

PUETTAVA RADIOTAAJUINEN TUNNISTEANTENNI

Tiiti Kellomäki ⁽¹⁾

Toni Björninen ⁽²⁾

Leena Ukkonen ⁽²⁾

Lauri Sydänheimo ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Tampereen teknillinen yliopisto, Elektroniikan laitos
Pl. 692, 33101 Tampere
Email: tiiti.kellomaki at tut.fi*

⁽²⁾ *Tampereen teknillinen yliopisto, Rauman tutkimusyksikkö
Kalliokatu 2, 26100 Rauma*

JOHDANTO

Radiotaajuinen tunnistustekniikka (RFID) ja etäluettavat kulkukortit ovat tulleet jokapäiväiseen käyttöön. Nykyisissä järjestelmissä on hyvin yleisesti käytössä HF-tunniste, jonka lukuetaisyys on muutamia millimetrejä. Tällainen kortti on käytännössä pidettävä esillä ja asetettava erikseen lukijaan.

866 MHz:n alueella toimiva UHF-tunniste voidaan lukea useiden metrien päästä. Ovet voidaan siis avata kulkijalle ilman, että hänen itsensä tarvitsee tehdä mitään. Myös avonaisesta ovesta kulkevat voidaan rekisteröidä ja tarvittaessa paikantaa.

Vanhustenhoidosta karkailevat dementikkopotilaat vaativat jatkuvaa valvontaa. Paloturvallisuussyistä ovia ei kuitenkaan yleensä voida pitää lukittuina. Vaatteeseen tai rannekeeseen yhdistetyn RFID-tunnisteen avulla ovi voitaisiin asettaa hälyttämään, mikäli potilas pyrkii ulos. Karkulainen olisi näin mahdollista saada kiinni jo ennen kuin hän pääsee pois vanhainkodin pihalta.

Tässä julkaisussa esitellään RFID-tunnisteantenni, joka on tarkoitettu liitettäväksi vaatteeseen. Tunnisteen pituus on 68 mm ja leveys 22 mm, ja se mahtuu esimerkiksi paidan kaulukseen. Tunniste on passiivinen eli siinä ei ole omaa teholähdettä.

TUNNISTEANTENNI

Puettavan tunnisteantennin muoto ja mitat esitellään kuvassa 1. Pohjimmiltaan antenni on taivuteltu dipoli. Koska metallointia tarvitaan vain yhdelle puolelle kangasta, on tämä antenni helppo yhdistää vaatteeseen. Antenni ei myöskään vaadi piirilevy materiaaleja, vaan se on suunniteltu toimimaan tavallisella kangasalustalla, jonka dielektrisyysvakio on noin 1–1,5.

Koska säteilevän elementin ja käyttäjän välillä ei ole metallikerrosta eli maatasoa, pitää antennin ja käyttäjän väliin jäädä käytössä vähintään viiden millimetrin rako. Esimerkiksi kovakauluksisen paidan kaulus on yleensä vähintään senttimetrin päässä solisluusta, ja muuallakin vaatteiden väljyysvara on vähintään viiden millimetrin luokkaa.

Jotta antenni toimisi RFID-tunnisteena, on siihen kiinnitettävä mikrosiru. Antenni on suunniteltu käyttämään Alien H3 strap'ia [1], jonka impedanssi on $(16-j150) \Omega$ Euroopan UHF-RFID-taajuuskaistan keskitaajuudella (866 MHz). Antenni on konjugaattisovitettu sirun impedanssiin lisäämällä sen syöttöpisteen induktanssia T-sovituksen avulla [2].

Antennin käyttötaajuuden määrää sen kokonaispituus mukaan lukien ympyröiden kaaret. T-sovitus eli syöttöpisteen rinnalla kulkeva ohut liuska lisää induktanssia: mitä pidempi

T-sovitus, sitä suurempi induktanssi. Antennin kaistanleveyttä voidaan lisätä käyttämällä leveitä johdinveitoja.

Vapaassa tilassa antennin sovitus on tarkoituksella huono. Kehon lähellä syöttöimpedanssi ja resonanssitaajuus laskevat, ja näin tunnisteeseen paras toiminta saadaan 866 MHz:n kaistalle.

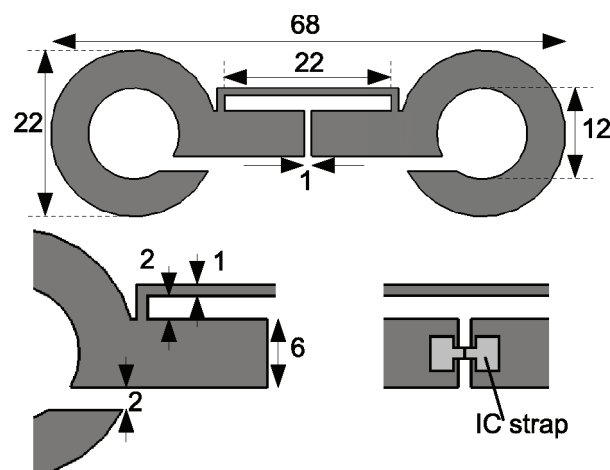
MITTAUSTULOKSIA

Antennin toimintaa on mitattu RFID-lukijalaitteella. Kaikissa mittauksissa antenniin on liitetty mikrosiru. Mitatuissa vahvistuksissa on siis mukana epäsovitushäviö sirun sisäänmenoimpedanssiin eli kyseessä on IEEE:n määrittelemä ”realised gain”. Mittauksissa antennin etäisyys kehosta oli 4–60 mm. Lukijalaite oli 1,6 metrin etäisyydellä.

Kehon lähellä antennin sähköinen pituus kasvaa, koska kehon dielektrisyysvakio on korkea (kudoksesta riippuen 10–55). Samalla hyötysuhde heikkenee rajusti, sillä keho absorboi suuren osan säteilytehosta. Molemmat ilmiöt ovat nähtävissä mitatusta vahvistuskäyrästä jokseenkin erillisinä: sähköisen pituuden muutos liikuttaa käyrää oikealta vasemmalle, hyötysuhteen pieneneminen puolestaan ylhäältä alas.

Kehon lähellä antennin impedanssi voi pienentyä jopa puoleen samalla, kun resonanssitaajuus pienenee. Resonanssitaajuuden muutos luonnollisesti pienentää käyttötaajuutta, mutta impedanssin pieneneminen kompensoi tätä, koska mikrosirun impedanssi ei ole taajuuden suhteen vakio, vaan sekä reaali- että imaginääriosan itseisarvo pienenee taajuuden kasvaessa. Esitetyn antennirakenteen käyttötaajuus pienenee siis kehon etäisyyden funktiona vähemmän kuin pelkkä resonanssitaajuus.

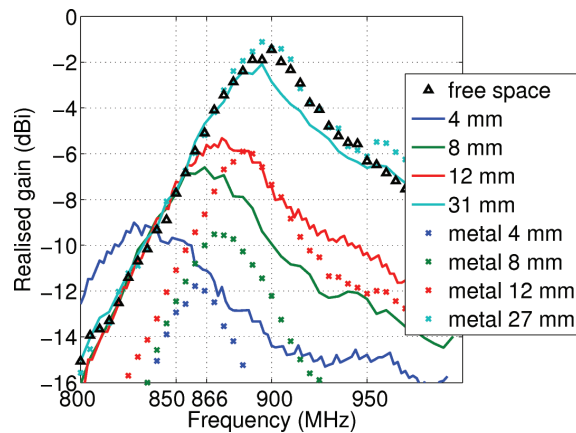
Mittauksissa havaittiin, että tunnisteantenni soveltuu parhaiten käytettäväksi yli 1 cm:n etäisyydellä kehosta. Kuvassa 2 on esitetty mitattu vahvistus, käyräparametrina antennin etäisyys kehosta. Yhden senttimetrin etäisyydellä, 866 MHz:n taajuudella, tunniste voidaan lukea viiden–seitsemän metrin päästä lukijan maksimiteholla (2 W ERP). Luku-etäisyys on yli kolme metriä silloinkin, kun antenni on 4 mm:n päässä kehosta. Antennin alle ei siis tarvita erillistä toppausta.



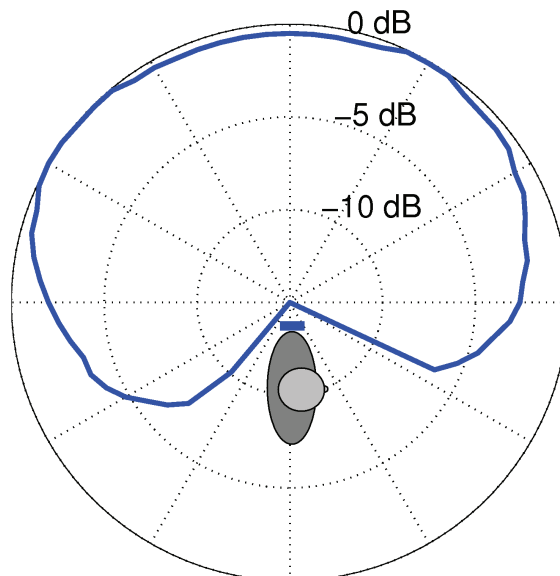
Kuva 1: Tunnisteantennin mitat millimetreinä. Antennissa on metallia vain yhdellä puolella alustaa, ja alustana voidaan käyttää mitä tahansa kangasta. Mikrosiru (IC) on strap’in keskellä. Huomaa, että viitteessä [3] T-sovituksen pituus on virheellisesti 12 mm; oikea arvo on 22 mm.

Kun antennin etäisyys kehosta on 3 cm, antennin impedanssi on sama kuin vapaassa tilassa. Kun etäisyyttä kasvatetaan tästä, kehosta heijastuva ja suoraan etenevä aalto alkavat vahvistaa toisiaan niin, että antennin vahvistus kasvaa yli vapaan tilan arvon.

Antennin säteilykuvio H-tasossa eli vaakatasossa mitattiin sekä vapaassa tilassa että olkavarrelle puettuna. Mittauksissa antenni oli pystyssä. Etäisyys kehosta oli mittauksessa 8 mm, ja säteilykuvion muodon voidaan olettaa olevan samanlainen etäisyydestä riippumatta. Kuva 3 osoittaa, miten puolen tehon keila kattaa puoli avaruutta. Tunniste ei ole luettavissa kehon takaa, mutta se voidaan lukea ranteen läpi. Vapaassa tilassa antennin H-tason säteilykuvio on suuntaamaton.



Kuva 2: Mitattu impedanssiepäsovituksen huomioiva vahvistus. Mittauksissa tunniste on käyttäjän olkavarrella, metallilevyn päällä tai vapaassa tilassa. Tunnisteen lopullinen käyttötaajuus on 866 MHz. Mustavalkolukijoille: käyrät vasemmalta oikealle vastaavat selitteen kohtia ylhäältä alas.



Kuva 3: Mitattu normalisoitu H-tason (vaakataso) säteilykuvio. Antenni on käyttäjän olkavarrella 8 mm:n etäisyydellä kehosta. Tunnistetta ei voida lainkaan lukea kehon läpi.

Antennin paikka keholla ei vaikuta sen impedanssiin eikä parhaan sovituksen taajuuteen. Olkavarrelle sijoitetun antennin vahvistus on 1–1,5 dB suurempi kuin vartalon päällä olevan antennin (kaulus, selkä, rintakehä). Olkavarrella keho absorboi vähemmän tehoa.

Suurinta lukuetaisyyttä varten antenni kannattaa sijoittaa olkavarteen. Jos säteilykuvioista halutaan suuntaamaton, ranne on parempi paikka. Ranteeseen sijoitetun antennin asento vaihtelee kuitenkin jatkuvasti, ja lukijalaitteelta vaaditaan polarisaatiodiversiteettiä. Polarisaatioepäsovitushäviö voidaan minimoida kiinnittämällä antenni kaulukseen.

Antennin toimintaa tutkittiin myös, kun se oli lähellä metallia. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 2. Kehoon verrattuna metalli aiheuttaa vähemmän pieleenvirittymistä. Antennin kaistanleveys pienenee metallin lähellä. Tunniste on luettavissa myös metallin lähellä, mutta se toimii varsin heikosti. Mittauksissa kehoa ei voida mallintaa metallilevyllä, vaan on käytettävä joko koehenkilöä tai sopivalla nesteellä täytettyä phantomia.

LOPUKSI

Työssä on esitelty tunnisteantenni Euroopan UHF-RFID-kaistalle (866 MHz). Kun tunniste on yhden senttimetrin päässä kehosta, se voidaan lukea 5–7 metrin etäisyydeltä. Antennin ominaisuudet eivät muutu merkittävästi, kun sen etäisyys kehosta muuttuu. Antennin alle ei ole tarpeen laittaa erillistä toppausta. Antenni toimii myös vapaassa tilassa.

Antennin pituus on 68 mm ja leveys 22 mm. Se mahtuu erinomaisesti esimerkiksi paidan kaulukseen, kalvosimeen tai jopa nappilistaan nappien väliin.

Lisää mittaustuloksia on esitetty julkaisussa [3].

KIITOKSET

DI Juha Virtanen ansaitsee suurkiitokset autettuaan mittauksissa ja käytännön ongelmissa. DI Timo Kellomäki ja tekn. yo. Joel Salmi auttoivat mittauksissa.

GETA-tutkijakoulu (Graduate School in Electronics, Telecommunication and Automation) rahoitti Tiiti Kellomäen työtä.

Kirjallisuutta

- [1] Alien Technology. (2009, Dec.) Higgs-3 product overview. [Online]. Available: http://www.alientechnology.com/docs/products/DS_H3.pdf
- [2] G. Marrocco, "The art of UHF RFID antenna design: impedance-matching and size-reduction techniques," *IEEE Antennas Propagat. Mag.*, vol. 50, pp. 66–79, Feb. 2008.
- [3] T. Kellomäki, T. Björninen, L. Ukkonen, and L. Sydänheimo, "Shirt collar tag for wearable UHF RFID systems," in *Proc. European Conf. on Antennas and Propagation, 2010*, 12–16 Apr. 2010, Barcelona, Spain.