

Hinder för ibruktagandet av RFID- etiketter i butiker

Miro Richard Eklund - 36664

Kandidatavhandling i Datateknik

Handledare: Jerker Björkqvist

Fakulteten för naturvetenskaper och
teknik

Åbo Akademi

2016

Innehållsförteckning:

Referat	2
Inledning	3
Avhandlingens problemställning, uppbyggnad och avgränsning	4
RFID-teknikens historia	4
Typerna av RFID-kretsar och frekvenser	6
De tre huvudtyperna av RFID-kretsar	6
Passiva kretsar	6
Semipassiva kretsar.....	7
Aktiva kretsar	7
Frekvenser och deras användningsområden	7
Fördelar med ett RFID-system i butiker.....	8
Jämförelse mellan RFID-etiketter och streckkoder.....	8
Uppföljning och varukontroll.....	9
RFID-system - komplikationer och hinder.....	10
Investeringens värde och teknikens mognad	11
Säkerhet	11
Kunders privatliv och accepterande av systemet	12
Miljörisk	13
Produktionskostnad	13
Misslyckade läsningar	14
Massläsning.....	14
En algoritm som bygger på många små byggstenar	15
ALOHA-algoritmer	16
Trädalgoritmer	17
Hybridalgoritmer.....	17
Slutsatser.....	18
Källor	20

Referat

Marknaden för radiofrekvensidentifiering (RFID) har under de senaste åren växt stort och den förutspås fortsätta sin tillväxt de kommande åren. RFID innebär trådlös kommunikation mellan en RFID-krets och en RFID-läsare. Ett tillämpningsområde för RFID-etiketter är inom logistik och produktidentifiering i butiker istället för identifiering med streckkoder. Hittills har RFID-etiketter inte hittat sin väg ända fram till konsumenterna i butiker fastän de använts inom logistiken sen början av 2000-talet.

En butik där kunderna drar nytta av RFID-tekniken skulle undvika köer som brukar uppstå vid rusningstid, då varje kund helt enkelt kunde ta sin korg med varor, gå igenom RFID-läsaren och få alla produkter identifierade på en gång. Butiker får dessutom många andra fördelar med RFID-etiketter, så som synlighet över produkters väg genom hela distributionskedjan och realtidsuppföljning av produkter i butiken. Realtidsuppföljning gör t.ex. stöld svårare och fungerar även som kontroll mot mänskliga fel.

Det finns fortfarande många hinder för ibruktandet av RFID-etiketter i en butiksmiljö. Kollision mellan etiketternas signaler uppstår då fler av dem blir lästa samtidigt, vilket orsakar misslyckade läsningar och därmed olästa produkter. Andra hinder för ibruktandet är bland annat kundernas inställning till ett RFID-system, prisnivån på de enskilda etiketterna och etiketternas miljörisk. Det är dessutom svårt att räkna ut totala värdet på investeringen i RFID-tekniken, då ett RFID-system är väldigt komplicerat. Individens säkerhet och privatliv är stora frågor som återkommer i diskussionen om RFID-system. Problem som verkar bli lösta i nära framtiden är t.ex. produktionskostnaden och miljörisken, tack vare printbara elektroniska kretsar på papper. Även nya modeller för beräkning av RFID-investeringars värde har fått uppmärksamhet de senaste åren.

Nyckelord: RFID, massläsning, logistik, problem, lösningar

Inledning

RFID dvs. radiofrekvensidentifiering är ett sätt att trådlöst överföra en begränsad datamängd lagrad i en RFID-krets till en RFID-läsare. Kretsarna bär på en bitsträng som identifierar kretsen och kan fungera som primärnycklar i en databas för att ge tillgång till mer information om objektet kretsen är fast i.

Identifieringen och kommunikationen mellan kretsen och läsaren kan huvudsakligen delas in i två distinkta fall: Antingen är kretsen passiv och läsaren kontaktar kretsen eller så är kretsen aktiv och kontaktar läsaren själv. Aktiva kretsar kräver en extern strömkälla och är därmed dyrare att producera och upprätthålla än passiva kretsar. Speciellt de passiva RFID-kretsarna tillämpar sig väl för identifiering av produkter, med samma princip som streckkoder. Passiva kretsar föredras över aktiva kretsar i situationer där man vill minimera kostnader.

Under rusningstider i butiker kan man tydligt se hur ineffektiva streckkoder är då de orsakar långa köer. Eftersom mer eller mindre varje produkt måste bli läst skilt, oftast av en kassaperson, är proceduren både tids- och resurskrävande. Ett betydligt effektivare sätt att läsa kundens produkter möjliggörs av RFID-tekniken, där kundens alla varor kan läsas på en och samma gång utan att lämna kundens korg. RFID-etiketter har dock olösta problem. Bland annat kan signalen mellan två eller fler etiketter kollidera under läsningen. Dessa kollisioner förorsakar misstolkningar och produkter kan t.o.m. förbli totalt oidentifierade.

Det allmänna engelska uttrycket "RFID-tag" har tre specifika svenska översättningar beroende på vad som menas: RFID-krets, -etikett och -data. Med RFID-krets menas själva den fysiska kretsen som utför den trådlösa överföringen av information till en RFID-läsare. En RFID-etikett är motsvarigheten till en streckkodsetikett och är ett annat ord för RFID-krets. Termen RFID-etikett används speciellt då man betonar användningsområdet av RFID-kretsen för att identifiera t.ex. en produkt, på motsvarande sätt som en streckkod används för att identifiera en produkt. Själva informationen lagrad i en RFID-krets kallas för RFID-data [1].

Avhandlingens problemställning, uppbyggnad och avgränsning

Syftet med denna kandidatavhandling är att introducera läsaren till användningsområden av RFID-tekniken. Avhandlingen fokus ligger i problem med RFID-tekniken i en butiksmiljö. Hinder för ibruktagande av ett RFID-system i butiker betraktas och lösningar på dessa problem framställs ifall sådana finns.

Först ges en inblick i RFID-teknikens utveckling genom åren för att komplettera avhandlingens relativt snäva fokus. Sedan behandlas de tre huvudtyperna av RFID-kretsar och de väsentligaste användningsområdena av de fyra olika frekvenserna som används inom RFID. För att motivera varför butiker bör vara intresserade av RFID presenteras sedan fördelar med RFID-tekniken, speciellt jämfört med streckkoder. Resten av avhandlingen betraktar problem med RFID-tekniken med fokus på en butiksmiljö och eventuella lösningar på problemen presenteras.

Massläsningsalgoritmer tas upp i slutet av avhandlingen i ett skilt kapitel, eftersom garanterad identifiering av produkter i en butiksmiljö är bland de största kraven på ett sådant RFID-system.

Avhandlingen kommer inte att behandla ISO-standarder för användning av frekvenser, konstruktion av kretsar, säkerhetsprotokoll eller kommunikationsprotokoll mellan läsare och kretsar. Den kommer inte heller att behandla i detalj själva komponenternas fysiska uppbyggnad.

RFID-teknikens historia

RFID-tekniken fick sin början på 1940-talet under andra världskriget som en utveckling av radar-tekniken [2] [3]. En radar på den tiden kunde inte skilja mellan de egna flygplanen och fiendens. En metod för att identifiera de egna flygplanen behövdes. Tekniken som utvecklades byggde på signaler som reflekterades mellan

radarn och flygplanet. För att uppnå detta sattes antenner på flygplanen, som nu kunde identifieras på långt avstånd. Detta sätt att identifiera objekt var semipassivt och först på 1980-talet hade tekniken utvecklats så att egentliga passiva RFID-kretsar kunde tas i bruk [2]. Skillnaden mellan passiva, semipassiva och aktiva RFID-kretsar diskuteras i ett senare kapitel. RFID-kretsars användningsområden ökade med utvecklingen av CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, ung. kompletterande metalloxidhalvledare) [2], som drog ner strömförbrukningen i kretsarna betydligt [4]. Dessa första egentliga passiva kretsar använde låg frekvens för sin kommunikation och hade väldigt kort läsavstånd (ca 10 cm). Användningsområden för passiva kretsar på 1980-talet var bland annat identifiering av produktionsdjur och upplåsning av bilmotorn med en RFID-krets inbyggd i bilnyckeln [2].

RFID-kretsar som använde sig av låg frekvens var på 1980-talet relativt dyra att tillverka. Deras användningsområde förblev snävt och tekniker som använde högre frekvenser började få uppmärksamhet. De högre frekvenserna skulle möjliggöra längre läsavstånd (ca 50 centimeter) och sänka priset på produktionen betydligt tack vare nya massproduktionsprocesser. På 1990-talet hade utvecklingen visat vägen för de första RFID-etiketterna som använde sig av höga frekvenser. I början av 2000-talet började dessa ersätta streckkoder inom logistik [2], bland annat tack vare stora företag så som amerikanska Wal-Mart [3].

Närfältskommunikation (eng. Near Field Communication, NFC) var nästa steg inom RFID-teknikens utveckling då säkerhetskraven ökade. Nokia var med från början i utvecklingen av NFC-tekniken, som bygger på Faradays induktionslag om magnetiska fält. Faradays induktionslag beskriver hur ett magnetfält ändras p.g.a. en varierande elektrisk ström, som i detta fall representerar ett och nollor i RFID-data i kretsen. RFID-läsaren märker ändringarna i magnetfältet och kan därmed identifiera den binära bitsträngen i RFID-kretsen [2] [3].

Användningsområden för RFID-tekniken har sedan dess blivit allt bredare och den spelar en stor roll i nya koncept så som sakernas internet (eng. Internet of Things) [5]. RFID-teknikens marknadsvärde var år 2015 ca 10 miljarder dollar och förutspås överskrida 18 miljarder dollar år 2026 [6].

Typerna av RFID-kretsar och frekvenser

Det finns tre huvudtyper av RFID-kretsar: passiva, semipassiva och aktiva kretsar. Kretsarna kommunicerar på diverse olika frekvenser beroende på deras användningsområde. I detta kapitel behandlas de mest typiska dragen hos kretsarnas huvudtyper och frekvenser.

De tre huvudtyperna av RFID-kretsar

Alla RFID-kretsar innehåller en antenn som kommunicerar med en RFID-läsare och ett mikrochips som innehåller den data som är utsedd att lagras i kretsen. För en RFID-etikett i butiksanvändning skulle data t.ex. kunna vara primärnyckeln till en kolumn i en databas. Utöver dessa två delar har semipassiva och aktiva kretsar en strömkälla inbyggd i kretsen [2].

Passiva kretsar

Passiva kretsar är den billigaste typen av RFID-kretsar. De väntar alltid på signal från läsaren förrän de skickar sitt data vidare. För att kunna skicka sitt data laddas kretsen temporärt upp med radiosignalen från läsaren med hjälp av induktion. I början av teknikens utveckling på 1970-talet var denna temporära laddning ett problem, då kretsarna inte kunde hålla sin laddning tillräckligt länge för att skicka tillbaka sitt svar till läsaren [2].

En typisk egenskap för passiva kretsar är att läsdistansen är kort, dvs. endast upp till fem meter. Detta är både för- och nackdelen med passiva kretsar, vilket leder till att de tillämpar sig väl i vissa situationer och inte alls i andra [2]. För en butiksmiljö med tillräckligt tätt med läsare är denna korta distans inte ett problem.

Semipassiva kretsar

En betydligt mindre använd typ av RFID-krets är den semipassiva kretsen som är både dyrare att producera och större i storlek än passiva kretsar. Semipassiva kretsar kan stärka sin egen signal tack vare sin strömkälla och de kommunicerar med läsaren på samma sätt som passiva kretsen. De har längre läsavstånd än passiva kretsar och klarar även av att överföra större mängder data snabbare [2].

Aktiva kretsar

En aktiv krets skiljer sig från de två föregående typerna i att den kontaktar läsaren istället för tvärtom. Den är både större än en semipassiv krets och dyrare att producera. Fördelar med aktiva kretsar är att de kan ha väldigt långa läsavstånd, t.o.m. hundratals meter. Dessutom klarar aktiva kretsar av att skicka även större mängder data till läsaren än semipassiva kretsar, speciellt typiskt sådan data som objektet kretsen är kopplad med har samlat in [2].

Frekvenser och deras användningsområden

Inom radiofrekvensidentifiering är specifika tillämpningar bäst utförda med rätt frekvens. Det finns fyra huvudsakliga kategorier av frekvenser som används inom RFID. Som tumregel kan sägas att ju högre frekvens, desto snabbare överförs information från kretsen till läsaren. Därför passar de högre frekvenserna bäst för en butiksmiljö med en stor mängd produkter med relativt stora bitsträngar. Speciellt den ytterst höga frekvensen används mycket inom logistik [2].

Låg frekvens (eng. low frequency) är oftast 125-134 kHz. Kretsar med denna frekvens är oftast passiva och används bland annat i identifiering av djur inom djurskötsel och i smartkort som finns t.ex. i busskort. Låg frekvens har det lägsta läsavståndet av alla frekvenser, på ungefär en halv meter [2].

Hög frekvens (eng. high frequency) är oftast 13,56 MHz. Den har längre läsavstånd på ca en och en halv meter och högre överföringshastighet än låg frekvens. Den används t.ex. i nycklar av olika slag och skulle kunna användas i etiketter i butiker [2].

Den tredje kategorin är ytterst hög frekvens (eng. ultra high frequency). Passiva kretsar med denna frekvens är ca 900 MHz och aktiva ca 400 MHz. Denna frekvens har hög överföring av data och klarar av upp till 100 etiketters simultana läsning. Denna frekvens är en aning bättre tillämpad till användning i butikens etiketter än höga frekvensen, tack vare högre överföringshastighet [2].

Sedan finns även mikrovågor (eng. microwaves) som oftast är 2,45GHz. Den tillämpar sig väl då objektet som ska identifieras rör sig med stor hastighet, så som bilar i trafiken [2].

Fördelar med ett RFID-system i butiker

Då ett företag överväger att ta i bruk RFID-system i sina butiker bör de känna till de nya möjligheterna som kommer med systemet. I stort sätt handlar dessa fördelar om skillnaden mellan RFID-etiketter och streckkoder, var än i distributionskedjan produkten råkar befinna sig. Utöver dessa fördelar ger RFID-etiketter större uppföljningsmöjlighet över produkter och kontroll mot stöld och mänskliga fel.

Jämförelse mellan RFID-etiketter och streckkoder

RFID-etiketter anses ha flera betydande fördelar över streckkoder. Dessa är, i ingen speciell ordning, möjligheten att läsa etiketter utan synfält till dem, längre läsavstånd, snabbare läshastighet av en mängd etiketter och unik identifikationen av varje produkt (givet en tillräckligt lång bitsträng). RFID-etiketter kan användas i praktiken till allt streckkoder används till. De största nackdelarna med RFID-

etiketterna är produktionskostnaden och problemet med att garantera lyckade läsningar varje gång [2] [3]. Se Tabell 1 nedan för väsentliga skillnader mellan streckkoder och RFID-etiketter.

Tabell 1: Väsentliga skillnader mellan RFID-etiketter och streckkoder [2] [7] [8]

	RFID-etikett (passiv)	Streckkod (1-dimension)
Synlighet	Krävs inte	Krävs
Läsavstånd	Upp till 7-8 meter	Tiotal centimeter upp till några meter
Identifiering	Möjligt att unikt identifiera varje produkt	Identifierar produktens typ, men inte unikt produkter av samma typ
Läsning och skrivning	Läsning och skrivning	Endast läsning
Teknik	Radiofrekvens (RF)	Optisk laser
Störning	Vissa frekvenser blir störda av metall eller vätska.	Kan inte läsas ifall de är blockerade, smutsiga, mm.
Automation	RFID-läsare kräver oftast inte en människa för att sköta läsningen	Kräver oftast en människa som sköter läsningen
Massläsning	Möjligt	Inte möjligt
Läshastighet	Väldigt snabb	Långsam
Pris/Kod	Flera gånger dyrare än streckkod (för tillfället)	Mycket billig (färg på godtycklig yta)

Uppföljning och varukontroll

RFID-etiketter gör det möjligt att hålla reda på produkter i en butik på ett helt annat sätt än streckkoder. Ett exempel är realtidsuppföljning av produkter, som kan märka i god tid ifall en produkt håller på att ta slut, vilket leder till färre slutsålda produkter [7]. Realtidsuppföljningen möjliggör även noggrannare kontroll över lagret, vilket drar ner på förluster orsakade av t.ex. stöld och mänskliga fel. Man kunde även hålla

kolla på vilka produkter i butiken har förfallodagar på ett enkelt sätt, då dessa produkter helt enkelt skulle synas på ett annat sätt i realtidsuppföljningen.

Distributionskedjan mellan tillverkaren, återförsäljarna, butiken och kunden blir mer överskådlig i ett RFID-baserat system [7] [9]. Etiketter bör placeras vid produkter redan hos tillverkaren och alla mellanhänder som tar hand om produkter på vägen till kunden borde använda sig av dessa etiketter för att identifiera produkter. Annars garanteras synlighet inte genom hela kedjan. Med synlighet genom hela distributionskedjan kan man hålla koll på en omgång produkter hela vägen till konsumenten. Hittar konsumenten ett fel i produkten kan hela omgången som produkten hörde till enkelt identifieras i alla butiker som köpt av omgången. Detta kräver dock att alla produkter har en unik bitsträng som identifierar dem, som de fått redan av tillverkaren.

För att kunna identifiera en produkt unikt behövs en tillräckligt lång bitsträng. 1-dimensionella streckkoder, som för tillfället används i butiker, har inte tillräckligt stor bitlängd för att identifiera produkter unikt [2]. Däremot kan RFID-kretsar skapas med en varierande mängd bitar till sitt förfogande, där 96-bitar eller mer är bland de populäraste alternativen. Med över 50×10^{15} möjliga etiketter för produkter anses 96-bitars längd vara tillräckligt stor för att unikt identifiera alla produkter i världen, åtminstone enligt den nuvarande uppfattningen av marknadens storlek. Andra fördelar med totalt unik identifiering av produkter är att stulna varor kan identifieras på ett helt nytt sätt. Dessutom får man ett nytt verktyg för kontroll mot förfalskningar [3].

RFID-system - komplikationer och hinder

Trots fördelarna som ett RFID-system för med sig finns det flera problem specifika för RFID. Vissa av dessa problem har redan lösts, medan andra förblir hinder för ibruktandet. I detta kapitel betraktas de hinder som är mest centrala för

ibruktagandet av ett RFID-system i butiker. Existerande lösningar på dessa problem, ifall sådana finns, behandlas även i detta kapitel.

Redan så tidigt som 2003 började Wal-Mart sin kampanj där de gjorde det obligatoriskt för sina största återförsäljare att implementera RFID-baserade logistiska system. Trots detta hade endast ca en procent av Wal-Marts återförsäljare tagit i bruk RFID i deras logistiska lösningar mellan åren 2003 och 2011 [10].

Investeringens värde och teknikens mognad

Det är det svårt att räkna ut när och om man får tillbaka sin investering i ett RFID-baserat system. Beräkningarna blir problematiska pga. komplexiteten hos ett RFID-system, vilket leder till mindre noggranna och mer osäkra modeller. Osäkra modeller leder till ökad risk och därmed mindre intresse i att använda tekniken. Existerande modeller som beräknar RFID-systems värde har varit få och ofullständiga, men på senaste åren har problemet fått mer uppmärksamhet och forskning [10].

Teknikens mognad (eng. technological maturity) är ett viktigt koncept som påverkar den allmänna åsikten av en ny främmande teknik. Konceptet innebär att ifall en teknik tas i bruk i ett halvfärdigt skede kan dess nackdelar och olösta problem orsaka negativa inställningar till tekniken. RFID har definitivt varit en halv-färdig teknik enda sedan den togs i bruk i början av 2000-talet, med bland annat säkerhets problem och läsningsproblem. Detta skulle till en viss mån kunna förklara varför färre företag än förväntat tagit i bruk RFID-system [7].

Säkerhet

Företagshemligheter kan potentiellt läcka ut ifall RFID-systemet inte är tillräckligt säkert. Kunder kan potentiellt bli uppföljda av utomstående RFID-läsare efter att de köpt någon dyr produkt, för att senare bli rånade. För att göra RFID-etiketter säkrare har flera olika alternativ diskuterats med åren. Det säkraste systemet kommer högst

antagligen att vara en kombination av utvalda tekniska säkerhetsprotokoll och lagligt bindande principer för användning och tillverkning av etiketter [11].

Kryptering av RFID-data är en potentiell lösningarna på säkerhetsproblemen. En nackdel med kryptering är dock dekrypteringen, där nycklarna måste ges till alla de som vill använda sig av etiketten. Då man vill ha den största nyttan med etiketterna, dvs. använda dem i hela distributionskedjan, måste alla mellanhänder ha nycklar tillgängliga [11].

En annan lösning med delvis samma problem är ett system där en RFID-etikett identifieras med flera olika bitsträngar. En läsning av etiketten skulle byta dess nuvarande bitsträng och därmed ge olika bitsträngar som svar vid olika läsningar. I ett sådant system skulle tillverkaren ha en lista på alla de möjliga bitsträngar en individuell etikett kan ta. Sådana företag i distributionskedjan som behöver informationen kan få listan av tillverkaren [11]. Att skicka en nyckel eller en lista mellan företag i distributionskedjan låter dock väldigt lika och ingendera skapar en garanterad säkerhet.

En alternativ lösning kräver att etiketten mäter läsarens signalstyrka och klarhet före den svarar. Endast läsare som befinner sig nära etiketten och därmed har tillräckligt klar signal kommer att få svar [11]. Återigen är säkerheten inte garanterad.

Kunders privatliv och accepterande av systemet

Kundernas åsikt gällande ett RFID-system påverkar stort butikens val att ta i bruk RFID-tekniken. Osäkerheten ifall kunder överhuvudtaget vill ha RFID-etiketter medför en risk till företag som vill implementera det i sina butiker [12]. Redan i början av 2000-talet hade flera organisationer kritiserat RFID-tekniken för de uppföljningsmöjligheter som RFID medför. Vissa företag har även slopat sina planer för att ta i bruk ett RFID-system efter protester från kunder [12]. Principer och standarder för användningen av RFID-etiketter måste därmed garantera att RFID inte kränker rättigheten till ostört privatliv [11].

Att ta bort etiketten från produkten då man säljer produkten till kunden är en möjlig lösning. Detta tar dock bort bekväma funktionaliteter som RFID-etiketter ger kunden, så som tvättmaskiner som läser av RFID-etiketter och på basen av innehållet varnar ifall tvättprogrammet som valts skadar kläderna [3] [11]. Ett annat sätt att hålla kunder anonyma är att blockerande RFID-signaler. Dessa stör RFID-läsare och kan skapa områden där läsning blir oerhört svårt. En blockerande signal svarar alltid på alla frågor en RFID-läsare skickar och stoppar därmed läsning av andra etiketter. T.ex. kunders plastkassar med produkter kunde vara försedda med blockerande kretsar som aktiveras då kunden köpt plastkassen. Vägen mellan butiken och hemmet skulle därmed vara relativt skyddat från utomstående läsare. Dock fungerar blockerande signaler inte alltid och kan t.o.m. användas som Denial Of Service-attacker mot RFID-system [11].

Miljörisk

RFID-kretsar är även en miljörisk ifall de skulle slängas på samma sätt som streckkoder. Etiketter som fästs i förpackningar bör återvinnas istället för att skräporna soptippar och en ordentlig återvinningsstrategi för traditionella kretsar i konsumenternas produkter borde införas [2]. En möjlig lösning på skräpandet kunde vara ett liknande system som med pantburkar, där använda förpackningar kan återlämnas till samma butik de köptes från och få en summa pengar tillbaka.

En betydligt bättre lösning är dock printbara elektronikkomponenter, som möjliggör tillverkning av fullständigt ekologiska RFID-kretsar av papper. Redan år 2007 hade de första fungerande prototyperna av papperskretsar utvecklats [13].

Produktionskostnad

RFID-etiketter tävlar om konkurrenskraft mot streckkoder, vars produktionskostnad är bläck på godtycklig yta. Strävan att producera RFID-etiketter billigt har varit en drivande kraft i utvecklingen av passiva kretsar i flera år och man har lyckats få

produktionskostnaden allt lägre med åren [7]. Optimismen för att RFID-etiketter kommer att bli tillräckligt konkurrenskraftiga i framtiden är därmed väl motiverad. Den konkurrenskraftiga produktionskostnaden per krets anses vara ca 0.01 dollar [13] [14]. Kostnaden för en passiv RFID-krets år 2009 var ungefär 0.1-0.2 dollar [7]. Sen dess har utvecklingen av printbara elektronikkomponenter kommit långt och mycket billiga papperskomponenter visar vägen till framtiden [13] [14].

Misslyckade läsningar

Osäkerheten i att man faktiskt lyckas läsa alla RFID-etiketter i en massläsningssituation är ett av de största hindren som ett RFID-baserat system måste överkomma. Misslyckade läsningar är oacceptabla i en butiksmiljö och påverkar många av de fördelar som ett RFID-system medför [15]. T.ex. realtidsuppföljningen av etiketterna, snabbköpsmöjligheten för kunder och ökade kontrollen över lagrets förändring skulle påverkas negativt om massläsningen inte garanterade lyckade läsningar. Mer om massläsningsalgoritmer i nästa kapitel.

Massläsning

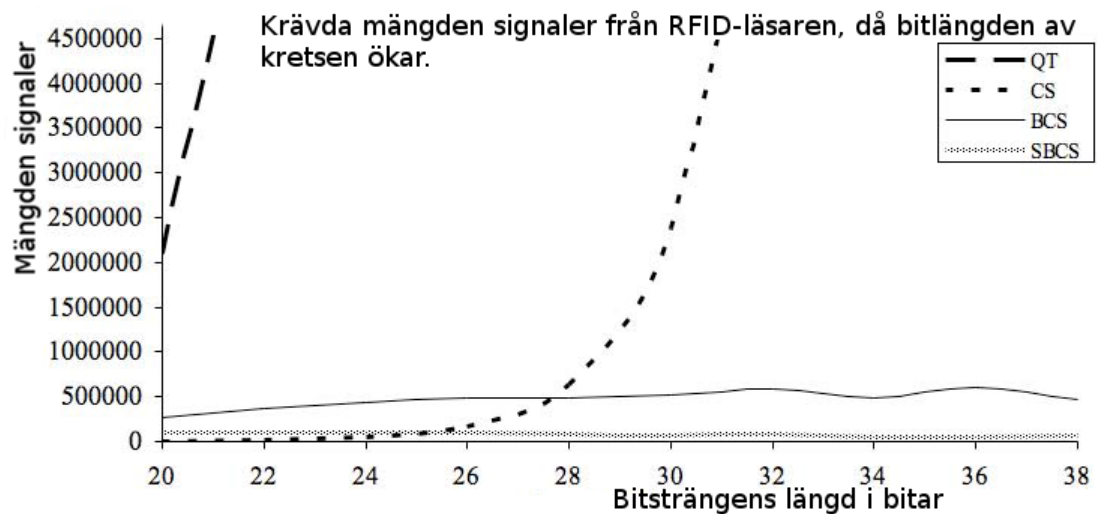
Lyckade läsningar av etiketter är väldigt viktigt i hela distributionskedjan. Ifall produkter förblir olästa fungerar få av de fördelar man vill få ut av ett RFID-system. Man kan kategorisera massläsning i två olika fall. I det ena fallet har man en enda läsare som försöker läsa flera etiketter, medan i det andra fallet har man flera läsare som samarbetar för att läsa flera etiketter [16].

I en butiksmiljö vill man använda sig av passiva kretsar. Då en enskild passiva etikett blir läst, utan störning eller kollision mellan andra etiketter, sänder läsaren först en signal åt etiketten. Etiketten svarar med sin bitsträngs data och läsaren noterar etiketten enligt det önskade användningsområdet. Ifall det t.ex. rörde sig om

kundens inköp skulle priset på produkten som identifierades läggas till i kundens räkning, där priset skulle finnas i en skild databas. Däremot skulle realtids-uppföljningen kräva en helt annan sorts data av etiketten, där läsaren vill beräkna etikettens position i butiken.

Problem vid läsning uppstår oberoende av de specifika användningsområdena hos etiketter då fler än en RFID-etikett samtidigt svarar på signalen av en RFID-läsare. Dessa kollisioner mellan signaler orsakar misstolkade, eller totalt olästa, etiketter. Som grundregel kan sägas att ju fler etiketter som läses samtidigt, desto större blir antalet kollisioner. Tiden det tar att läsa en mängd etiketter och sannolikheten att man lyckas läsa dem alla beror på algoritmen som används och antalet bitar i RFID-kretsarna [17]. Se graf 1 för en visualisering av olika algoritmers tillväxt i tidskomplexitet, beroende på bitlängden hos kretsarna.

Graf 1: Jämförelse mellan fyra massläsningsalgoritmers komplexitet i antal signaler från läsaren enligt längden på RFID-etikettens bitsträng [17].



En algoritm som bygger på många små byggstenar

I [17] undersöks och jämförs fyra massläsningsalgoritmer. Deras effektivitet illustreras i graf 1 ovan. Undersökningens mål var att minimera antalet gånger en RFID-läsare skickar signaler till RFID-etiketterna och därmed göra massläsningen av etiketter delvis snabbare men huvudsakligen betydligt billigare. Det speciella med

den bästa av dessa fyra algoritmer är att den bygger på de tre andra algoritmerna som presenteras i undersökningen.

Med relativt enkla koncept och kombinationer av algoritmer skapades till slut en mycket effektiv helhet. Denna algoritm, Shortcut bisected countdown scheme eller SBCS (ung. den tudelade nedräkningsalgoritmen med genväg), undersöktes tyvärr endast på bitsträngar under 40-bitar, istället för det praktiska 96 som skulle behövas.

Huvudidén med algoritmen är att läsaren systematiskt går igenom alla möjliga kombinationer av bitsträngar och läsaren signalerar endast de positiva positionerna i den just då sökta bitsträngen, dvs. 1:or. Den noterar icke-existerande kombinationer av bitsträngar och utesluter en mycket stor mängd möjliga kombinationer av bitsträngar på en gång [17].

Algoritmen fokuserade på att läsa en mängd etiketter med så liten energiförbrukning som möjligt. Styrkan med algoritmen var i undersökningen uppenbar, men för praktiska situationer med 96-bitars data förblev dess effektivitet okänd. Ifall algoritmen faktiskt fungerade lika väl då bitsträngarna blev längre, skulle den lämpa sig för användning i en butiksmiljö. Det verkar dock som om algoritmen sedan dess har glömts bort, eftersom ingen mer information om algoritmen tycks finnas tillgänglig. Men, algoritmen är ett bra exempel på hur små, enkla algoritmer kan användas som byggstenar för att skapa en effektiv helhet.

ALOHA-algoritmer

ALOHA-algoritmer är bland de mest använda massläsningsalgoritmerna, tillsammans med trädalgoritmer [16]. Det finns flera varianter av ALOHA-algoritmen för massläsning av RFID-etiketter, där den ursprungliga algoritmen (eng. Pure ALOHA) är mycket ineffektiv. En mycket förbättrad variant är t.ex. EDFSA (eng. Enhanced Dynamic Framed Slotted ALOHA) som dynamiskt grupperar etiketterna som ska bli lästa i mindre grupper. EDFSA fungerar bra även i fall då över 500 etiketter ska bli

lästa samtidigt, fastän den naturligtvis blir långsammare ju fler etiketter som ska läsas. Typiskt just för ALOHA-algoritmer är att de ofta kräver relativt få signaler från läsaren till etiketterna under massläsningen. Dessutom är de mer avancerade ALOHA-algoritmerna dynamiska, dvs. de fortsätter fungera även om nya etiketter kommer innanför deras massläsningsområde [16].

Trädalgoritmer

Även trädalgoritmer hör till den mest använda sorten av massläsningsalgoritmer [16]. Trädets struktur kan sparas i etiketterna, där etiketterna vet sin plats i trädet. Detta leder dock till mer komplexa och dyrare etiketter. Istället bör trädet sparas hos läsaren för att trädalgoritmer ska kunna användas i en butiksmiljö. En sorts trädalgoritm som sparar informationen hos läsaren är Query Tree och dess varianter [16].

Trädalgoritmers största nackdel är att de måste skapa sitt träd från början ifall nya etiketter kommer innanför deras massläsningsområde i mitten av en läsning. Trädalgoritmer är dock deterministiska, vilket gör att deras prestanda är mer förutsägbar än ALOHA-algoritmers [16].

Hybridalgoritmer

Bra resultat kan även nås med en kombination av flera algoritmer, så som demonstrerades tidigare i detta kapitel med algoritmen som bygger på många små byggstenar. T.ex. kan ALOHA-algoritmers gruppering användas och sedan identifieras individuella etiketter i de mindre grupperna med trädalgoritmer. Oberoende hurudan kombination man väljer är man intresserad av de bästa egenskaperna av de algoritmer man väljer, samtidigt som man försöker minimera deras nackdelar. Hybridalgoritmer är den variant av massläsning som rekommenderas [16].

Slutsatser

RFID eller radiofrekvensidentifiering är ett sätt att trådlöst överföra information från en krets till en läsare, utan mänsklig hjälp. I denna avhandling undersöktes existerande problem med RFID-tekniken med fokus på ibruktagandet av RFID-etiketter i butiker. Inom logistik används den billigaste typen av RFID-kretsar, dvs. passiva kretsar, användas istället för streckkoder för att identifiera produkter. Hittills har dock färre företag tagit dem i bruk än förväntat, fastän fördelarna med RFID-etiketter över streckkoder är många.

Ett företag som överväger att ta i bruk ett RFID-system i sina butiker vill öka sin konkurrenskraft på marknaden. De fördelar man får med ett RFID-system är t.ex. synlighet över hela distributionskedjan för sina produkter. Detta kräver dock att tillverkare och leverantörer även använder sig av RFID-etiketter i deras del av kedjan. Ifall endast butiken skulle använda sig av RFID-etiketter i produkter skulle fortfarande realtidsuppföljning av produkter i butiken vara möjligt. Realtidsuppföljningen kan bland annat hålla koll på när produkter i hyllor behöver påfyllning och när förfallodagar närmar sig för individuella produkter. Ökad uppföljning är även ett verktyg mot stöld och mänskliga fel. Utöver synlighet över distributionskedjan och realtidsuppföljning av produkter drar både företagen och kunderna nytta av snabbare köer, där alla produkter en kund köper kan identifieras automatiskt av RFID-läsare. Köer skulle endast uppstå vid själva betalningen, istället för läsningen av produkter så som är fallet med streckkoder.

Trots alla fördelar RFID-etiketter kan ge kommer de knappast att ta över streckkoder i butiker i nära framtiden. Problemen med RFID-tekniken har varit kända länge och vissa av dem har fortfarande inte heltäckande lösningar. Man har t.ex. inte lyckats garantera identifiering av alla etiketter i ett område, vilket varit ett problem sedan massläsning introducerades som ett koncept. Även etiketternas säkerhet är ett problem och berör både företagets informationssäkerhet och kundernas privatliv. Oron för individens privatliv har varit ett återkommande diskussionsämne då man

diskuterat RFID-teknikens användning. Det finns t.o.m. fall där företag slopat planerna att ta i bruk RFID-system pga. protester från kunder.

Vissa andra problem med RFID-tekniken är dock på god väg att bli lösta. Konkurrenskraftiga produktionskostnaden för en etikett, som anses vara omkring 1 cent, kommer att vara möjligt tack vare printbara elektroniska kretsar på papper. Samtidigt försvinner miljörisken som bortkastade etiketter skulle orsaka. Nya modeller som beräknar komplexa RFID-systems värde börjar få uppmärksamhet.

Det verkar som om säkerheten och garanterad identifiering av etiketter i alla situationer är de två största olösta problemen med RFID-tekniken. Ifall stora framsteg i dessa områden gjordes, skulle teknikens mognad inte längre att vara ett problem. Med säkrare system kommer även kunder med större sannolikhet att acceptera RFID-systemet och RFID-etiketter kunde äntligen hitta sin väg till butiker.

Källor

- [1] "Datatermgruppen - Ordlista," Svenska datatermgruppen, [Online]. Available: <http://www.datatermgruppen.se/ordlista.html>. [Använd 13 02 2016].
- [2] RFID Osa 1: Opas. Johdatus tekniikkaan, Suomen standardisoimisliitto sfs ry, 2010.
- [3] R. Want, "An Introduction to RFID Technology," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 5, nr 1, 2006.
- [4] F. M. Wanlass, "LOW STAND-BY POWER COMPLEMENTARY FIELD EFFECT CIRCUITRY". United States Patent 3356858, 5 December 1967.
- [5] N. Bari, G. Mani och S. Berkovich, "Internet of Things as a Methodological Concept," i *Computing for Geospatial Research and Application (COM.Geo), 2013 Fourth International Conference on, San Jose, CA , 2013*.
- [6] R. Das och P. Harrop, "RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026," IDTechEx, 2015.
- [7] X. Wu och C. Subramaniam, "New Understanding of RFID Adoption and Infusion in Retail Supply Chain," i *System Sciences, 2009. HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on, Big Island, HI, 2009*.
- [8] Z. Tongliang, W. Feng, T. Hui, C. Jianming och H. Dan, "The Performance Analysis Using Multiple Beams for RFID Warehouse Management System," i *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2010 IEEE 24th International Conference on, Perth, WA, 2010*.
- [9] D. Sheng, F. Tijun och H. Weili, "Analysis the Impact of the RFID Technology on Reducing Inventory Shrinkage," i *Optoelectronics and Image Processing (ICOIP), 2010 International Conference on, Haiko, 2010*.
- [10] I. Lee och B.-C. Lee, "Measuring the Value of RFID Investment: Focusing on RFID Budget Allocation," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 59, nr 4, pp. 551 - 559, 2011.
- [11] S. L. Garfinkel, A. Juels och R. Pappu, "RFID privacy: an overview of problems and proposed solutions," *IEEE Security & Privacy*, vol. 3, nr 3, pp. 34 - 43, 2005.
- [12] S. Paydar, I. R. Endut och A. Lajevardi, "Environmental Determinants of RFID Adoption in Retail Supply Chain, a Binary Logistic Regression Analysis," i *RFID-Technologies and Applications (RFID-TA), 2013 IEEE International Conference on, Johor Bahru, 2013*.
- [13] L. Yang, A. Rida, R. Vyas och M. Tentzeris, "RFID Tag and RF Structures on a Paper Substrate Using Inkjet-Printing Technology," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, nr 12, pp. 2894 - 2901, 2007.

- [14] V. Subramanian och et al, "Progress Toward Development of All-Printed RFID Tags: Materials, Processes, and Devices," *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, nr 7, pp. 1330 - 1338, 2005.
- [15] H. Cheng, W. Ni och N. Li, "A Systematic Scheme For Designing RFID Systems With High Object Detection Reliability," i *Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE), 2014 International Conference on*, Sapporo, 2014.
- [16] D. K. Klair, K.-W. Chin och R. Raad, "A Survey and Tutorial of RFID Anti-Collision Protocols," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 12, nr 3, pp. 400 - 421, 2010.
- [17] E. F. Golen, N. Shenoy och X. Cao, "A Low Latency Scheme for Bulk RFID Tag Reading," i *Wireless Communications and Networking Conference, 2008. WCNC 2008. IEEE*, Las Vegas, NV, 2008.