antenna esetében:

$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (7)$$

A tag antennájának a keresztmetszetén áthaladó impedancia egyenértékű a nem meghatározott sugárzási szögű antenna A_e - vel, amikor a tag jól illesztett, összehangolt. A (3) és a (7) egyenletekből ki lehet számítani a radar keresztmetszetén áthaladó impedanciát, amikor a tag antennája hibásan illesztett:

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

ahol a G az antenna teljesítménynyeresége, λ a hullámhossz és ρ a tag modulus differenciálmű visszatükröződési együtthatója.

A (6) és a (8) összekötő egyenletekből a vételi teljesítménynél megkapjuk a vevő radar antenna terminálját

$$S = \frac{P_t G_t^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad Watts \quad (9)$$

4. Következtetések

A dolgozat lényege, hogy amikor rádiófrekvenciás azonosítási rendszert szeretnénk kiépíteni egy logisztikai raktárban, akkor mind a frekvencia, mint pedig az adathordozó tag-ek kiválasztásakor figyelembe kell venni az alábbi körülményeket:

- kísérendő tárgy;
- olvasási távolság;
- olvasó előtti elhaladás sebessége;
- átvíendő adatok mennyisége,

ahhoz, hogy optimálisan működő rendszert tudjunk megvalósítani. A fenti pontokban feltüntetett képletekben szereplő tényezők behelyettesítése és kiszámítása után egy rugalmasan, hatékonyan, megbízhatóan működő azonosítási rendszert tudunk létrehozni.

Irodalom

- [1] Frederick E Terman, Radio Engineers Handbook, 1943, 785 – 786; 179
- [2] Cselényi, J. & Illés B. (2004.) Logisztikai rendszerek I., Miskolci Egyetemi Kiadó
- [3] Cselényi, J. & Illés B. (2006.) Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása, Miskolci Egyetemi Kiadó
- [4] Allaga Gy. & Avar G. & Jancsó T. & Melis Z. & Sárkány M., A vonalkódtól a chip kártyáig, PRIM Media Kiadó

Tóth Enikő, PhD hallgató
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai
Kar, Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék
3515, Miskolc, Egyetemváros
Telefon / Fax: +36 46 565 111 ext. 10-03
E-mail: enikototh@tvn.hu

Prof. Dr. Illés Béla, Tanszékvezető, Egyetemi
tanár
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai
Kar, Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék
3515, Miskolc, Egyetemváros
Telefon / Fax: +36 46 565 111 ext. 17-37
E-mail: altilles@uni-miskolc.hu