



Examensarbete

15 högskolepoäng, grundnivå

Övervakning med Bluetoothteknologi

Tracking with Bluetooth technology

Lawchak Aomed

Sivar Shwan Omar

Examen: Kandidatexamen 180 hp

Huvudämne: Data och Telekom

Program : Högskoleingenjör

Datum för slutseminarium: 2011-05-26

Examinator: Bengt J. Nilsson

Handledare: Ivan Kruzela

Sammanfattning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka möjligheten att skapa ett övervakningssystem där man tillämpar en passande teknologi på ett kreativt sätt. Applikationen som valdes är övervakning av dementa på ett ålderdomshem.

Två tänkbara teknologier för utvecklingen av systemet, RFID och Bluetooth, studeras och analyseras. Efter en utvärdering väljs Bluetooth och används för att konstruera ett prototypsystem. Ett antal systemexperiment med kommunikationen mellan systemkomponenterna utförs och en analys genomförs för att bedöma teknologins effektivitet och användbarhet.

Resultaten av systemexperimenten visar att det är möjligt att använda Bluetooth-teknologin för övervakning av människor inom ett visst bestämt område, till exempel ett ålderdomshem. Man kan detektera patienternas position och visa den för personalen på en datorskärm i en ritning över lokalerna.

Detta arbete ska ses som en grund för en framtida utveckling och konstruktion av ett operationellt system.

Abstract

The purpose of this thesis is to investigate the possibility of creating a monitoring system which applies a suitable technology in a creative way. The application chosen is the monitoring of persons with dementia in a retirement home.

Two possible technologies that can be used for the development of the system, RFID and Bluetooth, are studied and analyzed. After the evaluation, Bluetooth is selected and used to construct a prototype system. A number of system experiments with the communication between system components is performed and an analysis carried out to assess efficiency and usability of the technologies.

The results of the experimental system show that it is possible to use Bluetooth technology for the surveillance of people within a certain defined area, such as a retirement home. One can detect the position of patients and show it to staff on a computer screen in a plan of the premises.

This work should be seen as a basis for future development and construction of an operational system.

Innehåll

| | |
|--|----|
| Sammanfattning | 2 |
| Abstract | 2 |
| 1. Inledning | 6 |
| 1.1 Bakgrund | 6 |
| 1.2 Syfte | 6 |
| 1.3 Problemställningar | 6 |
| 1.4 Metod | 7 |
| 1.5 Ett liknande system | 7 |
| 2. Generell lösning | 7 |
| 2.1 Scenario | 7 |
| 2.2 Teknisk lösning | 8 |
| 3. Teoretisk bakgrund | 9 |
| 3.1 RFID | 9 |
| 3.2 Bluetooth | 11 |
| 3.2.1 Jämförelse mellan Inquiry och Paging | 13 |
| 3.3 Analys av teknologier | 14 |
| 4. Design av system | 15 |
| 4.1 Bluetooth-enhet | 16 |
| 4.2 Bluetooth-läsare | 16 |
| 4.3 Klient-server | 17 |
| 4.4 Komponentsamverkan | 17 |
| 5. Experiment | 20 |
| 5.1 Systemkomponenter | 20 |
| 5.2 Tester | 20 |
| 5.2.1 Test 1 – effekt av enheternas förflyttningshastighet | 20 |

| | |
|--|----|
| 5.2.2 Test 2 – effekten av avståndet mellan läsarna..... | 22 |
| 5.2.3 Test 3 – effekten av batterinivå..... | 24 |
| 5.3 Sammanfattning av experimentresultat | 26 |
| 6. Systemanalys | 26 |
| 6.1 Energikraven..... | 26 |
| 6.2 Säkerhet..... | 27 |
| 6.3 Upptäckningstid för enheter..... | 27 |
| 6.4 Triangulering | 27 |
| 6.5 Enhetsnamn..... | 28 |
| 6.6 Signalstyrka | 28 |
| 6.7 Upptäckbara enheter | 29 |
| 7. Slutsatser | 30 |
| 8. Framtida arbeten – vidareutveckling av systemet | 31 |

Figurförteckning

Figur 1: Illustration av en lokal som består av ett antal rum och en korridor emellan

Figur 2: Tänkbart system

Figur 3: Frekvensområde för RFID

Figur 4: Systembeskrivning

Figur 5: Enhet (Sony Ericsson X10 mini)

Figur 6: Bluetooth-dongel

Figur 7: Två enheter har detekterats av två olika läsare

Figur 8: Båda enheterna befinner sig inom en läsarens räckvidd(B)

Figur 9: Enheten befinner sig mitt i mellan läsarna

Figur 10: Experiment med 10 m avstånd

Figur 11: Experiment med 20 m avstånd

Figur 12: Experiment med 30 m avstånd

Figur 13: Experiment med läsare bakom en vägg

Figur 14: Triangulering

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Vem har ansvaret för en dement människa som är ute mitt i natten och som inte ens kommer ihåg sitt eget namn? De dementa på ålderdomshemmen tappar kontrollen över sig själva och försvinner från huset de bor i. Många av dem kan fara oerhört illa och inte helt sällan kan man läsa notiser i tidningen om äldre människor som tagit sig en promenad och förirrat sig i skogen.

För att undvika situationer som beskrivs ovan måste en lösning hittas där man kan upptäcka om dessa människor befinner sig i korridoren på ålderdomshemmet eller går ut från huset. En tänkbar möjlighet är att använda modern trådlös teknologi.

1.2 Syfte

Syftet och målet med vårt examensarbete är att:

- Utveckla och testa en prototyp för övervakning av äldre människor på ett ålderdomshem där personalen ska ha kontroll över dementa personer som ska övervakas
- Analysera olika teknologier för den tekniska lösningen och välja den lämpligaste
- Lära, fördjupa sig i och få en bättre förståelse för hur olika teknologier för detektering av närvaro fungerar med olika typer av enheter

I samråd med handledaren har vi valt att studera RFID och Bluetooth som alternativa lösningar för positionsdetektering.

1.3 Problemställningar

Vårt examensarbete utgår från följande frågeställningar:

- Vilken teknologi ska användas och hur är den uppbyggd?
- Vilka delar behövs till systemet och hur sker kommunikation mellan dem?
- Hur ska information presenteras för personalen?
- Vilken typ av enhet ska patienterna bära med sig för att bli upptäckta av de utplacerade läsarna?

Analys av etiska aspekter på övervakning ingår inte i examensarbetet. Men vi gör ändå några förfrågningar om vad lagen säger angående spårning av människor i olika former. Lagen säger att övervakning med kameror i enskilda rum samt inlåsning av personer i eget rum är förbjudet. Men ett övervakningssystem av den typ som vi ska studera kan eventuellt accepteras under förutsättningen att personens och anhörigas vilja och samtycke finns[14].

1.4 Metod

Metoden som används i arbetet är att till en början studera litteraturen om olika teknologier som kan utnyttjas till att detektera närvaro av människor i ett område. Dessa teknologier jämförs och analyseras. Därefter väljs den lämpliga teknologin som används för att lösa problemställningarna. Efter val av teknologi utvecklas en enkel form av övervakningssystem och olika tester görs. Vi genomför därefter ett antal systemexperiment och användartest genom att systemet implementeras på olika punkter. Slutligen analyserar vi och drar slutsatser om vad vi åstadkommer.

1.5 Ett liknande system

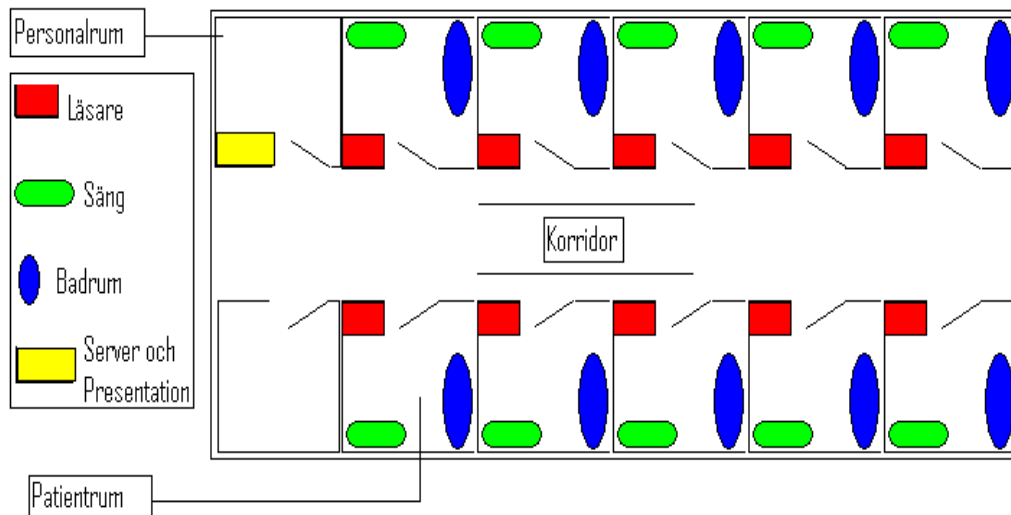
Ett liknande arbete har utförts av studenter på University of California at Irvine - "Building a Context-Aware Infrastructure using Bluetooth" [5]. Målet med deras forskning är inte övervakning av dementa människor utan att hjälpa personer att hitta rätt i en byggnad snabbt och enkelt med hjälp av Bluetooth. Vi kommer att studera och utgå från vissa delar av deras arbete som används för uppbyggandet av systemet.

2. Generell lösning

2.1 Scenario

För att ge en bättre förståelse av systemet beskriver vi nedan övervakningen i form av ett scenario:

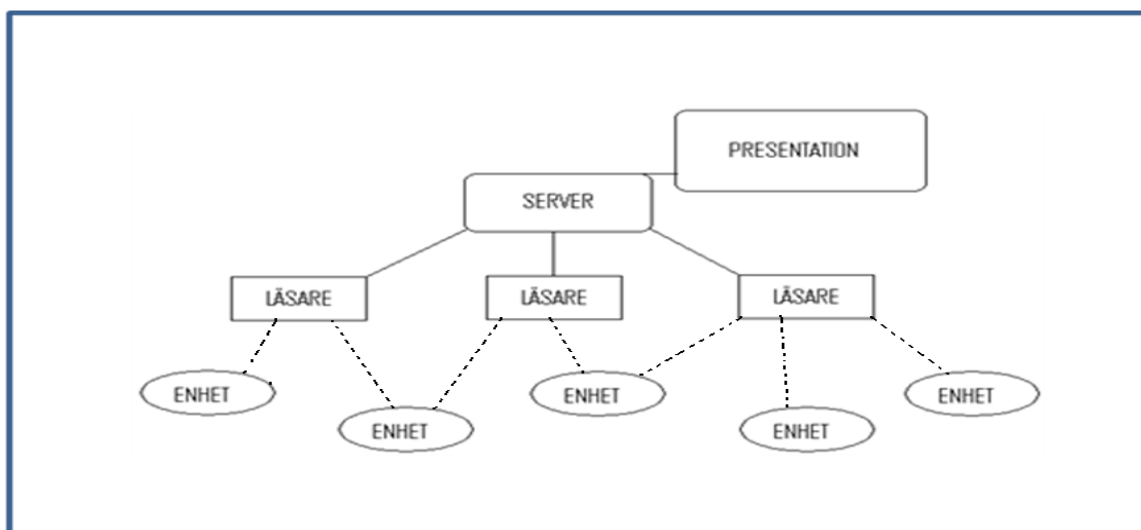
En natt sitter den 90-årige Karl i sitt rum som är en av lokalerna på ett ålderdomshem, se Fig. 1. Han går ut från rummet och tar en promenad längs korridoren till personalrummet och tillbaka. Under tiden Karl förflyttar sig längs rummen i korridoren visas hans förflyttning på en skärm för personalen som sitter i en avgränsande lokal, och kan se var han befinner sig.



Figur 1: Illustration av en lokal som består av ett antal rum och en korridor emellan

2.2 Teknisk lösning

En lämplig lösning kan vara att varje person som ska övervakas bär med sig en enhet som gör det möjligt att upptäcka hans/hennes position. Man placerar ut ett antal enhetsläsare i lokalens olika rum eller i korridoren, se Fig. 2. Dessa läsare ska kommunicera med en server som tar emot information från läsarna (patientens position) och visar resultatet på en datorskärm (Presentation) för personalen. Varje läsare ska ha kapaciteten att detektera flera enheter samtidigt, med tanke på att flera personer kan närvara vid en läsare. Enheterna som bärs av människor som övervakas ska kunna upptäckas kontinuerligt. Presentationen ska vara användarvänlig för personalen, man ska enkelt kunna se vilka personer som förflyttar sig i huset. Figuren nedan illustrerar en tänkbar lösning.



Figur 2: Tänkbart system

3. Teoretisk bakgrund

För att underlätta för en läsare som inte är bevandrad i RFID och Bluetooth presenterar vi i det följande en kort sammanfattning om dessa teknologier.

3.1 RFID

RFID som står för Radio Frequency Identification är en trådlös teknologi som används bland annat för att identifiera, lagra information och spåra enskilda objekt. Huvudkomponenterna i ett RFID-system är en "Läsare", ett antal "Taggar" eller så kallade RFID-transponder som sätts fast vid objektet man vill identifiera och ett databehandlingssystem som läser in data från en läsare för att få information om objektet. Data i taggen överförs till läsaren då taggen är inom räckhåll för läsaren, varje tagg tilldelas ett unikt ID-nummer för att igenkännas av läsarna.

Det finns tre olika typer av RFID-taggar: Passiva, Semipassiva och Aktiva. Den vanligaste typen är de som kallas passiva, där taggen inte har egen energikälla utan får en kortvarig ström från läsaren. Detta tack vare att en tillräcklig spänning i taggen skapas av läsarens antenn genom induktion. Till skillnad från passiva använder aktiva och semipassiva taggar batteri som energikälla, vilket gör att det alltid finns energi i chippet. Avstånd för att skriva eller läsa till ett RFID-tag beror på vald frekvens, fysisk storlek, miljöfaktorer, mm.

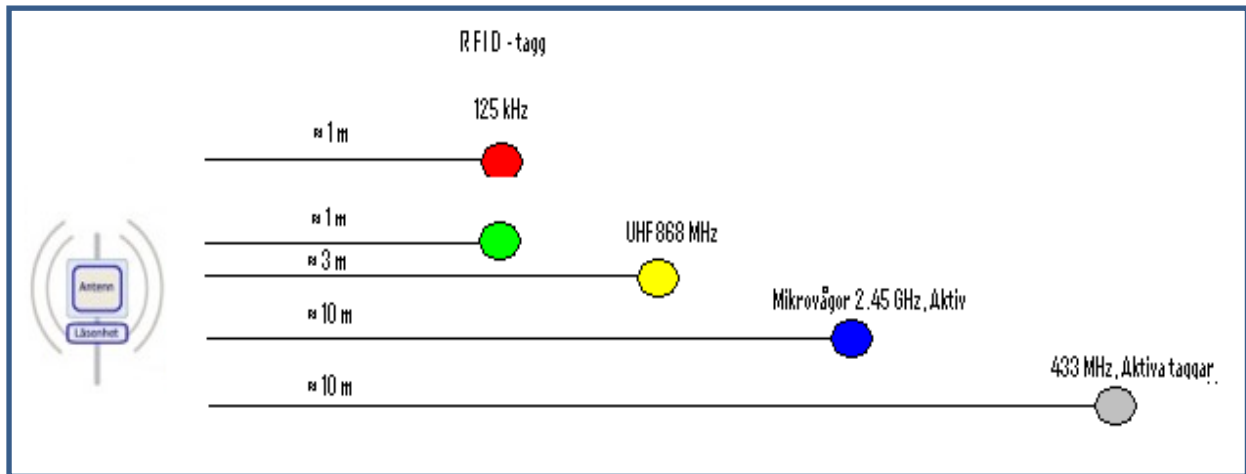
RFID har ett brett användningsområde och många tillämpningar. De allra vanligaste är busskort, liftkort, passering genom tullar, betalstationer, pass, stöldskydd i butiker, bokningssystem och bibliotek[11] [9].

Kommunikation

Kommunikationskanalerna som används för frekvenskommunikationen isoleras genom att använda olika frekvensområden. Frekvenser som får användas för RFID fastställs genom internationella överenskommelser. Frekvensområden som är tillåtna i USA kan vara förbjudna på andra kontinenter som till exempel i Europa. I USA används 902 – 928 MHz-frekvensen för UHF-tekniken (som är den senaste RFID-tekniken) och denna frekvens kolliderar med Europas mobiltelefonfrekvens. På grund av det använder man frekvensen 865 – 868 MHz i Europa. Därför skiljer sig frekvensfördelningen från en kontinent till en annan.

När det gäller passiva taggar kan man i princip säga ju högre frekvens en tagg använder desto längre avstånd kan överföringen använda. Orsaken är att höga frekvenser har antenner som endast går i en riktning, däremot har låga frekvenser rundstående antenner vilket innebär att man läser lika bra på

antennens framsida som baksida. Figuren nedan förklarar hur avstånd för taggar är beroende av den frekvens man använder [12].



Figur 3: Frekvensområde för RFID

Passiv

Passiva taggar har inte en egen strömförsörjning, de fungerar med hjälp av läsaren. Läsaren skickar ut radiosignal kontinuerligt genom sin antenn och när en tagg placeras nära antennen fångas radiosignalen upp av taggen. Efter mottagningen av signalen omvandlar taggen denna signal till energi för att ge kraft till elektroniken i taggen, alltså för att kunna drivas. Antennen i passiva taggar är skapade för att ta emot och skicka en utgående signal i taget. De har kapacitet att läsas från 2 centimeter upp till 10 meter. Avståndet beror på vilken standard och frekvens man använder, storlek på spolen i taggen samt utseendet av omgivningen.

En fördel med denna form av tagg är att den inte har något batteri och även har väldigt lång livslängd, dessutom är det billigare att tillverka passiva taggar jämfört med de aktiva [1][2].

Aktiv

Det som skiljer en aktiv tagg från en passiv sådan är strömkällan (batteri) som är inbyggt i taggen och används för att driva komponenten i sig. Detta gör kommunikationen mycket mer pålitlig. Räckvidden för signalerna når över 100 meter och överföringshastigheten blir betydligt snabbare och batterierna kan trots allt hålla upp emot 10 år.

En nackdel med aktiv RFID-taggar är att man bara endast kan använda sig av en frekvens. Detta gör att om en annan RFID-taggar med samma frekvens jobbar inom samma område, kan de störas av varandra. Aktiva taggar är också större än de passiva och är mycket dyrare att tillverka [1][2].

Semi-passiv

Semi-passiva taggar är väldigt lika passiva taggar. Men semi-passiva taggar har som aktiva taggar inbyggt batteri vilket gör att ström alltid finns i chipet. Semi-passiva taggar har även längre räckvidd och är snabbare än passiva taggar [1][2].

3.2 Bluetooth

Bluetooth är en teknik för trådlös kommunikation som har som syfte att binda samman olika typer av enheter. Namnet Bluetooth härstammar från den danska vikingakungen Harald Blåtand som levde under 900-talet och som var känd för sin insats att få människor att kommunicera mer med varandra. Under 1990-talet gjordes en förstudie i Lund om att hitta en trådlös förbindelse över korta avstånd för att sammankoppla mobiltelefoner, datorer, skrivare m.m. Därför utvecklades 1999 den första Bluetoothspecifikationen. Användningen går till på så sätt att två enheter måste "paras" först. Den ena enheten sätter sig i ett läge som kallas "upptäckbar" och den andra väljer att "upptäcka". Man tilldelar sedan ett lösenord som skrivs in på båda enheterna därefter är enheterna "parade" och är redo att kommunicera [3] [13].

Det finns tre olika typer (klasser) av Bluetooth, som har olika räckvidd, beroende på vilken Bluetooth-klass man använder sig av [13]. Tabell 1 visar skillnaden mellan de olika klasserna:

| Klass | Minimal Sändareffekt | Maximal Sändareffekt | Minimum räckvidd | Tillämpning |
|---------|----------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Klass 1 | 0 dBm (1mW) | 20 dBm(100mW) | <100m | Ej strömbegränsad |
| Klass2 | -7 dBm (0.25mW) | 4 dBm(2.5mW) | <10m | Batteridrivna |
| Klass3 | 0 dBm (1mW) | 0 dBm (1mW) | <5m | Batteridrivna |

Tabell1: Bluetooth egenskaper

Kommunikation

Bluetooth utnyttjar frekvenshoppningsteknik med hela 1600 hopp/sekund (1 MHz-band) för att på bästa sätt arbeta mot störningar. Det innebär att Bluetooth-kommunikation använder sig av det licensfria frekvensspektrumet (2.40–2.48 GHz). Då en enhet/mobil skickar en förfrågning eller fil till en annan enhet kommer filen att tas emot som paket och det senast skickade paketet kommer att ligga på en frekvens. Paket kan dock förloras på grund av störningar från andra närliggande trådlösa teknologier, i sådant fall skickas paketet om på en annan frekvens. Bluetooth-enheter som kommunicerar med varandra måste vara synkroniserade (Timade) mot en klocka för att på ett enklare sätt kunna följa frekvenshoppningen [4][12].

Egenskaper

Vi räknar här upp några av de viktigaste egenskaper inom Bluetoothteknologin:

- Kan ansluta upp till 7 enheter samtidigt
- Använder sig av relativt låg bithastighet - kring 720 kbps
- Billig teknik
- Energisnål – 0,3 mA i viloläge och 30 mA maximalt under kommunikation
- Bluetooth använder det licensfria frekvensområdet på 2.40–2.48 GHz [13]

Bluetooth-stacken

Bluetooth-stacken delas upp i olika lager, där varje enskild lager har ett antal funktioner. Nedan beskrivs kortfattat fyra funktioner i lagret *Bluetooth Core Protocol* som utnyttjas till det tänkta övervakningssystemet och som är viktiga att känna till:

Bluetooth Core Protocols

- **Radiolänk:** Har koll på vilka frekvenser sändare respektive mottagare ska använda.
- **Base band:** Base band tar hand om regler för fördelning av fysiska kanaler, paketformat, fel kontroll, ljud, hopp, säkerhet och enhetsadressering.
- **LMP:** Som står för *Link Manager Protocol* sätter upp och sköter logiska kanaler. Kontrollerar läget för *Mastern* och andra *Slavar*.
- **SDP:** Service Discovery Protocol har som uppgift att söka efter andra Bluetooth-enheter och dess funktionaliteter[3].

3.2.1 Jämförelse mellan Inquiry och Paging

Om Bluetooth-enheter ska kunna kommunicera krävs det att de känner till varandra och att de har någon typ av uppkoppling etablerad. Bluetooth specificerar två procedurer för detta, den ena är *Inquiry-procedur* och den andra är *Paging-procedur*. Nedan beskrivs de olika procedurerna och skillnaderna mellan dem.

Inquiry

En Inquiry-procedur används då en Bluetooth-enhet vill hitta en annan enhet inom sin räckvidd. Då en enhet söker efter och hittar andra närliggande enheter skickas en begäran (förfråga). Enheter som är satta i upptäckbart läge lyssnar efter denna förfrågan. När en förfråga kommer fram till en upptäckbar enhet reagerar den genom att svara på förfrågan som innehåller information som Bluetooth-namn, Bluetooth-adress, Bluetooth-klass och Signalstyrkan. Enheten som skickar förfrågan kallas för *Inquiry-device* och den som svarar kallas för *discoverable-device*. En *Inquiry-device* kan få svar från flera *discoverable-devices* [5][11].

Paging

Paging-proceduren består av en *Paging-enhet* och en anslutande enhet, som används för att koppla ihop två enheter då enheterna vill fortsätta kommunicera med varandra. Precis som vid *Inquiry-proceduren* skickar *Paging-proceduren* en förfrågan. Men skillnaden från *inquiry* som är öppet att lyssna efter enheter är att förfrågan i *paging* är endast specificerad till en enhet. Därför måste *Paging-enheten* ha viss information om den *anslutande-enheten*, därefter svarar den på förfrågan och en anslutning skapas mellan enheterna.

Det är viktigt att förstå skillnaden mellan *Inquiry* och *Paging*. Ett spårningssystem med hjälp av Bluetooth bör endast identifiera enheter inom en infrastruktur. Det innebär att spårningssystemet inte behöver koppla ihop två enheter för fortsatt kommunikation, utan det räcker med att enheter detekteras [5][11].

3.3 Analys av teknologier

Efter att ha studerat, jämfört och analyserat dessa två teknologier har vi kommit fram till att både RFID och Bluetooth har de egenskaper som krävs för ett sådant övervakningssystem som vi vill implementera.

- Enheterna från dessa två teknologier som ska bäras av de som ska övervakas är små och har låg vikt.
- Den räckvidd som krävs för att realisera (10-20 m) ett övervakningssystem uppfylls och dessutom sköts kommunikationen mellan läsare och enheter på ett effektivt sätt (med radiovågor).
- Både Bluetooth och RFID-läsare kan lätt integreras med ett övervakningssystem

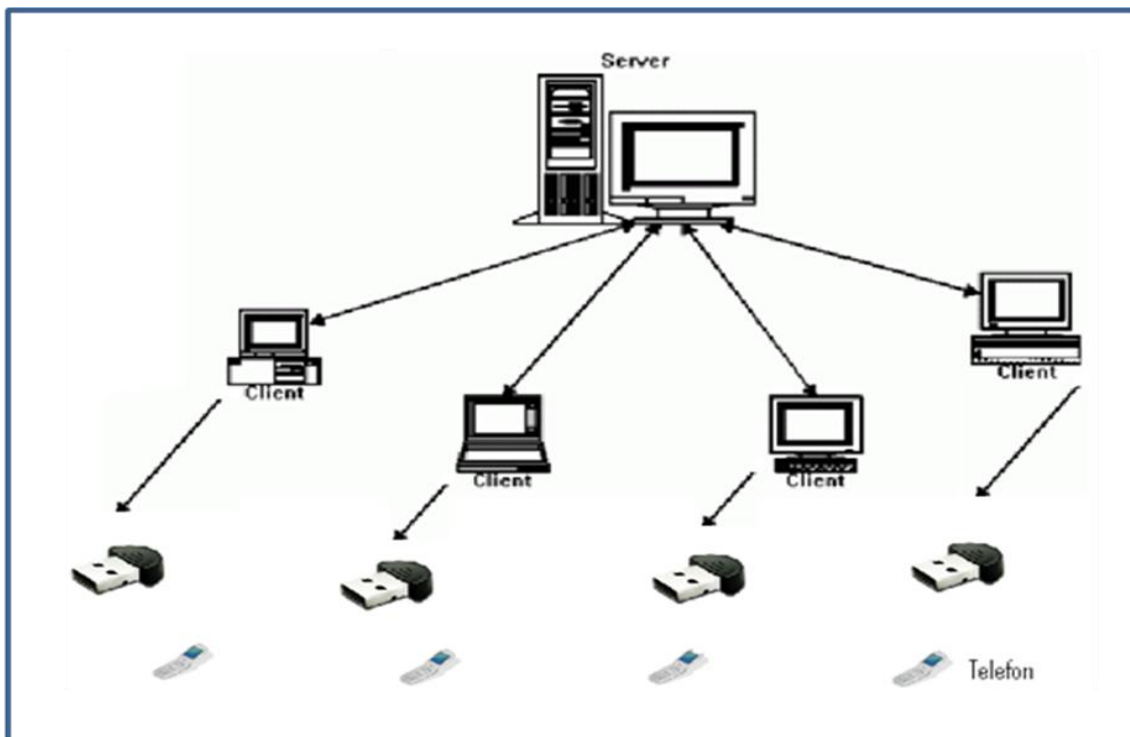
En nackdel kan vara att aktiva RFID taggar använder samma frekvens vilket kan orsaka störningar när två aktiva RFID system jobbar i samma område.

När det gäller val av teknologi för vårt övervakningssystem föredrar vi att använda Bluetooth. En av anledningarna är att ett system med Bluetooth inte har testats tidigare och därför är det för oss mer intressant. Därför vill vi undersöka och se möjligheterna med denna teknologi. Andra skäl är dels att Bluetooth är mer tillgänglig och snart finns i nästan alla mobiltelefoner och dels att den är lättanvänd. Man kan också anta att i nära framtiden kommer alla människor att ha en mobiltelefon med Bluetooth-funktion som gör att det behövs inga investeringar i enheter, patienten har den redan.

4. Design av system

Systemet som vi utvecklar består av fyra delar, se Fig 4. En mobiltelefon med Bluetooth-enhet, en statisk Bluetooth-läsare (så kallad dongel), ett antal klientdatorer och en serverdator.

Information över var personer befinner sig visas på serverdatorns skärm för personalen. Donglarna placeras på olika ställen i byggnaden, de har förmågan att söka och upptäcka Bluetooth-enheter inom 10-meters avstånd. Donglarna kommer i sin tur att kommunicera med den klient-dator som dongeln är kopplad till, sedan överförs informationen vidare till en server/basstation och resultatet om vilka Bluetooth-enheter som upptäckts vid vilka Donglar kommer att visas på skärmen. Skärmen ska dessutom visa när någon enhet förlorar kontakt med en dongel och även visa då den upptäcks av en annan dongel. Mobiltelefonerna som ska upptäckas måste vara upptäckbara (Bluetooth påslagen) då det är viktigt att donglarna kan upptäcka dem.



Figur 4: Systembeskrivning

4.1 Bluetooth-enhet

En Bluetooth-enhet erbjuder sin information till en läsare som regelbundet söker efter Bluetooth-enheter. En användare bär en Bluetooth-enhet som t.ex. en mobiltelefon som har förmågan att lyssna och svara på Bluetooth-förfrågningar från en läsare genom att lämna över sina uppgifter (telefonnamn, unik Bluetooth adress, ...). Det som krävs av denna enhet är att den kan skicka sin information till olika läsare utan att behöva veta något om mottagarna. Information från läsaren använder systemet för att hålla reda på var enheten (egentligen patienten) rör sig längs en infrastruktur.

Eftersom användningen av Bluetoothfunktionalitet i mobila enheter har utvecklats enormt under de senaste tio åren behövs det inte några nya avancerade applikationer för att konstruera vårt system, man kan använda det som redan finns inbyggd i de moderna enheterna.



Figur 5: Enhet (Sony Ericsson X10 mini)

4.2 Bluetooth-läsare

Den statiska Bluetooth-läsaren (Dongel) fungerar som en förfrågningsenhet och har som uppgift att söka efter Bluetooth-enheter inom sin räckvidd (ca 10 m). Olika versioner av Bluetooth standard har olika repetitionsfrekvenser. I examensarbetet användes standard 2.1 med repetitionsfrekvens 5 sekunder. Därefter kommunicerar läsaren med en server genom en klient och informerar den om enheter som upptäckts. I infrastrukturen finns det ett antal Bluetooth-läsare som är strategiskt placerade vid olika fasta punkter. Varje läsare skickar förfrågningar i form av paket, tar emot svaren från enheten och vidarebefordrar svaret till en server via en klient. För detta ändamål kör varje läsare ett litet program som kontinuerligt frågar efter Bluetooth-enheter samt pratar med servern.

Varje läsare ska identifiera sig till servern så att denna blir informerad om från vilken läsare informationen kommer ifrån.



Figur 6: Bluetooth-dongel

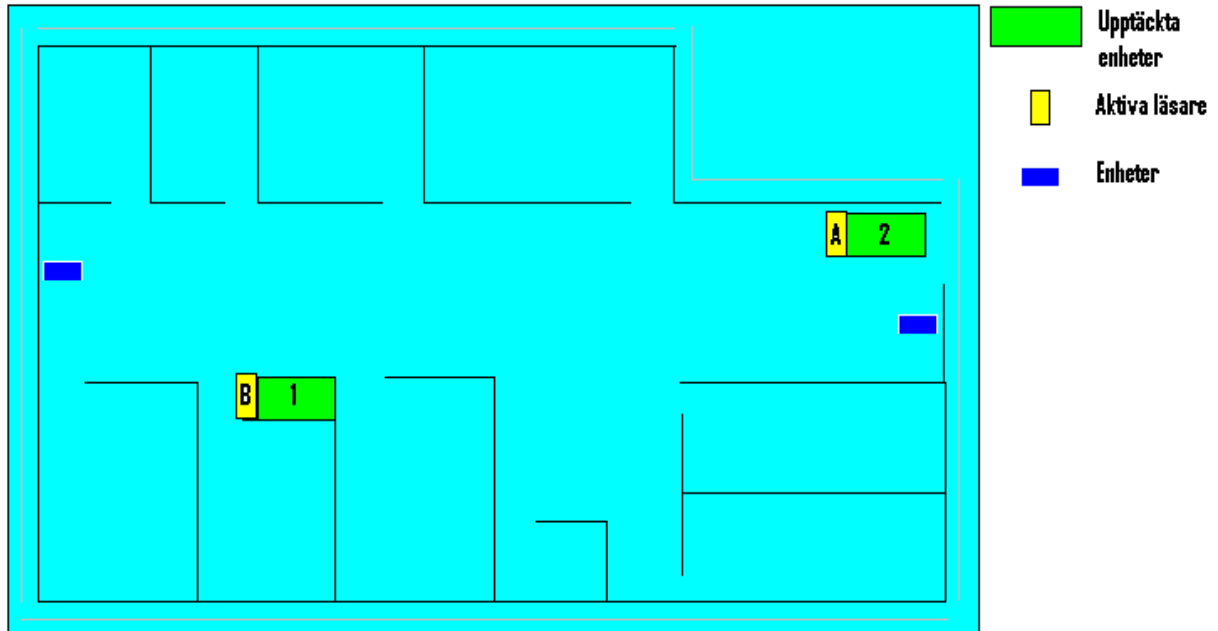
4.3 Klient-server

Servern är en central del i systemutvecklingen som tar emot inkommen information från ett antal klienter. En klient tar emot händelser från en Bluetooth-läsare om antalet enheter som upptäckts. Klienten sitter därför i samma dator som läsaren för att effektivt vidarebefordra händelserna till servern. Varje klient har ett unikt namn för att särskilja de olika klienterna i systemet och även för att veta vilken klient som tar information från en aktiv läsare. När man exekverar en klient söker den först efter aktiva Bluetooth-läsare i datorn. Om en Bluetooth-läsare upptäcks vid sökningen etableras en koppling mellan läsaren och klienten och därmed blir servern informerad om att en klient med aktivt Bluetooth har startats, annars visas ett meddelande som säger att kopplingen misslyckades. Det är viktigt att datorerna har tillgång till internet för att kommunikationen mellan server och klienter ska fungera.

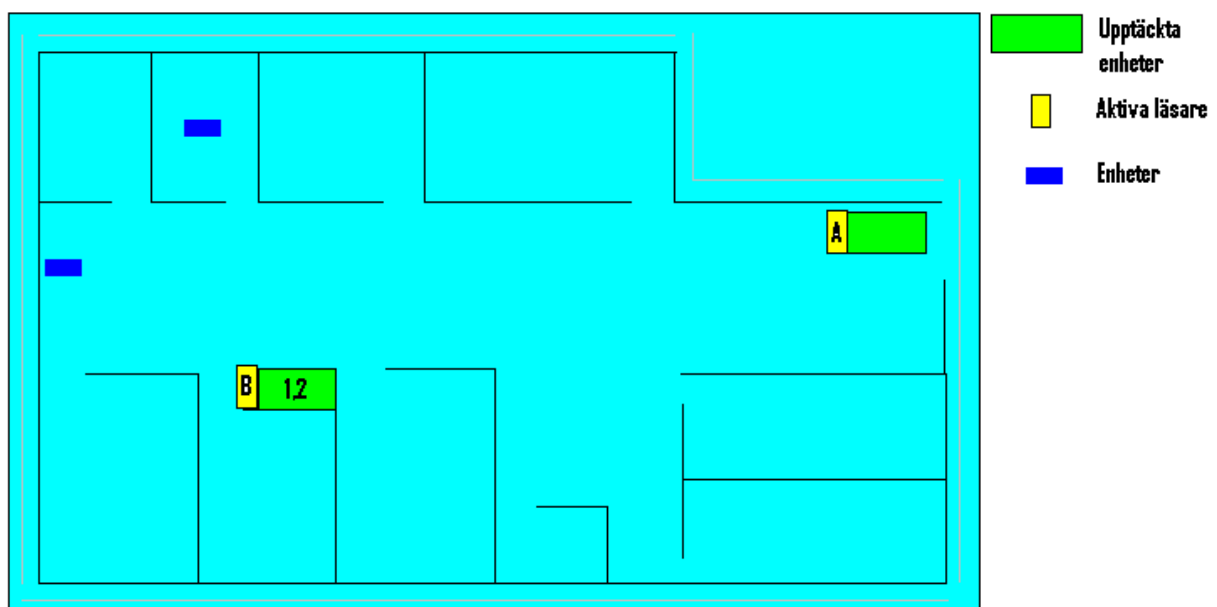
4.4 Komponentssamverkan

I detta avsnitt förklarar vi hur de olika komponenterna samverkar med varandra för att bestämma var en person befinner sig. Klienten frågar var femte sekund de aktiverade läsarna om nya Bluetooth-enheter i närheten. Då en användare med upptäckbar Bluetooth-enhet befinner sig inom räckvidden för en av läsarna, detekteras enheten av läsaren och via klienten överförs dess information till servern. Servern tar emot informationen och visar den upptäckta enheten som ett nummer (beroende på vilket nummer man har lagrat enheten i systemet) på den aktiva läsaren, se figur 7-9 nedan. Då enheten flyttar sig till en annan läsare, kommer den första läsaren att förlora enheten och därefter detekterar den andra läsaren enheten och vidarebefordrar informationen till servern. Om

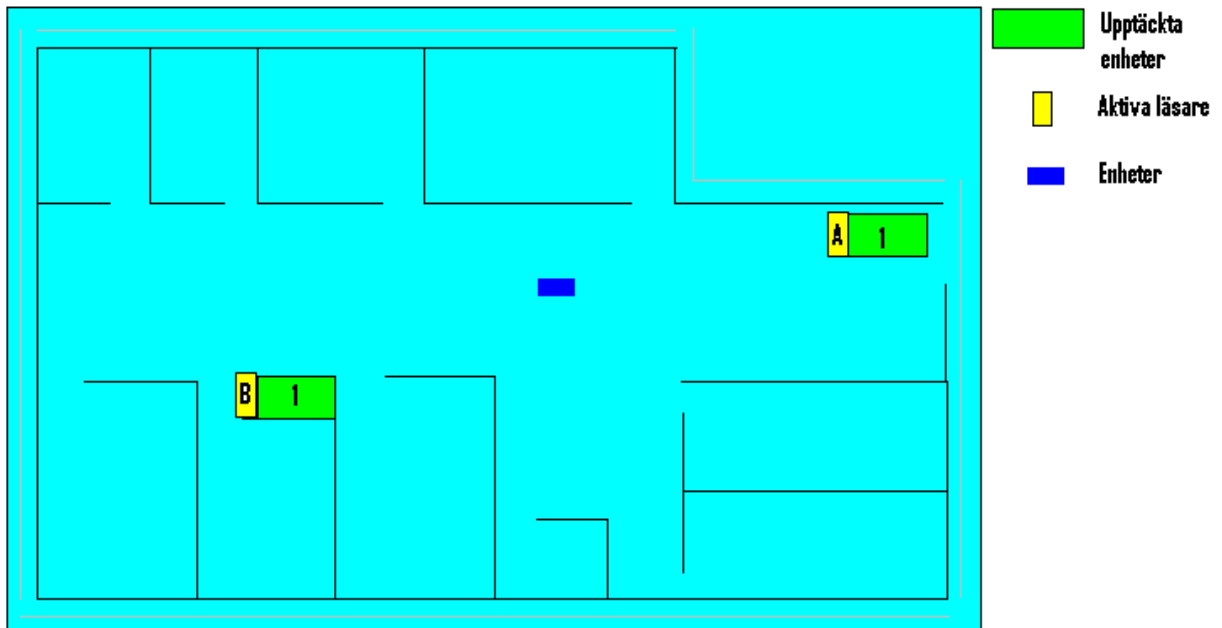
två läsare detekterar samma enhet samtidigt då vet man att enheten befinner sig mitt i mellan de två läsarna.



Figur 7: Två enheter har detekterats av två olika läsare



Figur 8: Båda enheterna befinner sig inom en läsarens räckvidd (B)



Figur 9: Enheten befinner sig mitt i mellan läsarna

5. Experiment

Ett antal systemexperiment med detektering av mobila enheter i olika situationer har utförts. Avsikten är att bedöma lämpligheten, effektiviteten och begränsningar av Bluetooth-teknologin i den tänkta applikationen.

Tester genomförs på Malmö högskolans (TS) C-plan. En variant av Test 2, med läsaren bakom väggen, genomfördes också på plan B.

5.1 Systemkomponenter

Hårdvaran i vårt experimentella system består av

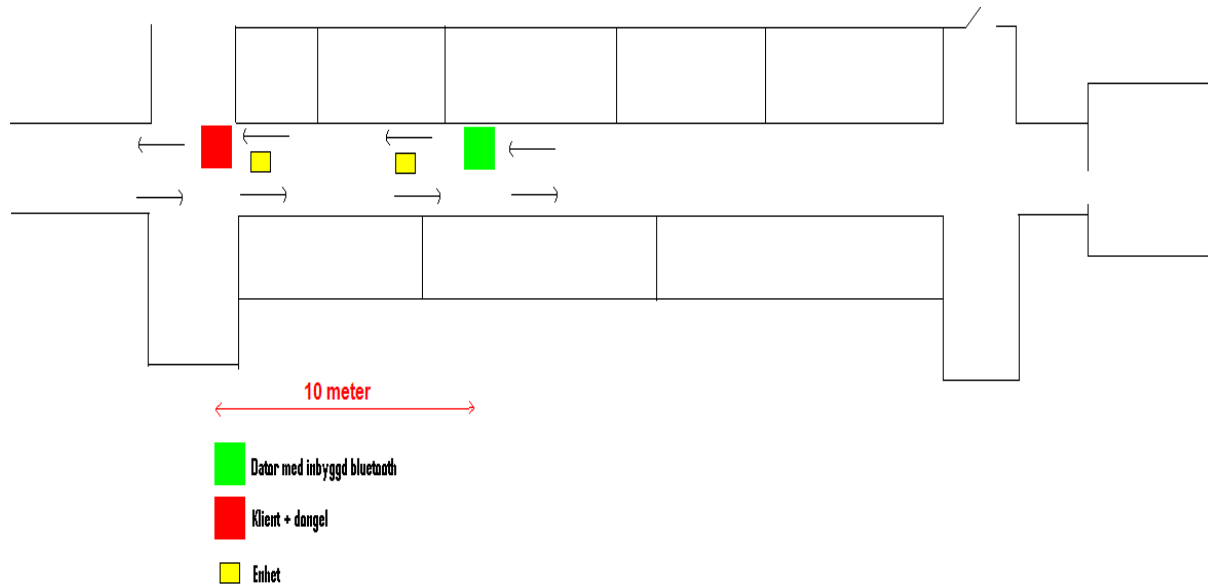
- Två Bluetoothläsare, en inbyggd i en klientdator och en extern dongel, ansluten till en klientdator. Läsarna arbetade enligt Bluetooth standard 2.1.
- Två klientdatorer
- En serverdator.
- Fyra Bluetooth-enheter: Nokia N73, Nokia 2760, iPhone 3G och Sony Ericsson X10.

5.2 Tester

5.2.1 Test 1 – effekt av enheternas förflyttningshastighet

Klientdatorerna med läsarna placeras längs en korridor med 10 meters mellanrum, se Fig. 10. Servern exekverar på en separat dator i ett angränsat rum. Vi testar att flera gånger gå förbi båda läsarna fram och tillbaka med Bluetooth-enheterna (Nokia 2760, Nokia N73, iPhone 3G och Sony Ericsson X10) i upptäckbart läge.

Den tänkta funktionen, viktig för vår applikation, är följande. När enheterna befinner sig vid första läsaren detekteras de genom att de svarar på förfrågningar från läsaren. Förfrågan skickas var femte sekund i Bluetooth 2.1. När de befinner sig mellan båda läsarna detekterar båda läsaren enheterna samtidigt. Då enheterna befinner sig vid andra läsaren och sedan lite längre bort ifrån den, förlorar första läsaren enheterna, men den andra läsaren har fortfarande dem detekterad tills de är ännu längre bort ifrån läsaren och då förlorar även den andra läsaren enheterna helt.



Figur 10: Experiment med 10 m avstånd mellan läsarna

Testet genomförs med olika gånghastigheterna för att bedöma hur dessa påverkar upptäckt av Bluetoothenheter.

Till en början testar vi att gå med enheterna förbi läsarna med en hastighet på cirka 1.0 m/s (3.6 km/t) . Resultatet blir som förväntad och som vi beskriver ovan. Därefter testar vi hastigheten 1.5 m/s (5.4 km/t) , enheterna detekteras. Vid hastigheten 2.0 m/s (7,2 km/t) och 2.5 m/s (9 km/t) detekterar ingen av läsarna enheterna längre. Resultaten, samma för samtliga enheter, är sammanfattade i Tabell 2.

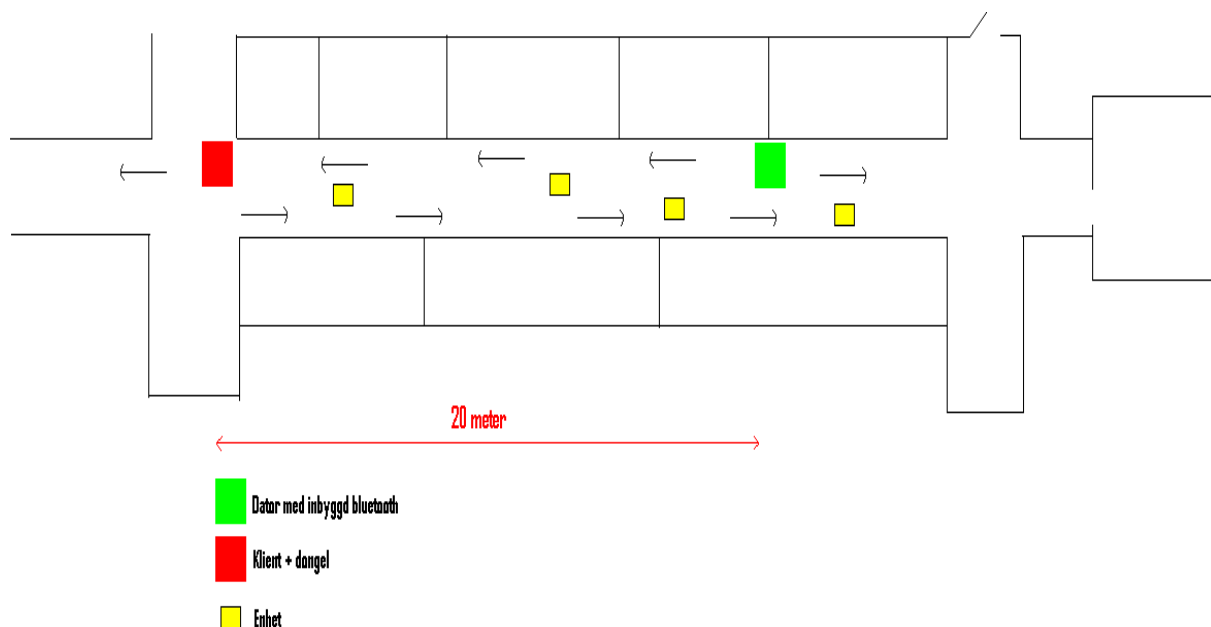
| Gånghastighet m/s | Enhetsdetektering av läsarna |
|----------------------|---------------------------------|
| 2.5 | Ej detekterad |
| 2.0 | Ej detekterad |
| 1.5 | Detekterad |
| 1.0 | Detekterad |

Tabell 2: Detektering av enheter

Förklaring: "Detekterad" i Tabell 2 betyder att vid förflyttningen detekterades enheten först endast av den första läsaren, sedan av båda två och slutligen endast av den andre. "Ej detekterad" betyder att någon av läsarna missade enheten.

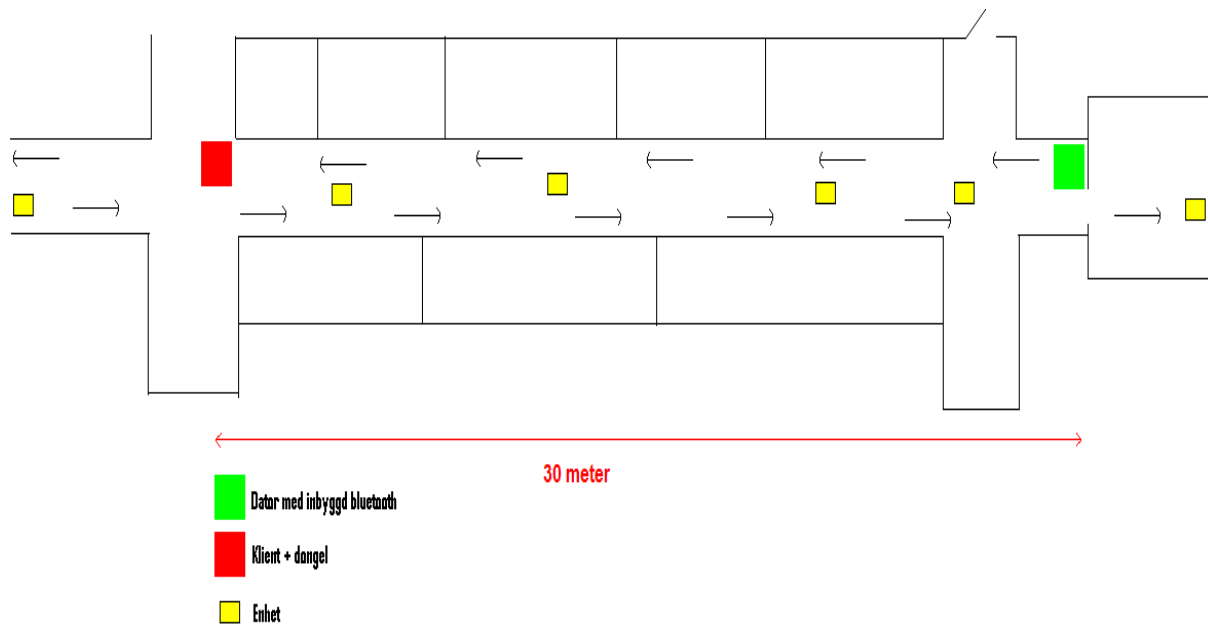
5.2.2 Test 2 – effekten av avståndet mellan läsarna

Efter vår första test flyttar vi läsarna längre bort från varandra, den här gången med 20 meters avstånd, se Fig. 11. Vi får samma resultat som vid första testet med 10 meter emellan läsarna. Anledningen till varför vi får samma resultat är att för att det är fri sikt mellan läsarna och även om den garanterade räckvidd är endast 10 m är den verkliga räckvidden längre.



Figur 11: Experiment med 20 m avstånd mellan läsarna

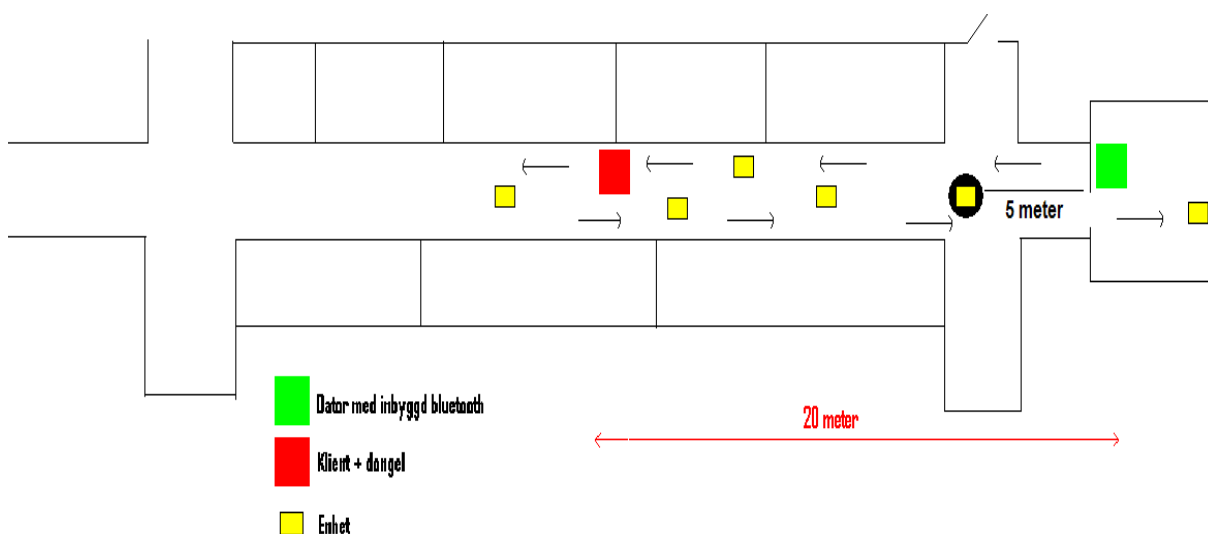
När vi ökar avståndet mellan läsarna till 30 m detekteras inte enheten av läsarna då enheten befinner sig mitt i mellan dem, se Fig 12. Anledningen är att det bildas en 10 meters lucka mellan läsarna som enheten kan befinna sig på, utan att bli detekterad. Detta eftersom varje läsare har endast 10 meters räckvidd. När enheten är vid den röda läsaren kan endast den detektera enheten, därför att i detta fall är enheten 30 meter bort från gröna läsaren, vilket innebär att den gröna läsaren inte kan detektera enheten.



Figur 12: Experiment med 30 m avstånd

När vi utför samma test med 20 meter avstånd fast med fysiska väggar mellan en läsare blir resultatet annorlunda. För detta placerar vi en läsare bakom en vägg (se figur 13) och den andra läsaren har fri sikt. När vi med enheten befinner oss exakt i mitten mellan läsarna kan endast den som har fri sikt detektera enheten. Läsaren som är placerad bakom väggen detekterar enheten först när avståndet är ca 5 m. Anledningen är att väggen försvagar signalstyrkan.

För jämförelse gjordes liknande experiment på plan B. Enheten bakom väggen kunde detekteras först när avståndet var mindre än 3 m.



Figur 13: Experiment med en läsare bakom en vägg

5.2.3 Test 3 – effekten av batterinivå

Nästa steg i experimentet är att testa de nämnda enheterna på samma sätt som ovan, att gå förbi läsarna med Bluetooth påslagen, men med lägre batterinivå för att bedöma ifall energinivån hos enheterna påverkar detekteringen. När testet utförs är iPhone 3G fulladdad, Nokia N73 cirka halv laddad och Nokia 2760 har väldigt låg batterinivå. Testet resulterar i att det inte blir någon skillnad från tidigare tester ovan. Detta beror på att Bluetooth är mer energisnål vid detektering än vid överföring av information mellan enheterna. Oavsett batterinivå på en enhet kan en Bluetooth-läsare detektera enheter.

Ett ytterligare viktigt test som vi utför är att undersöka hur Bluetooth påverkar energin hos en enhet, med andra ord hur mycket påverkas telefonens användningstid. För detta använder vi först en fulladdad Sony Ericsson X10 mobiltelefon med Bluetooth-funktion avslagen under tio timmar. Sedan kör vi samma test med samma mobiltelefon men med lägre batterinivå (50 % och 25 %). Anledningen till det antalet timmar är för att systemet är tänkt att vara uppe under dessa timmar på nätterna. Under den tiden sjunker batterinivån från 100 % till 98 %, då inga andra funktioner i telefonen används. Nästa steg i experimentet är att köra om samma test fast med Bluetooth-funktion påslagen som upptäckbar läge (i viloläge). Därmed sjunker batterinivån från 100 % ner till 95 %. Resultatet visar samma även då testet utförs med lägre batterinivå hos mobiltelefonerna, d.v.s. att batteriet sjunker med 5 % under dessa timmar.

Testresultatet visar att en enhet med Bluetooth påslagen förbrukar endast 3 % -enheter mer än den vanliga batteriförbrukningen, alltså med Bluetooth avslagen. Batteriet hos Sony Ericsson X10 har kapaciteten 1500 mAh när den är fulladdad. Om vi omvandlar testskillnaden från procent till ström får vi resultat som visas i Tabell 3.

| | Förbrukad energi | Batterinivå i procent |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Bluetooth avslagen under 10 timmar | 1470mAh av 1500mAh | 2 % |
| Bluetooth påslagen under 10 timmar | 1425mAh av 1500mAh | 5 % |
| Bluetooth avslagen under ett dygn | 1425mAh av 1500mAh | 5 % |
| Bluetooth påslagen under ett dygn | 1320mAh av 1500mAh | 12 % |

Tabell 3: Omvandling

Enligt tabellen ser vi att Bluetooth-funktionen har förbrukat 45 mA under dessa tio timmar, vilket motsvarar ström på 4,5 mA. Detta resultat kanske skiljer sig från en enhet till en annan, eftersom olika mobilenheter använder olika Bluetooth-standarder. Resultatet kan också variera beroende på storleken och kapaciteten på enhetens batteri. Strömåtgången är linjär över tiden, alltså ju längre mobiltelefonen används med Bluetooth påslagen desto mer energi går förlorad. Vilket innebär att det inte spelar någon roll hur mycket energi batteriet har från början.

Under tio timmar sjunker batteriet med 75 mA då Bluetooth är påslagen vilket motsvarar 5 % av batteriets 1500mA. Detta förklarar att batteriet kan räcka till 20 dygn under en förutsättning att mobiltelefonen används med Bluetooth påslagen endast tio timmar per dygn. Se beräkning:

$$1500mAh/75mA = 20 \text{ dygn}$$

Om dessa enheter skulle användas kontinuerligt (d.v.s. 24 timmar med Bluetooth påslagen) med aktiverat Bluetooth, utan att dagligen först aktivera den under tio timmar och sedan avaktivera Bluetooth-funktionen i enheten kommer batteriet att räcka till ca åtta dygn. Därför att batteriet under ett dygn med Bluetooth aktiverad drar 180mA. Detta resultat får vi genom att vi testar mobiltelefonen med Bluetooth påslagen under ett helt dygn för att se hur mycket energi går förlorad. Se beräkningen nedan. På detta sätt kan man ladda enheterna var åttonde dygn och låta Bluetooth vara aktiverad hela tiden istället för att aktivera/avaktivera enheterna dagligen under tio timmar.

$$1500mAh/180mA = 8.33 \text{ dygn}$$

Kommentar: Experimentet utfördes endast med Sony Ericsson X10 eftersom det är den enda mobiltelefon som visade förlorad energi i procent.

5.3 Sammanfattning av experimentresultat

Efter genomförande av testerna har vi kommit fram till följande slutsatser:

- Om man går med en normal gånghastighet (under 1.5 m/s) kunde båda läsarna, på avstånd 10 m från varandra, detektera enheten och när enheten befann sig mitt i mellan läsarna detekterades den av båda läsarna samtidigt.
- Vid gånghastighet över 1.5 m/s blir det mindre sannolikt att enheterna detekteras av läsarna. Detta beror på hur lång tid det tar för Bluetooth-läsaren att uppdateras, vilken i sin tur beror på Bluetooth-versionen man använder.
- Bluetooth-läsarna kan upptäcka enheter på tjugo meters avstånd vid fri sikt mellan läsarna.
- Väggar påverkar möjlighet till detekteringen negativt, signalen blir svagare och räckvidden mindre. Exakt hur mycket beror på materialet i väggarna.
- Energinivån hos enheterna påverkar inte detektering.
- Bluetooth drar väldigt lite ström i viloläge, 4,5 mA.
- Om man använder fulladdad Sony Ericssons X10 med Bluetooth påslagen under tio timmar kommer batteriet att räcka till 20 dagar och 8.3 dagar med Bluetooth påslagen dygnet runt.

6. Systemanalys

6.1 Energikraven

En Bluetooth-läsare behöver ha tillräckligt med energi för att oavbrutet kunna upptäcka enheter under den tid systemet är uppe. Men eftersom en läsare (dongel) fungerar endast när den är insatt i en dator via en port borde det inte vara något större problem när det gäller kraven energi då en stationär dator alltid har tillgång till energi.

Energikraven gäller även för enheter som ska upptäckas av läsarna. För att kontinuerligt kunna svara på förfrågningspaketen från läsaren måste enheterna, som bärs av patienten på natten, ha tillräckligt

med energi. Detta innebär att enheterna måste laddas upp regelbundet. När systemet är igång är det viktigt att dessa enheter har det energi som krävs under tiden systemet är uppe.

6.2 Säkerhet

Innan installationen av Bluetooth-läsarna måste de ansvariga för systemet ha klart för sig hur säkerheten för Bluetooth-läsarna ska hanteras. För att läsarna inte ska bli förflyttade från sina platser av misstag eller bli stulna måste man vidta åtgärder för att förhindra det. Detta kan göras till exempel så att personalen periodiskt kontrollerar att läsarna finns på sina platser. Om en Bluetooth-läsare flyttas eller försvinner ur infrastrukturen kommer det att påverka systemet så att vissa enheter ska inte kunna upptäckas.

6.3 Upptäckningstid för enheter

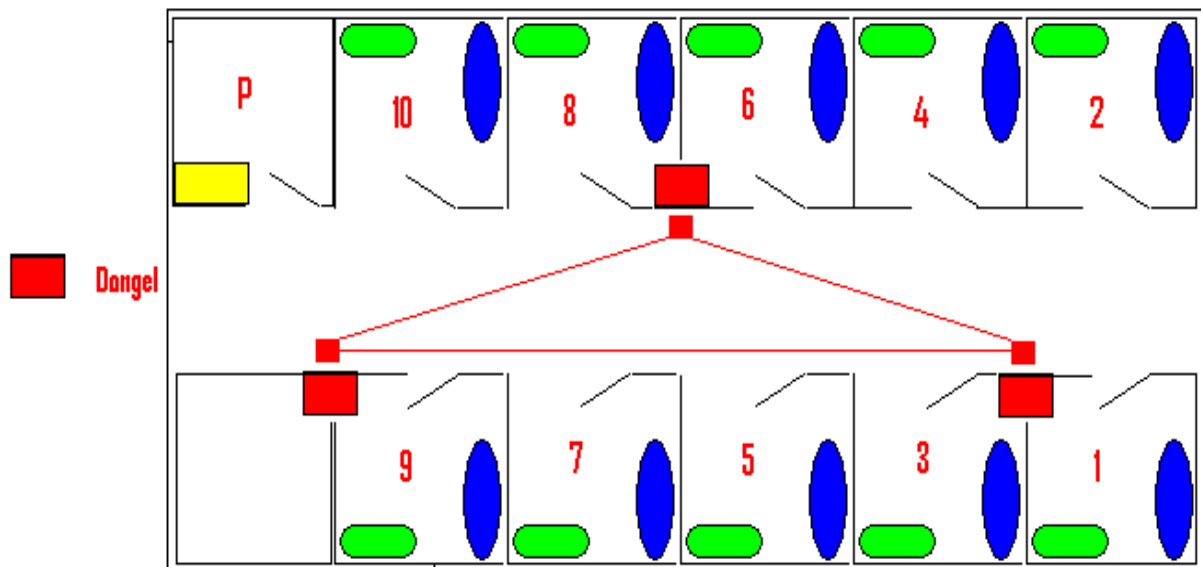
En Bluetooth-läsare har förmågan att upptäcka flera enheter samtidigt. *Inquiry-proceduren* består av förfrågning från läsaren och insamling av svar från enheterna. Det innebär att ju större antal enheter som finns runt en läsare, desto större antal svar fås tillbaks och därmed tar det längre tid att samla in svaren. Den genomsnittliga tiden av att upptäcka enheter beror på antalet enheter. Vid experiment med 4 enheter var skillnaden i tid oviktig. Alla enheter blev detekterade.

Om en enhet inte blir upptäckt kan det bland annat bero på hur fort den förflyttar sig mellan läsarna. Vid normal förflyttningshastighet (under 1.5 m/s) upptäcks enheten.

6.4 Triangulering

Efter experimentet kom vi fram till att Bluetooth-läsarna skickar Inquiry-förfrågningar åt alla håll upp till tio meters avstånd, alltså är den inte riktad åt ett håll.

Ett effektivare lösningsförslag för övervakningen skulle kunna vara att placera ut tre donglar(läsare) i form av en triangel, se Fig. 14. En fördel är att mindre donglar och datorer kan behövas då. Dessa tre donglar kan täcka alla rum som grafen visar och som behöver övervakas utan att två donglar hittar samma enhet. Men en nackdel är att då enheten befinner sig i rummen 1,2,3 och 4 så detekteras den av en och samma dongel. Även om enhetsbäraren går från rum 1 till rum 4 så kan inte någon övergång ske. Eftersom läsare nummer ett hela tiden visar att enheten finns inom dess räckvidd.



Figur 14: Triangulering

Den faktor som avgör hur stor eller liten triangeln ska vara är ytan på rummen. Om varje rum är såpass stort att en läsare som placeras i ett rum kan endast detektera enheter som finns i rummet kan man då inte utnyttja triangulering-lösningen. Utan då skulle man behöva lika många donglar som antalet rum.

6.5 Enhetsnamn

Alla Bluetooth-enheter har ett användarvänligt namn (till exempel patienten Karl) som visas för övervakningspersonal istället för Bluetooth-adressen för att identifiera enheter. I själva verket är det Bluetooth-adressen, vilket är en 48-bitars unikt adress som används vid kommunikation mellan enheterna. Det finns inget krav på att en användare ska namnge sin enhet ett speciellt namn, men om flera enheter har samma namn kan det leda till förvirring för personalen. Till exempel om en läsare upptäcker tre enheter med samma namn, kan läsaren urskilja dem eftersom enheterna har olika Bluetooth-adresser, men det blir svårt för användaren att identifiera namnen på enheterna.

För att undvika förvirring i systemet bör därför enheterna ha olika namn, detta underlättar igenkännandet av personerna.

6.6 Signalstyrka

Signalstyrkan hos enheterna har stor påverkan på hur snabbt och från vilken avstånd en enhet kan bli upptäckt. Det som kan orsaka att signalstyrkan hos en enhet försvagas kan vara metaller i

omgivningen. Det är svårt för radiovågorna att ta sig igenom metall och även tjocka väggar innehållande mycket metall.

6.7 Upptäckbara enheter

Det finns ett antal faktorer som kan orsaka att en person inte blir upptäckt. Nedanstående punkter är de mest troliga orsakerna till att en enhet inte upptäcks:

- En person som inte bär en Bluetooth-enhet
- En person som bär Bluetooth-enhet, men som inte är påslagen
- En person som bär Bluetooth-enhet, men som är satt i osynligt läge
- En person som bär upptäckbar Bluetooth-enhet, men förflyttar sig för fort förbi läsaren som inte hinner upptäcka enheten

7. Slutsatser

Efter utveckling av systemet, experiment och systemanalys har vi kommit fram till att vårt övervakningssystem med Bluetooth uppfyller kraven från våra problemställningar. Vi föredrog hellre Bluetooth teknologin än RFID, därför att Bluetooth är mer tillgängligt och är billigare för eventuella klienter i framtiden. Dessutom har RFID redan implementerats inom flera olika områden för övervakning, däremot har inte Bluetooth använts i samma utsträckning för övervakning.

Experimentet med Bluetooth visade att det är möjligt att övervaka människor inom ett visst bestämt område, som till exempel ett ålderdomshem. Detta görs genom att placera ut ett antal Bluetooth-läsare i korridoren på byggnaden. Vi visar att om man med en Bluetooth-enhet går förbi fyra läsare som är placerade inom cirka 15-20 meters avstånd från varandra kan enhetens position bli avläst, se Tabell 3. Det som händer är när man befinner sig vid läsaren A kommer den att detektera enheten. Fortsätter man gå mot läsaren B kommer den också att detektera enheten, dvs. att båda läsarna vilket är A och B kan detektera enheten när man befinner sig vid ett avstånd mellan A och B. Då man befinner sig vid läsare B tappas kontakten mellan enheten och läsare A. På så sätt kan man veta var enheten befinner sig i byggnaden.

15-20 meter

Läsare

| A | B | C | D |
|-----|-----|-----|-----|
| 1 ■ | - | - | - |
| 1 ■ | 1 | - | - |
| - | 1 ■ | - | - |
| - | 1 ■ | 1 | - |
| - | - | 1 ■ | - |
| - | - | 1 ■ | 1 |
| - | - | - | 1 ■ |

■ Enhet

Tid

Tabell 4: Bluetooth-enhet detektering

Efter undersökningarna som vi gjort är det viktigt att åtgärder vidtas när det gäller frågan om säkerheten. Vid utplacering av ett antal datorer med läsare kan det finnas risk för stöld.

För att göra infrastrukturen så optimal så möjlig, finns det ett antal parametrar att ha i åtanke. Man bör exempelvis placera ut läsarna med cirka 15-20 meters avstånd emellan och att läsarna inte ska täckas av andra föremål, helst inget material som metall nära datorn. Detta på grund av att metaller försvagar signalerna och orsakar fördröjningar i upptäckten av enheter.

För att det ska bli enkelt och mer användarvänlig för personalen att följa övervakningen ska serverns applikation visa planlösningen på huset innehållande infrastrukturen där personer övervakas. Om systemet ska användas på mer än ett ställe är det därför väldigt viktigt att ritningen på server applikationen motsvarar infrastrukturen i huset. Då servern exekveras ska ritningen på infrastrukturen komma upp, därefter ska antalet klienter startas. På kartan ska det visas var datorerna med läsarna är placerade, för att det är viktigt att veta vid vilket/vilka rum personen befinner sig.

8. Framtida arbeten – vidareutveckling av systemet

Några förslag på framtida examensarbeten, som fortsättning på detta examensarbete kan vara följande:

- Utveckling av applikationer för programmering som kan hantera flera klienter i en dator istället för att köra varje klient på en enskild dator. På så sätt kan flera läsare kopplas till en enda dator med flera klienter och utplacering av läsare kan ske med hjälp av USB-förläggingskabel.
- Utveckling av mindre enheter än mobiltelefoner med Bluetooth-funktion att bäras för att spåra människor.
- Test av detektering av enheter i olika miljöer.

Referenser

Artiklar

- [1] Anders Iggsten, Petra Jarkiewicz, Daniel Leinerud och Fredrik Norlander, *RFID- närmare än du tror*, Sida 4-5 , 2006-03-14
- [2] Nicklas Gummesson, Erik Olsson, Christian Strid, Lars Larsson, Andreas Ropel, Carl Jonsson, *RFID-Plattform Nästa generations RFID*, Sida 3, 2008-02-13
- [3] Sigurdur Birgisson, Christian Hedin, Hannes Larheden, Anna Wareborn, *Bluetooth*, Sida 1-4
- [4] Anders Heimer Jonas Seffel, *Säkerhetsanalys av Bluetooth-kommunikation*, Sida 5 2006
- [5] Jahnavi Kondragunta, *Building a Context-Aware Infrastructure using Bluetooth*, Sida 5-6 ,2009
- [6] Simon Hay and Robert Harle, *Bluetooth Tracking without Discoverability*, Sida 1-6
- [7] Philippe Bonnet, Allan Beaufor, Mads Bondo, Martin Leopord, *Bluetooth-Based Sensor Network*, Sida 35-38
- [8] Richard Lennartsson Jonas Rosenkvist, *Chat program in a piconet with Bluetooth*, sida 4-6
- [9] Marta Pérez, *Radiofrekvensidentifiering, RFID - teknik och användning*, sida 6-8
- [10] SafeTool – Implementering av RFIDteknologi i maskiner för byggbranschen, Håkan Svensson och Carl Carlsson, sida 8-10

Internet

- [11] <http://sv.wikipedia.org/wiki/RFID>, hämtad 050411
- [12] <http://www.identsys.se/website/index.php/om-rfid-mainmenu-29/rfid-basic-mainmenu-57>, hämtad 050411
- [13] <http://sv.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, hämtad 200311

Övrigt

- [14] Samtal med Helena Axestam, socialsekreterare på Socialstyrelsen, Stockholm. 2011-03-12