

Inomhuspositioneringssystem

Filip Nyholm

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för lantmäteriteknik

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Filip Nyholm

Utbildning och ort: Lantmäteriteknik, Vasa

Handledare: Sem Timmerbacka

Titel: Inomhuspositioneringssystem

Datum 16.5.2019

Sidantal 33

Abstrakt

Syftet med examensarbetet var att ta reda på teknikerna bakom dagens vanligaste inomhuspositioneringssystem och hur de räknar ut positioner i en inomhusmiljö, samt att ge en uppfattning om var de kan tillämpas. Tanken var att arbetet kunde fungera som undervisningsmaterial inom ämnet.

Arbetet bestod för det mesta av litteraturstudier. Arbetet börjades med att ta reda på vilka problem systemen kan ha i en inomhusmiljö, samt vilka metoder som används av de olika systemen för att få positioner. Efter det gick jag igenom bakgrunden till de olika teknikerna som används i inomhuspositioneringssystem och tog upp deras starka och svaga sidor.

Resultatet har sammanställts till en enkel tabell som ger en bild om prisskillnaderna, noggrannheterna, hur komplexa systemen är och skalan man kan använda systemet på. Det byggdes även upp ett enkelt testsystem baserat på magnetiskpositionering med hjälp av Mapcreator 2.

Språk: svenska

Nyckelord: inomhuspositioneringssystem, Mapcreator 2

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Filip Nyholm

Koulutus ja paikkakunta: Maanmittaustekniikka, Vasa

Ohjaaja(t): Sem Timmerbacka

Nimike: Sisätilapaikannus

Päivämäärä 16.5.2019

Sivumäärä 33

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tällä hetkellä yleisimmät sisätilapaikannustekniikat, miten sijainnit lasketaan sisäympäristössä ja missä niitä voidaan soveltaa. Ajatuksena oli että tämä työ voisi toimia opetusaineistona.

Työ koostuu suurimmaksi osaksi kirjallisuustutkimuksista. Työn alussa käytiin läpi millaisia ongelmia järjestelmissä voi olla sisäympäristössä ja mitä menetelmiä eri järjestelmät käyttävät sijainnin saamiseksi. Tämän jälkeen käytiin läpi järjestelmien käyttämien tekniikoiden tausta ja mitkä ovat niiden vahvuudet ja heikkoudet.

Tuloksesta on koottu yksinkertainen taulukko, joka antaa kuvan hintaeroista, tarkkuudesta, järjestelmien monimutkaisuudesta ja järjestelmän mittakaavasta. Rakensin myös magneettiseen paikannukseen perustuvan testijärjestelmän Mapcreator 2:lla.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: sisätilapaikannus, Mapcreator 2

BACHELOR'S THESIS

Author: Filip Nyholm

Degree Programme: Land surveying, Vaasa

Supervisor(s): Sem Timmerbacka

Title: Indoor Positioning Systems

Date 16.5.2019

Number of pages 33

Abstract

The purpose of this thesis was to find out the techniques behind today's most common indoor positioning systems and how they calculate positions in an indoor environment, and to give an idea of where they can be applied. The idea is that this work could serve as a teaching material in the subject.

The thesis mostly consists of literature studies. The work began with finding out what problems the systems can have in an indoor environment, and which methods are used by the different systems to get positions. After that, I went through the background of the various techniques used in the systems and addressed their strong and weak sides.

The result has been compiled into a simple table that gives a picture of the price differences, accuracy, complexity of the systems and the scale on which the systems can be used. A test system based on magnetic positioning was also built using Mapcreator 2.

Language: swedish

Key words: Indoor positioning system, Mapcreator 2

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Definition.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Metod och tidigare forskning.....	2
1.4	Översikt av innehåll.....	2
2	Utmaningar.....	3
2.1	Inomhuspositioneringssystem som ett medel att marknadsföra.....	4
3	Bakgrund.....	6
3.1	Tekniker för att mäta positionen.....	6
3.1.1	Time of arrival.....	6
3.1.2	Time difference of arrival.....	7
3.1.3	Angle of arrival.....	7
3.1.4	Received Signal Strength.....	8
3.2	Metoder för positionering.....	10
3.2.1	Trilateration.....	10
3.2.2	Triangulering.....	10
3.2.3	Proximity.....	11
3.2.4	Fingerprinting.....	11
4	Inomhuspositioneringssystemen.....	12
4.1	Wi-Fi.....	12
4.1.1	Allmänt.....	12
4.1.2	Fördelar.....	13
4.1.3	Nackdelar.....	13
4.2	Bluetooth.....	14
4.2.1	Allmänt.....	14
4.2.2	Fördelar.....	15
4.2.3	Nackdelar.....	15
4.3	Ultra Wideband.....	15
4.3.1	Allmänt.....	16
4.3.2	Fördelar.....	16
4.3.3	Nackdelar.....	16
4.4	Ultraljud.....	16
4.4.1	Allmänt.....	17
4.4.2	Fördelar.....	18
4.4.3	Nackdelar.....	18
4.5	RFID (Radio-frequency identification).....	18

4.5.1	Tre system.....	18
4.5.2	Allmänt	19
4.5.3	Fördelar.....	20
4.5.4	Nackdelar.....	20
4.6	ZigBee	20
4.6.1	Allmänt	21
4.6.2	Fördelar.....	21
4.6.3	Nackdelar.....	22
4.7	Magnetpositionering.....	22
5	Test av systemuppbyggnad med Mapcreator 2.....	22
5.1.1	Resultat.....	26
5.1.2	Fördelar.....	27
5.1.3	Nackdelar.....	28
6	Resultat	28
6.1	Användningsområden	29
7	Diskussion.....	30
8	Källförteckning.....	31
8.1	Figurer	33
8.2	Tabeller	33

1 Inledning

Människorna bygger allt mer komplexa och större byggnader i dagens läge, t.ex. South China Mall i Dongguan, Kina, som har en area på över 650 000 m², så det kan vara lätt att tappa bort sig eller inte hitta de affärer man söker. Därför har det längs åren uppkommit en hel del dokument om inomhuspositionering och det har blivit ett hett ämne för forskning.

GPS, Global Positioning System, har gjort det möjligt att få rätt så exakta positioner utomhus. På grund av att signalen blir svagare och kan reflekteras från byggnadsmaterialet i byggnader kan inomhuspositioneringssystem inte använda sig av GPS ([10] Engström & Helander, 2015). Det finns ingen standard idag för hur man bygger upp ett inomhuspositioneringssystem och vilken teknik man ska använda sig av. Det finns en hel del tekniker man kan använda för att få en position inomhus men problemet med dem är att de inte ursprungligen är gjorda för att användas vid inomhuspositionering vilket leder till att de ibland är mindre pålitliga.

1.1 Definition

Det lättaste sättet att beskriva ett inomhuspositioneringssystem är att det är som GPS men för inomhusmiljöer. Ett inomhuspositioneringssystem kan användas för att lokalisera människor och objekt inne i en byggnad, genom att använda sig av radiosignaler, magnetfält eller annan information som samlas av vanliga mobilenheter som smarttelefoner och surfplattor. Fast tekniken är nyare än GPS så håller den på att hitta användning snabbt på ställen som flygfält, köpcentrum och sjukhus. [1]

1.2 Syfte

Syfte med detta examensarbete var att undersöka teknikerna bakom de vanligaste inomhuspositioneringssystem idag. Tanken var också att arbetet eventuellt kunde fungera som undervisningsmaterial och vara en portal för att väcka intresse för ett specifikt inomhuspositioneringssystem. Resultatet kan också användas som en startpunkt när man väljer vilket system man vill börja använda.

1.3 Metod och tidigare forskning

Metoderna som använts för att genomföra arbetet har till största delen varit litteraturstudier. För att bygga upp ett testsystem baserat på magnetiskpositionering som inte behöver någon särskild infrastruktur användes Technobotnia som testmiljö och Mapcreator 2 som verktyg.

Det finns en hel del information i form av rapporter och andra examensarbeten om ämnet, men inget av de som finns på Theseus är på svenska.

Idén till examensarbetet fick jag av min handledare Sem Timmerbacka vid Yrkeshögskolan Novia i Vasa. Efter att jag i en annan kurs tagit fram information om ämnet kom vi fram till att det kunde vara bra att gå in djupare i ämnet eftersom ingen vid Novia tidigare gjort ett arbete om inomhuspositioneringssystem.

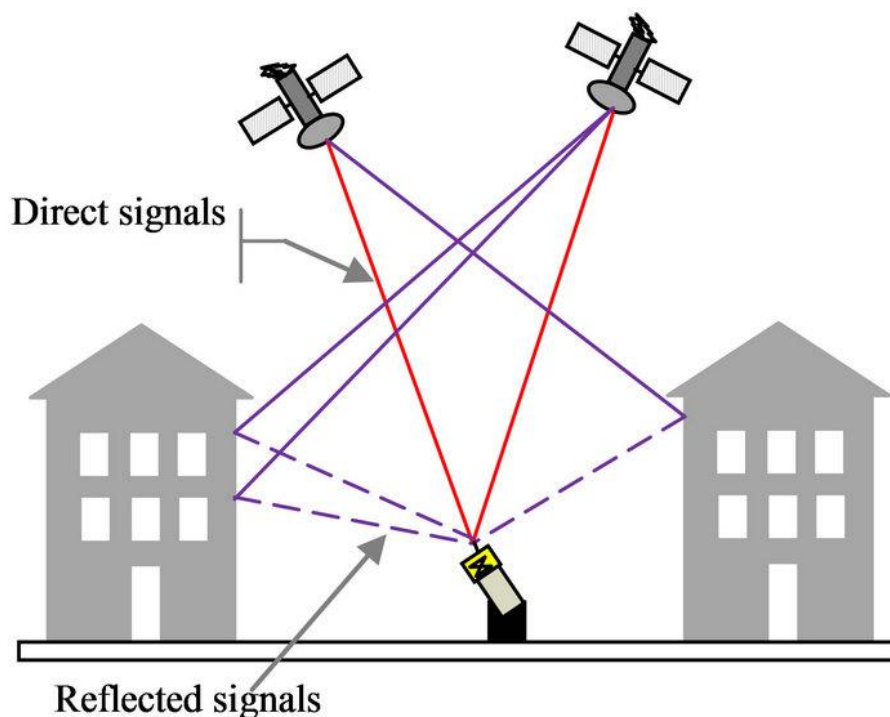
1.4 Översikt av innehåll

Arbetet är uppbyggt så att första kapitlet presenterar vad ett inomhuspositioneringssystem är och tar upp vad syftet med det här arbetet är. I andra kapitlet går jag igenom utmaningar och problem som systemen har och ger förslag hur de eventuellt kunde lösas. I det tredje kapitlet går jag igenom teknikerna som används av inomhuspositioneringssystem för att de skall kunna räkna ut positioner. I kapitel fyra går jag igenom de vanligaste system samt deras ursprungliga användning. I det femte kapitlet går jag igenom uppbyggande av ett inomhuspositioneringssystem med Mapcreator 2. Det sista kapitlet jämför systemen med varandra från en teoretisk synvinkel, sammanfattar arbetet och presenterar eventuella framtida arbeten.

2 Utmaningar

Det finns en hel del utmaningar när det kommer till ett inomhuspositioneringssystem här kommer jag att ta upp några av problemen som eventuellt måste lösas av forskarna. Ett av det större problemet är med marknadsföring, på grund av att regler med marknadsföring är betydligt striktare då den kan nå minderåriga, och kommer att gås in djupare på.

På grund av hur signalernas egenskaper är kan de reflekteras, brytas och diffrakteras från väggar, metall och i vissa fall från människor, man tar ofta emot fasfördröjda versioner av en signal och därför händer det något som kallas för flervägsfel och det blir svårt att bestämma det exakta avståndet. För att kunna identifiera den direkta signalen och minimera eller eliminera de extra signalerna så krävs komplex bearbetning av signalen. [2]



Figur 1. Flervägsfel.

Hur bra systemet fungerar är också beroende av vad väggarna och taket är byggt av, hur saker är placerade som kan fungera som hinder för signalen och hur många personer de finns i byggnaden. Alla system borde ta det här i beaktan när man bygger upp det men nästan alla system provkörs i en kontrollerad miljö som inte helt återskapar verkligheten. Ofta så antas det att de alltid finns en direkt väg för signalen till användaren, men i verkligheten så är det sannolikt att det finns något hinder för signalen. Antalet människor i byggnaden varierar vid olika tider av dygnet och det borde också tas i beaktande. [2]

Ett problem är energianvändningen. De flesta systemen använder mycket energi för att kunna ge en högre noggrannhet och för att fungera på längre avstånd, det är mycket svårt att få en hög noggrannhet utan att anstränga mobilenhetens batteri. För att få en bättre noggrannhet så måste användarens enhet hela tiden lyssna på signaler från sändarna. Eftersom lokalisering är den sekundära uppgiften för de flesta användarna så kan en hög batterianvändning leda till att användaren blir missnöjd. För tillfället fokuserar forskningen på att få en högre noggrannhet, men i framtiden så kommer det att finnas ett behov att optimera energianvändningen. [2]

Den största utmaningen då det kommer till sådana här system är integritet. Största delen av användarna vill inte dela data som är relaterade till deras plats. Detta på grund av att användarens plats är mycket känslig information och kan eventuellt riskera användarens integritet och säkerhet. Dagens system tar inte detta i beaktning utan strävar bara till att nå en så hög noggrannhet som möjligt. Systemet måste kunna verifiera att den nya användaren som försöker ansluta sig till tjänsten verkligen är en användare som kommer att använda tjänsten. Om systemet har en svag autentiseringsmekanism så kan systemet infiltreras och påverka systemets prestation. [2]

Kostnaden för att bygga ett system är en annan stor utmaning. Systemet kan kräva att de byggs ytterligare infrastruktur och många ankar noder som kräver en ytterligare investering. Det kan också när de byggs på en större skala kräva dedikerade servrar, databaser och en patentskyddad programvara. Medan kostnaden är en stor utmaning så kan den överkommas genom att använda den infrastruktur som redan finns som Wi-Fi, mobilnät eller en kombination av båda. [2]

Det finns inte för tillfället någon standard eller specifikationer som bestämmer hur ett system skall byggas upp. Det finns inte heller någon specifik teknik som anses vara den bästa och rätta när man bygger upp ett system. [2]

2.1 Inomhuspositioneringssystem som ett medel att marknadsföra

Eftersom ett av de huvudsakliga användningsområdena för ett inomhuspositioneringssystem idag är att skicka ut reklam, i form av push notifikationer på t.ex. rabatter på olika produkter, då kunden befinner sig vid ett visst ställe i affären är det viktigt att ta i beaktning att reklamen eventuellt kan nå minderåriga. Enligt Konkurrens- och Konsumentverket delas marknadsföring som riktar sig till minderåriga i fyra kategorier:

- Reklam för produkter som är avsedda för barn men som vuxna beslutar att köpa.
- Reklam för produkter som minderåriga själva, utan föräldrarnas medverkan, kan besluta att köpa.
- Reklam som minderåriga ser men som är avsedd för vuxna och som gäller produkter som är avsedda för vuxna.
- Marknadsföring av produkter som ingår i de vuxnas vardag men som är upplagd så att den intresserar minderåriga.

Det är viktigt att man tar till hänsyn att minderåriga inte har samma förmåga att förstå syftet med marknadsföringen och att de är juridiskt omyndiga. Det är en självklar sak att till exempel tobak och alkohol inte får marknadsföras till minderåriga. Tobak och alkohol får inte heller indirekt marknadsföras genom att hänvisa till användningen av sådana produkter i marknadsföringen.

Marknadsföringslotterier är lotterier eller tävlingar för att främja försäljningen av en produkt och där konsumenten har en chans att vinna en förmån. Den allmänna regeln är att det skall vara möjligt att delta i lotteriet eller tävlingen också utan att köpa produkten. Presentationen av lotteriet får inte heller dominera marknadsföringen så att själva produkten förblir i en sekundär position. I tävlingar och lotterier för barn är regeln betydligt strängare. Barn kan inte realistiskt bedöma sannolikheten att de vinner på samma sätt som ungdomar och vuxna. De fattar lätt ett köpbeslut helt enkelt bara på grund av ett lockande pris de kan vinna. Till barn får det därför i allmänhet inte riktas sådana lotterier eller tävlingar som man kan delta igenom att köpa en produkt. [16]

För att lösa det här problemet med ett inomhuspositioneringssystem måste man göra all reklam så att den inte strider mot anvisningarna som finns när de kommer till marknadsföring för minderåriga. Eller en annan lösning kunde exempelvis vara att man har ett filter installerat på den minderårigas mobilenhet så att inte marknadsföring som är riktad enbart mot vuxna når de minderåriga.

3 Bakgrund

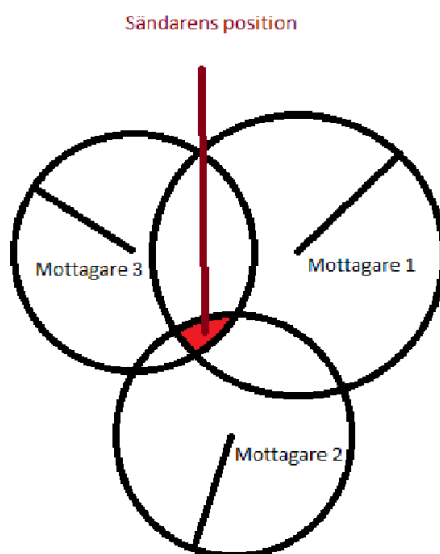
I det här kapitlet kommer jag att ta upp teknikerna och metoderna som inomhuspositioneringssystem använder sig av för att få fram en position.

3.1 Tekniker för att mäta positionen

Det finns olika tekniker för att få en position i förhållande till andra kända positioner. I huvudsak kan man dela de här teknikerna i två kategorier, tidsbaserade som använder sig av tid för att räkna ut en position och sådana som använder sig av signalstyrkan. Alla tekniker har sina för- och nackdelar för användning vid inomhuspositionering. På grund av detta är det viktigt att man väljer en som passar bäst för just sitt användningsområde och hur noggrann positionering man behöver. Alla tekniker kräver att det finns flera olika sensorer.

3.1.1 Time of arrival

Time of arrival, ToA, är tiden det tar för en signal att färdas från en sändare till en mottagare. Efter att man fått tiden det tar för signalen att färdas kan man räkna ut avståndet eftersom signalen rör sig med en känd hastighet. För att kunna få en position med ToA så måste få signalen från åtminstone tre sensorer. När avståndet från tre olika sensorer är känt får man positionen vid skärningen av de cirklar som bildas runt sensorerna. Vid avståndsmätningarna kan det uppstå fel som skapar ett område av osäkerhet där sändaren kan finnas. [8] Se figur 2.



Figur 2. Trilateration/Time of arrival.

Den här tekniken antar att sändarens och mottagarens tidsinställningar är dom samma, eftersom avståndet räknas ut med hjälp av avgångstiden och ankomsttiden så ifall inte båda är synkroniserade med varandra kan de uppkomma grova fel på grund av att signalen färdas med hög hastighet, i verkligheten är det här mycket svårt att uppnå en exakt tidssynkronisering mellan de två enheterna. [9]

3.1.2 Time difference of arrival

Time difference of arrival, TDOA, fungerar i stort sätt lika som ToA att den räknar ut avståndet med hjälp av tiden det tar för signalen att färdas från sändaren till mottagaren, men kräver inte tiden då signalen sändes utan behöver bara tiden då signalen blev mottagen och hastigheten på signalen. Signalernas skärning är positionen för sändaren. För att ingen tid krävs från sändarens sida så behöver bara mottagarna vara synkroniserade med varandra, vilket är en stor fördel jämfört med ToA. [8]

3.1.3 Angle of arrival

Angle of arrival, AoA, är en mätteknik som bestämmer riktningen av en radiofrekvensvåg när den träffar flera mottagare. Riktningen bestäms genom att mäta tidsdifferensen då varje våg träffar en skild mottagare, så tekniken använder sig också av TDOA, och används för att beräkna vinkeln på radiosignalens ursprung. Ett problem med tekniken är att vinkeln man får alltid inte är den rätta vinkeln på grund av flervägsfel och reflektioner från väggar och andra hinder för signalen. [10]

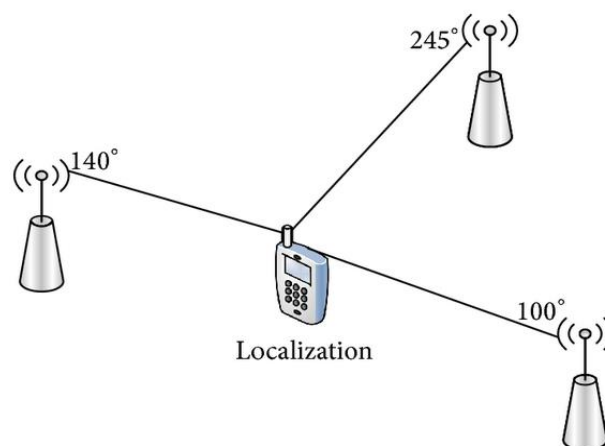
Formeln för att räkna ut vinkeln är följande:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{c\Delta t}{D} \quad (1)$$

Δt är time difference of arrival

c är ljusets hastighet i luften

D är avståndet mellan mottagarna



Figur 3. AoA.

3.1.4 Received Signal Strength

Received Signal Strength Indication, RSSI, mäter kraften som finns kvar i signalen då den mottas. Signalens styrka mäts och tolkas ofta i dBm (Decibel-milliwatt) där 0 dBm är en mycket bra signal och -110 är en mycket dålig signal. RSS sjunker inte lineärt med avståndet utan många andra faktorer påverkar signalen som t.ex. materialet på objekt i närheten av mottagaren och mängden människor. Det är möjligt att ta reda på hur signalen varierar med avståndet i en viss miljö men det är inte så lätt och felet brukar öka tillsammans med avståndet. Så det kan vara lätt att bestämma när en sändare ligger mycket nära en mottagare, men när avståndet ökar så blir resultaten alltmer oregelbundna. [9]

Channel State Information, CSI, är en förbättring av RSS. Medan RSS endast kan behandla signalstyrkan så kan CSI mäta signalstyrkan och fasskiftningen av enskilda signalkomponenter. På grund av detta är det enklare att skilja en direkt mottagen signal från dess reflektion. Denna teknik fungerar bara med avancerade moduleringstekniker, som används i Wi-Fi och UWB. [11]

Alla tekniker antar att signalen från sändaren alltid rör sig den kortaste vid synfält varande vägen. När det finns objekt i vägen som blockerar signalen så tar signalen en längre väg som gör att tiden den färdas är längre och man får en felaktig position. Ett system som jag kommer ta upp senare i arbetet, UWB, har löst det här problemet med att signalen är låg-interferens. [12]

Tabell 1 Jämförelse av teknikerna.

Teknik	Fördel	Nackdel
TOA	Hög noggrannhet	Kräver tidssynkronisering för både sändaren och mottagaren. Antar att det finns direkt synfält
TDOA	Hög noggrannhet. Kräver endast tidssynkronisering vid mottagarna.	Antar att det finns direkt synfält
AOA	Kräver endast två mottagare. Ingen tidssynkronisering krävs.	Kräver antenner för att räkna ut vinklar. tekniken är komplex och antar att det finns direkt synfält
RSS	Simpelt och kräver ingen tidssynkronisering.	Låg till medium noggrannhet

3.2 Metoder för positionering

Metoderna för att få en position inomhus delas i huvudsak i två grupper. Den första gruppen använder sig av kända mottagare för att räkna ut avståndet till sändaren och genom det få en position. Den andra, fingeravtrycksmetoden, där en plats identifieras av unika signalegenskaper. De tre första sätten jag tar upp här hör till första gruppen medan den sista hör till den andra gruppen. De här metoderna använder sig av de mätmetoder som togs upp i föregående kapitel för att få positioner.

3.2.1 Trilateration

Trilateration är den mest kända metoden för att bestämma positioner och används idag vid t.ex. navigation och GPS. Trilateration kräver att de finns tre åtkomstpunkter med känd position och räknar med hjälp av tiden eller RSS ut radien till sändaren. Resultatet blir att man får tre sfärer och positionen blir punkten där sfärerna skär varandra. Det krävs minst tre åtkomstpunkter för att få en position men man kan förbättra noggrannheten genom att använda sig av fler punkter, det här kallas då multitrilateration. Trilateration föredrar öppna omgivningar med fria siktlinjer på grund av att hinder ändrar på signalen och slutresultatet blir en felaktig position. [10]

Wi-Fi är de positioneringssystem som används mest när det kommer till trilateration, främst på grund av de finns lätt tillgängligt i en stor del av byggnaderna i dagens läge. UWB, Ultra Wideband, är också ett bra system som kan använda sig av trilateration för att det kan bestämma ett avstånd mycket noggrant även om de finns hinder i vägen. [13] [25]

3.2.2 Triangulering

Triangulering är ett sätt att få en position genom att räkna med trianglar. Det här görs genom att man har två mottagare som tar emot signalen av sändaren och efter det räknar de ut vinkeln som signalen träffar varje mottagare. Samma som trilateration så används triangulering främst i Wi-Fi inomhuspositioneringssystem men kan också användas i Bluetooth och UWB. [10]

Triangulering används också då man mäter okända längder, man kan få vinklarna med hjälp av att använda en teodolit och när man har längderna och vinklarna kan man lätt räkna ut det okända avståndet.

3.2.3 Proximity

Proximity är en mycket simpel positioneringsmetod. Metoden bygger på att om användaren är nära en känd punkt och istället för att ge exakta koordinater sätts användarens position till samma position som den kända punkten har. Resultatet blir då att om man har en stor räckvidd för de kända punkterna så blir noggrannheten för positionen mycket dålig. Fördelen med den här metoden att man endast behöver vara i räckvidd till en mottagare och ingen synkronisering krävs. Proximity har en stor varians och uppfyller inte dagens krav och behov på positionering så den används inte så mycket. [9]

3.2.4 Fingerprinting

Fingerprinting är en mycket använd positioneringsmetod idag och det är möjligt att få en mycket noggrann position med den. Metoden bygger på att vissa signalegenskaper eller mätningar identifierar en viss plats. Olika signalegenskaper och deras motsvarande platser lagras i en databas för att skapa en radiokarta över egenskaperna. Platserna som utgör kartan kallas för referenspunkter. Platsen där användaren befinner sig bestäms med hjälp av de matchande signalegenskaperna från användarens enhet och egenskaperna som är lagrade i databasen. Den huvudsakliga fördelen med den här metoden jämfört med trilateration är att antalet beräkningar som görs av systemet är mindre, men den kommer att ge en oriktig position ifall omgivningen förändras. [10]

När man bygger upp ett fingeravtryck kallas det för offlinefasen och när man sedan börjar använda sig av fingeravtrycken kallas det för onlinefasen.

Offlinefasen

Den här fasen kan också kallas för kalibreringsfasen. Kvalitén på radiokartan är viktigt för att få en så hög noggrannhet som möjligt. Kvalitén är beroende av antalet åtkomstpunkter och antalet referenspunkter. När man bygger upp ett botten för en radiokarta börjar man med att placera ut så många referenspunkter man behöver för att uppnå den noggrannhet man vill ha. Efter att de är gjort kan man börja göra mätningar vid varje skild punkt för att ge dem sina unika egenskaper. Mätningarna kan ta länge ifall man har fler punkter och därför kan kostnaden vara mycket hög, man kan eventuellt träna upp en ”städrobot” för att göra det här. Då sparar man en hel del på arbetskraft och tid. För att signalen ändrar sig då det händer mindre ändringar i omgivningen som t.ex. folk som flyttar på sig, så kan man ta det här till hänsyn genom att göra flera mätningar, eller genom att filtrera signalen på ett annat sätt, för

att få ett mer ungefärligt fingeravtryck. Eftersom mätningarna görs en gång så kan dom inte ta till hänsyn ifall man omdekorerar i byggnaden och till följderna av det så ändrar man också på fingeravtrycken och fel börjar uppstå, och man måste eventuellt köra om hela offlinefasen. [9]

Onlinefasen

Onlinefasen är när användarna börja skicka och tar emot data till och från databasen. När användaren befinner sig på radiokartan, så börjar enheten samla in RSS från åtkomstpunkterna i närheten. Informationen som samlas skickas då till databasen och efter det så matchas den med fingeravtrycket för den positionen där användaren befinner sig. [10]

4 Inomhuspositioneringssystemen

Det här kapitlet tar upp de vanligaste inomhuspositioneringssystemen på marknaden och går igenom teknikerna bakom dem.

4.1 Wi-Fi

Wi-Fi används i dag runtom i världen för att trådlöst kunna ansluta sig till ett lokalt nätverk. Man sätter upp ett nätverk genom att placera trådlösa åtkomstpunkter, det här gör de möjligt att kunna fritt röra sig i området medan man hålls ansluten till nätverket. Åtkomstpunkterna är ofta del av ett nätverk som är anslutet till internet som gör det möjligt att kunna kommunicera med enheter som är anslutna till ett annat lokalt nätverk. Wi-Fi uppstod som marknadsföringsnamnet på ett lokalt nätverk som baserar sig på Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE 802.11 standard. [10]

Wi-Fi är ett halv-duplex system, vilket innebär att det stöder kommunikation i båda riktningarna men inte samtidigt. Det fungerar genom att koda data som sedan sänds ut och radiovågorna mottas och avkodas tillbaka till läsbar data. För att skicka data på en radiofrekvens används det två olika sätt för att modulera signalerna, amplitudmodulering (AM) eller frekvensmodulering (FM). [10]

4.1.1 Allmänt

Wi-Fi positioneringssystemet är det inomhuspositioneringssystem som används mest av alla eftersom det i en stor del av byggnaderna i dagens läge redan finns färdig infrastruktur som

gör det möjligt att hålla kostnaderna låga när man bygger upp ett system. Fastän Wi-Fi inte är gjort för att användas som ett positioneringssystem så går det att använda sig av radiosignalerna för att mäta RSS värden och genom det få en position. Ett Wi-Fi positioneringssystem kräver inte heller att användaren har någon speciell hårdvara installerad i sin apparat och är därför lätt att använda med vanliga smarttelefoner. [13]

Ett Wi-Fi system kan använda sig av ToA, TDOA, AOA och RSS för att räkna ut positioner. Av dessa så har fokus på forskning vänt sig till RSS tekniken eftersom den bygger på IEEE 802.11-principen som är industristandarden för tillfället. [14]

Med RSS bygger man antingen upp en radiokarta genom att använda sig av fingerprinting ifall man vill ha ett bättre system, men om man är nöjd med ett system med lägre noggrannhet kan man använda sig av ett Proximity-system.

4.1.2 Fördelar

De största fördelarna med ett Wi-Fi system är en stor tillgänglighet, en stor räckvidd och hög dataöverföringshastighet. Det finns Wi-Fi åtkomstpunkter nästan överallt i dagens läge och i vissa fall kan de finnas flera i ett rum. I allmänhet så desto mer åtkomstpunkter det finns så desto högre är noggrannheten på positionen. Wi-Fi har också en räckvidd på upp till 150 meter. [15]

4.1.3 Nackdelar

En av de största nackdelarna med Wi-Fi är noggrannheten. Med en noggrannhet på ungefär 15 meter är systemet inte så lämpligt om man vill ha en exakt position. Man kan dock uppnå en noggrannhet så bra som 2–3 meter om man använder sig av fingerprinting och sensorfusion. Oregon State University jobbar i samarbete med Intel på en teknik, SAIL, som de säger att uppnår en noggrannhet som är bättre än 1 meter. En annan nackdel för Wi-Fi system är säkerheten. Wi-Fi är en så vanlig teknik att den redan har upplevt många hackar och resulterande säkerhetsintrång. Säkerheten kommer alltid att vara ett problem med Wi-Fi system, men med tanke på det så kommer det också alltid att finnas företag som arbetar för att härda Wi-Fi från skadliga attacker. [15]

4.2 Bluetooth

Bluetooth är en allmänt använd trådlös kommunikationsteknik, den har blivit mycket populär att använda med t.ex. trådlösa högtalare som tar emot musik från t.ex. smarttelefoner. Bluetooth är främst avsedd för kommunikation över korta avstånd och dess ursprungliga användning skulle vara att ersätta kablar i trådlösa tangentbord och headsets. Tekniken fungerar i 2.4 GHz-frekvensbandet, som kallas Industrial, Scientific and Medical (ISM) och används av flera andra tekniker. För att minimera störningar använder Bluetooth en teknik som kallas frekvenshoppning. Frekvenshoppning byter enheten mellan flera frekvenskanaler med en hög hastighet i en slumpmässig sekvens. [10]

Den version av Bluetooth som mest används vid positionering kallas Bluetooth Low Energy, BLE, som har en betydligt lägre energiförbrukning. BLE-noder är mycket små och smälter in i omgivningen och har mycket lång batterilivslängd. [18]

4.2.1 Allmänt

När man bygger upp ett Bluetooth system använder man sig av två huvudsakliga komponenter: noder och ett centrum som skickar data till internet. I huvudsak finns de två olika system som kan byggas upp med hjälp av Bluetooth. Den första använder man sig av noderna som samlar in data, som sedan skickas till centrumet som laddar upp det på internet, från t.ex. smarttelefoner för att räkna ut signalstyrkor och på det sättet få en position för användaren. Det andra systemet används mer inom logistikbranschen där man placerar ut själva centrumen i miljön och placerar taggar på varor för att få reda på hur mycket inventarium man har i lager utan att behöva räkna det för hand. [19]

Med ett Bluetooth system är triangulering och fingerprinting de två teknikerna som huvudsakligen används vid inomhuspositionering. Men med triangulering är noggrannheten inte riktigt tillräckligt hög och därför används radiokartor gjorda med fingerprinting betydligt mer i dag.



Figur 4. Bluetooth noder i ett rum.

4.2.2 Fördelar

Liksom ett Wi-Fi system så är ett system baserat på Bluetooth billigt och lätt att installera. Lätt för användare, kräver ingen speciell hårdvara förutom en enhet med Bluetooth

4.2.3 Nackdelar

Räckvidden på en Bluetooth nod är ungefär 20–30 meter och för att få ett bra system med hög noggrannhet krävs en bra planering av placeringen av noderna.

4.3 Ultra Wideband

UWB är en teknik för att trådlöst överföra stora mängder digitaldata över ett brett spektrum av frekvensband med en bandbredd på minst 500 MHz och har en mycket låg strömförbrukning på ett kort avstånd. UWB har förmågan att bära en stor mängd data över ett avstånd på ungefär 70 m med en mycket låg strömförbrukning samt förmågan att bära signaler genom väggar och andra hinder som vanligen tenderar att reflektera signaler med en mer begränsad bandbredd. I huvudsak har UWB tre användningsområden förutom som ett inomhuspositioneringssystem och de är: mediekommunikation, trådlösa sensornätverk och radar. [17]

4.3.1 Allmänt

UWB är en av de nyare och mer exakta teknikerna när det kommer till inomhuspositionering. Till skillnad från andra positioneringstekniker så kräver inte UWB ett direkt synfält och påverkas inte av andra kommunikationsenheter eller externa störningar på grund av dess höga bandbredd och signalmodulering. Som ett positioneringssystem används UWB i huvudsak inom industrin där de kan krävas att man uppnår noggrannheter på 20 centimeter. Eftersom signalen lätt penetrerar hinder är de tekniker som används för att få positioner till största delen de tidsbaserade teknikerna som t.ex. TOA. [25]

4.3.2 Fördelar

Ett UWB-system har en låg energiförbrukning i jämförelse med vissa andra positioneringstekniker. Den stora bandbredden som UWB har ger frekvensdiversitet som gör att signalen är resistent mot flervägsfel och störningar. UWB-signaler har en större penetration genom hinder, som väggar och dörrar, än andra signaler och de uppnår samma datahastighet. [25]

4.3.3 Nackdelar

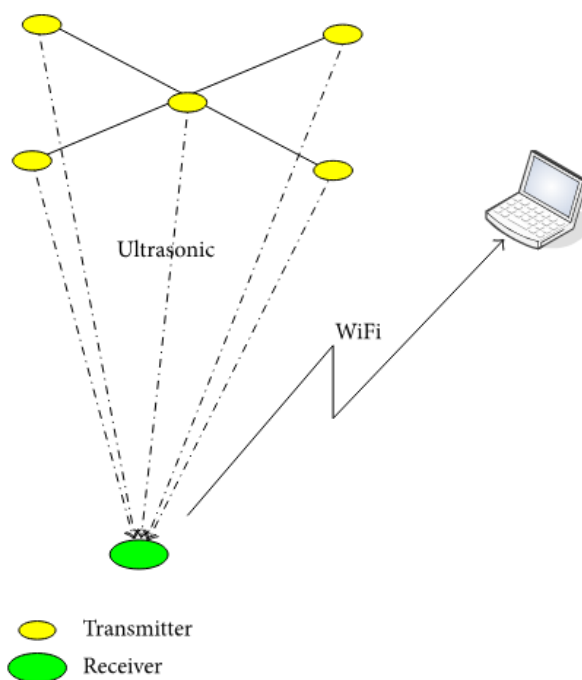
Det finns vissa UWB-system som kan orsaka skadliga störningar för GPS-utrustning och flygplansnavigeringssystem. För att överkomma dessa problem har de utvecklats tekniker för att eliminera skadliga störningar. Ett likadant problem är att det kan störa andra system som arbetar i samma spektrum som t.ex. Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), som är en trådlös bredbandsteknik, och digital TV. Systemet är också mycket dyrare än t.ex. Wi-Fi och Bluetooth [25]

4.4 Ultraljud

Ultraljud är ljudvågor vars frekvenser är högre än vad människor kan höra. Ljudets fysikaliska egenskaper skiljer sig inte på något sätt från de ljud som vi människor hör. Ultraljud är allt från 16 kHz upp till flera gigahertz. Några användningsområden i dagsläge förutom positionering är inom medicinsk diagnostik och för att svetsa t.ex. plast. [20]

4.4.1 Allmänt

I ett ultraljudssystem är de viktigaste noderna, ankarnoderna och de mobila noderna. Ankarnoderna är vanligen fästa i taket, medan de mobila noderna rör sig med målet som man vill positionera. När systemet arbetar kan signalen antingen sändas från ankarnoden eller den mobila noden. Den första metoden kallas för ”up-transmit-down-receive mode” och den andra för ”up-receive-down-transmit mode” och båda metoderna kan användas för att få en position. Positionen fås genom att det centrala systemet skickar ut en signal när det känner igen att ett objekt befinner sig i lokalen, den mobila noden svarar med en ultraljudssignal som tas emot av de takmonterade ankarnoderna. Positionsinformationen skickas sedan till en konsol med hjälp av en Wi-Fi-modul som sedan gör de nödvändiga beräkningarna för att få positionen. [21]



Figur 5. Hur ett ultraljudssystem fungerar.

Noden som tar emot signalen måste veta när noden som sänder signalen börjar generera ultraljudssignalen. Därför måste noderna vara tidssynkroniserade med varandra. Avståndet mellan noderna beräknas med hjälp av ToA, alltså hur länge det tar för signalen att nå målet. För att ultraljud systemet använder sig av ljud för att positionera är det viktigt att korrekt uppskatta ljudets hastighet vid beräkningarna. Ljudets hastighet i luft beror på faktorer som temperatur, relativ fuktighet, lufttryck och luftturbulens. Ofta tar ultraljudssystemen bara i beaktan temperaturen. [22]

4.4.2 Fördelar

System som baserar sig på ultraljud har flera fördelar. Det tar länge för signalen att fortplanta sig och noderna för att bygga upp systemet är rätt så billiga. Eftersom ultraljud generellt inte kan penetrera väggar och dörrar, så kan man vara säker på att noderna som kommunicerar med varandra är i samma rum. Noggrannheten som man uppnår med ultraljud är vanligtvis några centimeter. [22]

4.4.3 Nackdelar

Systemets räckvidd är inte lika stor som t.ex. Wi-Fi och Bluetooth och det att signalen inte penetrerar väggar och dörrar kan i vissa fall också vara en nackdel. [21]

4.5 RFID (Radio-frequency identification)

Radiofrekvensidentifieringstekniken utvecklades ursprungligen för militär användning och användes först av Storbritannien under andra världskriget för att identifiera flygplan. Från 1980-talet började kommersiella produkter vara tillgängliga och användes främst vid djurmärkning och vägtullar. [24]

4.5.1 Tre system

Det finns tre typer av RFID-system: passiva, halv-passiva och aktiva system. Ett typiskt RFID-system innehåller taggar, en läsare och en dator som kör den nödvändiga programvaran. Läsaren och datorn kommunicerar med varandra antingen via en tråd- eller en trådlös länk. [23]

Passivt system

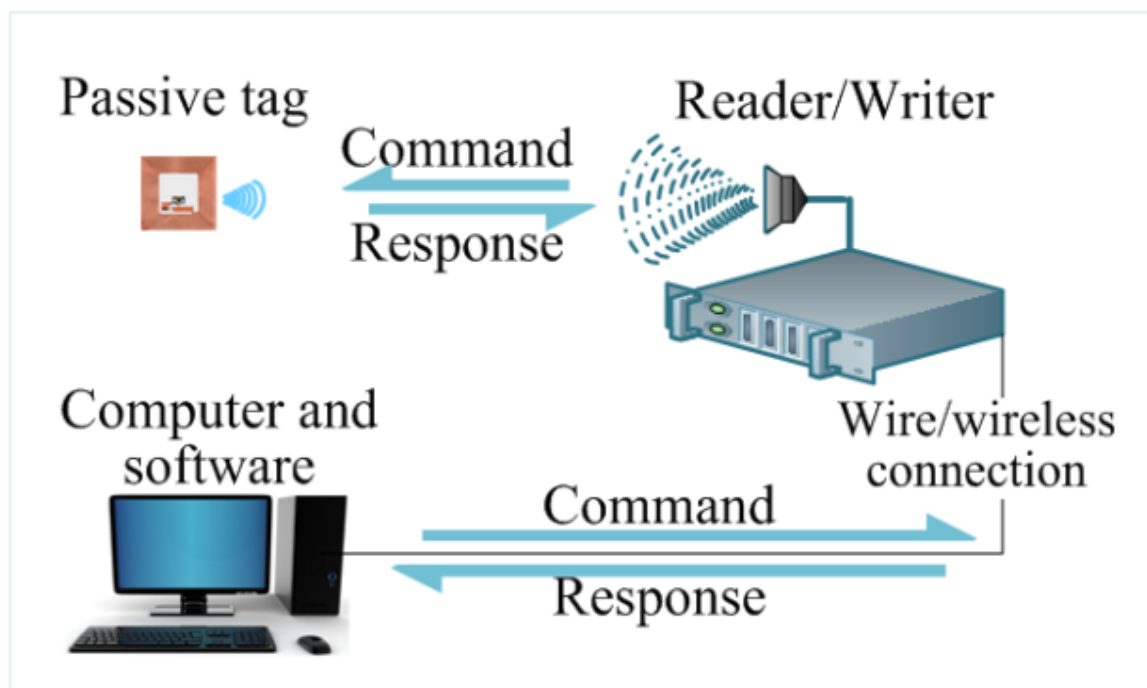
I ett passivt system fungerar läsaren som energikälla, räckvidden för systemet är lägre än i de andra men systemet kräver minimalt underhåll som gör systemet till ett lockande alternativ. Systemet fungerar så att när taggen går in i läsarens signalräckvidd så kommer taggen att bli påslagen av signalen, läsaren samlar in ID och data från taggen och skickar den vidare till datorn som kör programvaran. Datorn behandlar data och skickar den tillbaka till läsaren som sedan sänder den behandlade datan tillbaka till taggen. [23]

Aktivt system

Ett aktivt system skiljer något från ett passivt system. Det aktiva systemet använder sig av aktiva RFID-taggar, som har ett inbyggt batteri, och varje tagg skickar periodiskt data som kan innehålla t.ex. identifikation och annan specifik information som pris och inköpsdatum. Jämfört med ett passivt system så kan det aktiva systemet läsa flera taggar samtidigt, det kan läsa från ett längre avstånd och själva läsaren använder inte lika mycket energi. [23]

Halv-passivt

Principerna för ett halv-passivt system liknar ganska långt det passiva systemet, förutom att de finns ett batteri i den halvpassiva taggen. Batteriet ger en inbyggd strömkälla som förbättrar systemets telemetri. Den inbyggda strömkällan används dock inte direkt för att generera radiofrekvensen. [23]



Figur 6. Ett passivt RFID-system

4.5.2 Allmänt

I huvudsak så används RFID tillsammans med ett annat positioneringssystem för att bilda något som kallas för ett hybridssystem. Det är t.ex. möjligt att kombinera RFID med ett Wi-Fi positioneringssystem för att uppnå en högre noggrannhet. Med RFID kan man tillämpa TOA, TDOA, AOA och RSS, men huvudsakligen används RSS mest av dessa tekniker. [23]

4.5.3 Fördelar

Med ett RFID-system är det möjligt att täcka ett rätt så stort område med bara ett fåtal läsare. Andra fördelar är att systemet är rätt så simpelt, lätt att underhålla, signalen penetrerar enkelt väggar och andra hinder och taggarnas storlekar kan vara flexibla. [23]

4.5.4 Nackdelar

De största nackdelarna med systemet är att signalen lider av starka flervägsfel och RSS med RFID är ostabilt. Fastän systemet är i toppen som ett system för att följa upp var personer rör sig i en byggnad så är det inte riktigt färdigt att användas som ett fristående inomhuspositioneringssystem, utan det krävs att någon annan teknik tillämpas vid sidan om RFID. [23]

4.6 ZigBee

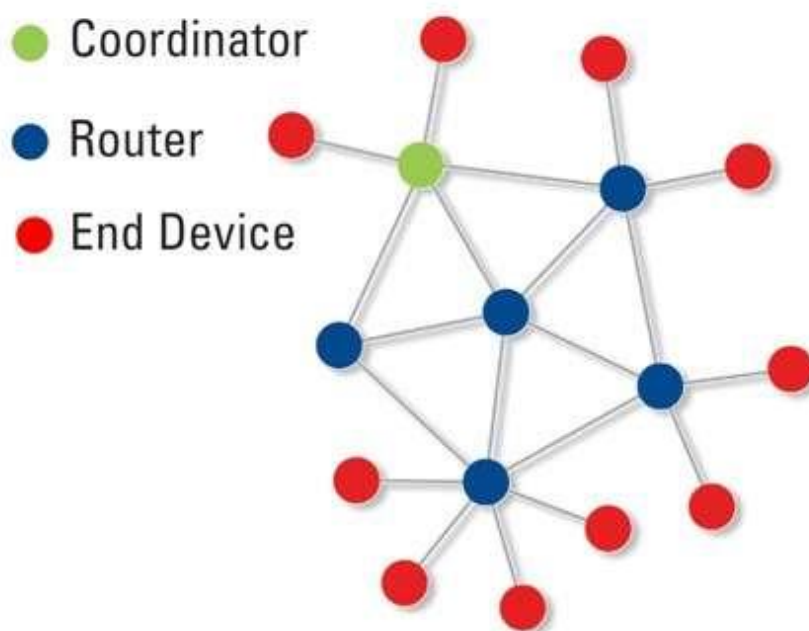
ZigBee är en öppen trådlös kommunikationsstandard som baserar sig på standard nätverksarkitektur med en OSI-modell, Open Systems Interconnection, genom ett IEEE 802.15.4-2006 IP-lager. I stort sätt så fungerar ZigBee ganska långt på samma sätt som Bluetooth. ZigBee fungerar också i lågdrivna enheter, som inte har stor bandbredd, så om enheten sover kan ZigBee skicka en signal för att väcka den så att de kan börja kommunicera. Därför är ZigBee ett populärt kommunikationsprotokoll att använda i ”smart home” enheter. ZigBee kommunicerar genom radiofrekvenser. ZigBee opererar globalt i 2.4 GHz frekvensen men på grund av potentiella störningar så använder ZigBee 915 MHz i USA och 866 MHz i Europa. [26]

I ett ZigBee system finns det tre olika typer av enheter:

- **Koordinerare** som styr nätverksbildningen och säkerhet.
- **Routrar** som överför signalen och förbättrar räckvidden.
- **Slutenheter** som utför specifika uppgifter.

4.6.1 Allmänt

När man bygger upp ett inomhuspositioneringssystem med ZigBee gör man det oftast genom att bygga ett "Mesh" nätverk, och använder sig av triangulering med RSS. I figur 7 syns hur ett "Mesh" nätverk ser ut, i ett inomhuspositioneringssystem skulle routrarna och slutenheterna dock byta plats eftersom noderna skulle vara placerade på väggarna. Det är viktigt att man ser till att systemet man bygger upp har en tillräcklig täckning för att trianguleringen skall fungera. Det är dock möjligt med ZigBee att använda sig av andra slutenheter vid trianguleringen, och göra någonting som kallas för ett mellan hopp ifall man bara befinner sig i räckvidd till två routrar, det här kräver dock att den slutenheten man använder för att göra ett mellan hopp till routern också själv har routerförmågor. Med ett bra uppbyggt system är det möjligt att uppnå en noggrannhet på runt 1 meter. [27]



Figur 7. Ett ZigBee Mesh nätverk.

4.6.2 Fördelar

ZigBee har några viktiga egenskaper som gör att det är ett mycket bra alternativ för att bygga upp ett inomhuspositioneringssystem med. Tekniken är specifikt utvecklad för att stöda avkänning, övervakning och för att styra applikationer. ZigBee-enheterna är batteridrivna och har en låg energiförbrukning på grund av att slutenheterna kan "sova" och väckas upp då de tar emot en signal. Med ZigBee kan man utnyttja flera olika nätverkstopologier, varav "Mesh" är den som används mest och är en funktion som inte finns i de flesta andra trådlösa nätverksstandarderna som t.ex. Wi-Fi. [27]

4.6.3 Nackdelar

ZigBee har en relativt låg noggrannhet om man jämför med system som baserar sig på t.ex. ultraljud. [27]

4.7 Magnetpositionering

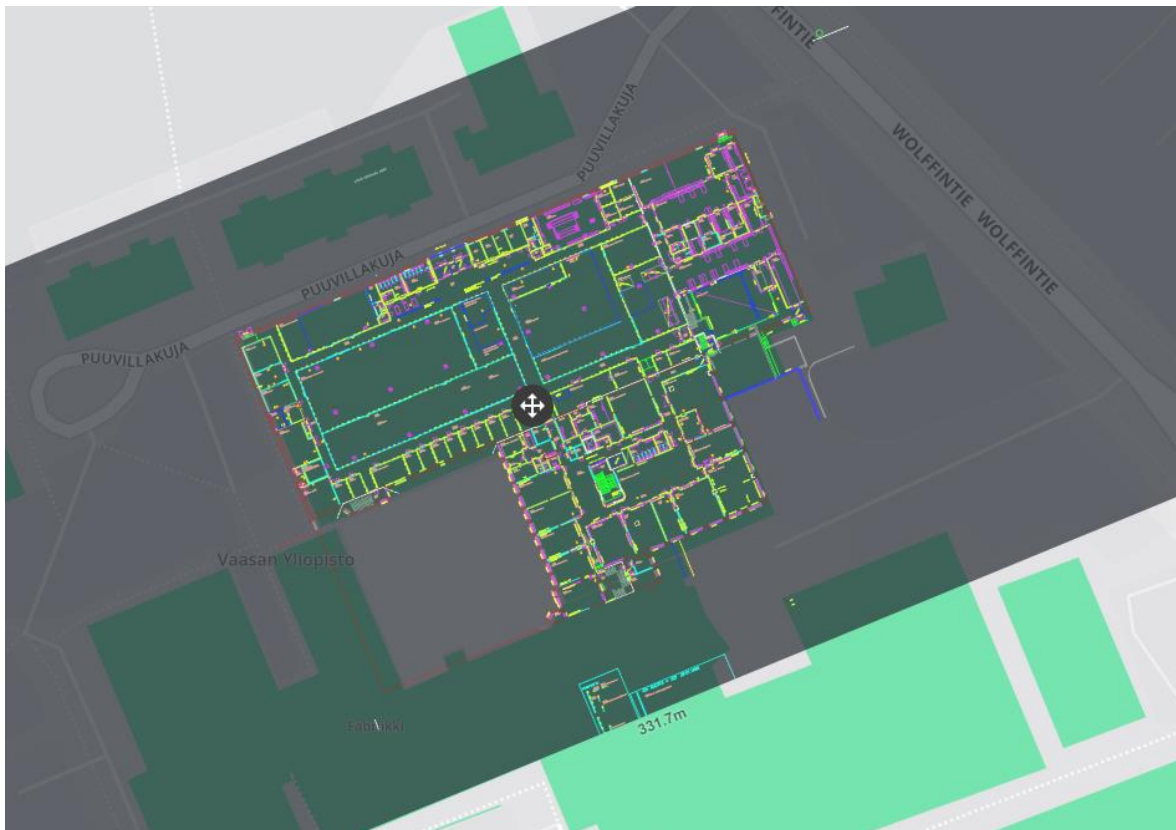
Med magnetfälts positionering är det möjligt att beräkna en absolut position helt utan infrastruktur. För att inomhuspositionering med magnetfält skall vara möjligt måste de uppfylla några krav. Först av allt så måste densiteten på magnetflödet vara stabilt och konstant över en lång tidsperiod. Om det är instabilt och ändras hela tiden på vissa punkter, vilket sker om det finns en massa rörliga metalldelar i närheten som hissar och rulltrappor, är det ingen mening med att göra en fingeravtryckskarta och det är omöjligt att jämföra resultatet med realtidsdata. För det andra så måste skillnaderna i den magnetiska densiteten vara märkbar bland olika punkter, annars är det inte möjligt att räkna ut skillnaderna och matcha rätt punkt till rätt ställe vilket leder till stora fel. Till exempel om det finns två områden med liknande flödes densitet så kan systemet inte räkna ut och döma skillnaderna. [28]

För att bygga upp ett system som positionerar med hjälp av magnetfält, som har en varierande noggrannhet på 0.1 till 2 meter, behöver man bara en t.ex. en smarttelefon som kan ansluta till servern som är byggd av IndoorAtlas. Därför anses detta vara en mycket kostnadseffektiv metod att bygga upp ett inomhuspositioneringssystem med. [28]

5 Test av systemuppbyggnad med Mapcreator 2

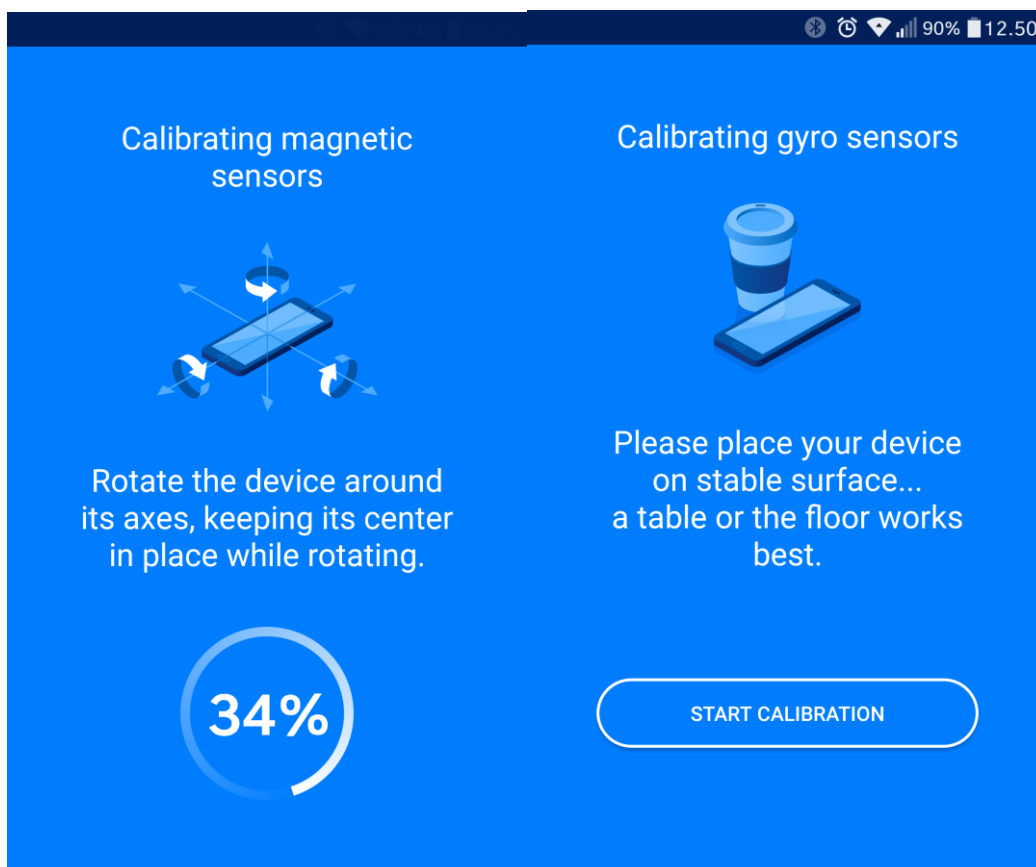
I det här arbetet användes Technobotnias första våning som testmiljö för att bygga upp ett system. Jag kommer att här gå stegvis igenom hur det gick till och analysera resultatet.

För att påbörja arbetet behövs en planlösning på området man vill kartlägga, antingen i JPEG- eller PNG-format. Det här gjorde jag genom att med AutoCAD konvertera en DWG-fil till PNG-format. Efter det laddas PNG-filen upp till IndoorAtlas var man skall manuellt placera planlösningen så den passar in i omgivningen på kartdatan som tillhandahålls av OpenStreetMap, figur 8 visar den färdigt placerade planlösningen. [29]



Figur 8. Placering av planlösning.

Efter att planlösningen är insatt kan man börja kartläggningsprocessen. Man börjar med att ladda ner kartläggningsverktyget som IndoorAtlas har, MapCreator 2. För att uppnå en bättre kvalitet rekommenderar IndoorAtlas att man använder sig av Nexus 5, Nexus 5X, Nexus 6, Nexus 6P, Honor 8, LG G4 och G5, Oppo R9M, Oppo R9TM, Oppo R9s, OnePlus 2 och OnePlus 3. I det här arbetet har jag använt en OnePlus One. Det finns några krav på enheten man använder sig av då man kartlägger; Det krävs Wi-Fi anslutning, magnetometer (kompass), accelerometer och gyroskop sensorer. Kartläggningen börjar med att gyroskopet kalibreras, man placerar först enheten på en stabil flat yta, efter att den delen är klar är det dags att kalibrera magnetiska sensorerna, det görs genom att rotera enheten runt dess axlar tills MapCreator 2 säger att kalibreringen är klar. Figur 9 visar hur kalibreringen ser ut i MapCreator 2. [29]



Figur 9. Kalibrering.

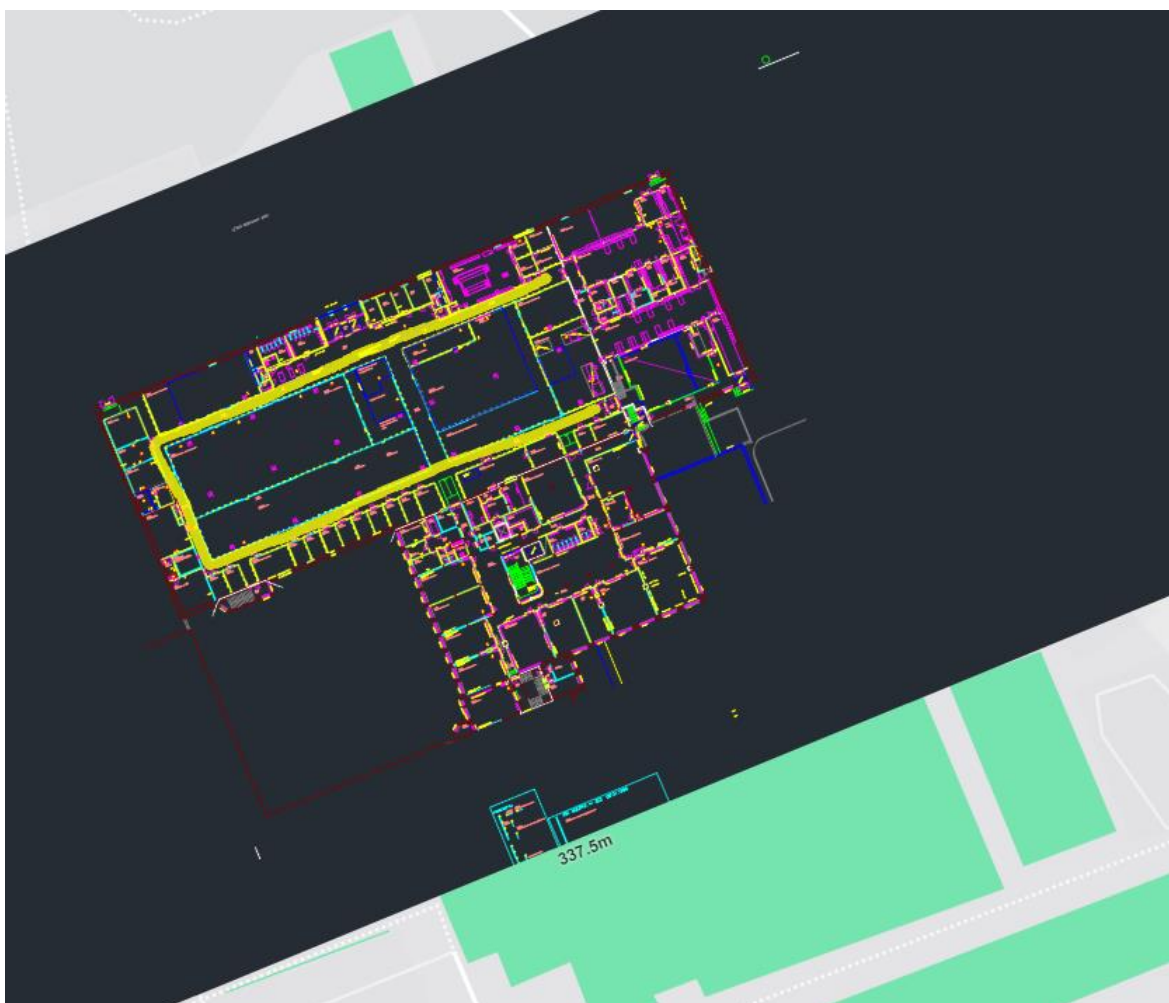
Efter det börjar man placera vägpunkter på lätt igenkännbara platser med 10–20 meters intervaller och man skall sträva till att lämna 0.5–1 meters avstånd till väggar. När man tycker att man placerat tillräckligt med punkter ska man ställa sig vid punkten där man vill starta kartläggningen från och börja banda in rutten. När man kommer fram till sin andra vägpunkt och enheten du kartlägger med är i mitten av punkten trycker man på knappen mitt på skärmen för att spara rutten, MapCreator 2 kommer efter det att visa den ungefärliga rutten man gick. Efter det är det bara att upprepa stegen tills man har kartlagt alla vägpunkter. När alla punkter i rutten kartlagts avbryter man inspelningen genom att trycka på stop knappen. I det här skedet kommer MapCreator 2 antingen att ge ett fel meddelande ifall något gick fel eller låta dig spara rutten. [29]



Figur 10. Rutten mellan startpunkten och den andra punkten.

Efter att alla rutter är kartlagda öppnar man sitt arbete på IndoorAtlas sida där man laddade upp planlösningen och börjar generera kartan. När kartan är genererad kan man köra "Test" mode för att kontrollera hur bra positioneringen är, genom att gå runt i området man kartlagt. [29]

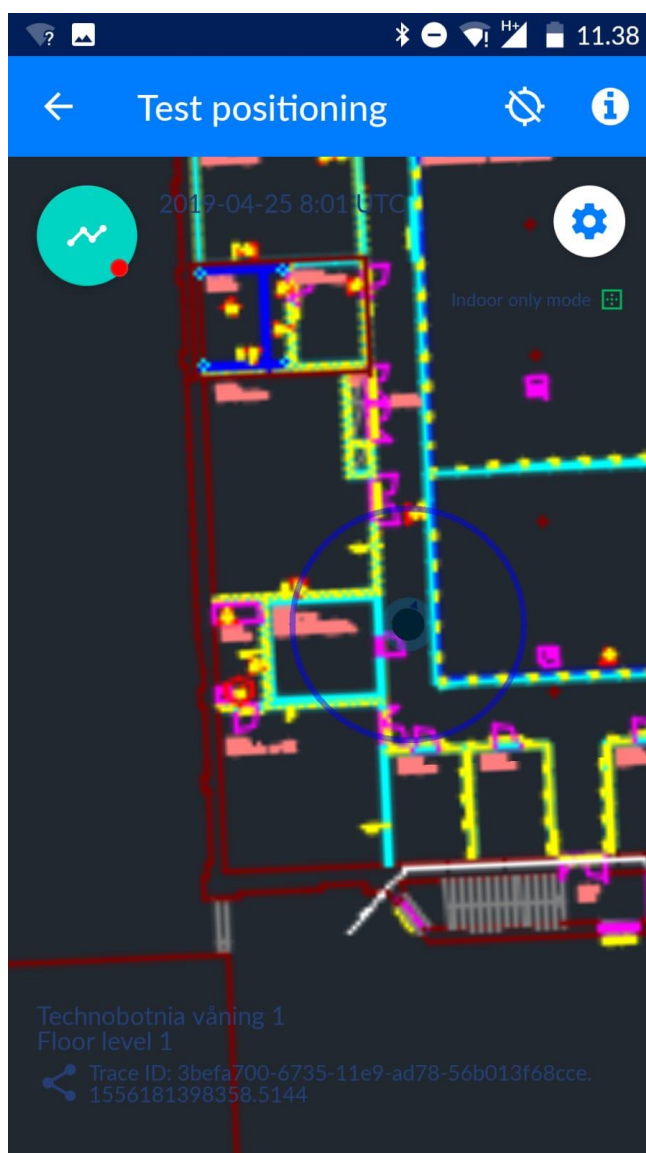
För att kunna använda systemet på en smarttelefon som kör Android måste man själv utveckla en applikation och använda sig av API:n (Application Programming Interface) som man kan skapa efter att kartan är klar. Men ifall man vill provköra positioneringen jag byggt kan man ladda ner MapCreator 2 och logga in med användarnamnet Filip och lösenordet indoor2019 och köra projektet i "Test mode". Man kan köra systemet tillsammans med BLE noder för att få en bättre positionering.



Figur 11. Den kartlagda rutten på första våningen i Technobotnia (gula tjocka linjen).

5.1.1 Resultat

Resultatet av det lilla området jag kartlagt var att positionen ställvis var mycket bra, i figur 12 befinner jag mig i verkligheten rakt ytterom den närliggande dörren och applikationen ger ganska långt den exakta positionen. Vissa ställen då jag gick längs den ena långa korridoren kunde positionen dock hoppa rejält, så mycket att den hoppade till den andra långa korridoren. Det här kunde säkert undvikas med att sätta vägpunkter tätare än jag gjorde eller eventuellt att kartlägga rutten vid kanten av väggarna så att man går igenom rutten två gånger.



Figur 12. Test mode.

5.1.2 Fördelar

Positioneringen går att göra helt utan någon skild infrastruktur på enheter som kör Android. Systemet går att göra på nästan en hur stor skala som helst. Hybridlösningen med Bluetooth kräver ungefär 10 % till 20 % av noderna som ett system som bara är uppbyggt med Bluetooth.

5.1.3 Nackdelar

Positioneringen störs om det finns mycket rörliga stora metallobjekt i omgivningen. Om man kör IOS så för att få en noggrann positionering så krävs de att man använder ett hybrid system med hjälp av BLE-noder.

6 Resultat

Alla positioneringssystem har sina små problem eftersom inget av dem ursprungligen utvecklades just för inomhuspositionering. Det är viktigt att man går igenom vad marknaden har att erbjuda för just det ändamålet som man behöver systemet för. Tabell 2 nedanför är en enkel jämförelse av systemen som togs upp i det här arbetet.

Tabell 2 Jämförelse av systemen.

Teknik	Noggrannhet	Komplexitet	Pris	Skala
Wi-Fi	Lägre	Hög	Lägre	Högre
Bluetooth	Låg	Hög	Medium	Hög
UWB	Hög	Högre	Högre	Lägre
RFID	Hög	Hög	Låg	Hög
Ultraljud	Högre	Lägre	Lägre	Medium
ZigBee	Medium	Lägre	Lägre	Medium
Magnet	Låg	Lägre	Lägre	Högre

6.1 Användningsområden

Den stora frågan om man tänker på att börja använda ett inomhuspositioneringssystem är att vilket av alla dessa system är det rätta för just det man behöver. Jag tar upp några scenarion och berättar vilka system som lämpar sig bra för just det scenariot.

Ifall man äger en större lagerlokal och vill implementera ett system med hög noggrannhet så väljer man ett UWB-system eller Ultraljud eftersom dessa två har den högsta noggrannheten, vilket kan vara en stor fördel då man kör truck och kanske inte har ett så bra synfält från förarhytten. Det är också lätt att lokalisera människor exakt i utrymmen ifall det händer en allvarlig olycka.

I ett köpcentrum vill man möjligen använda sig av en hybrid lösning med Wi-Fi och Bluetooth, eftersom man säkert klarar sig med en lägre noggrannhet i ett köpcentrum. Med hjälp av att man kör ett hybrid system så blir det möjligt att affärer i köpcentrumet kan skicka ut eventuella push notifikationer om produkter när kunden befinner sig i närheten. En möjlig lösning är också Magnetpositionering, IndoorAtlas byggde upp ett system på ungefär 8 timmar i REDI, ett nytt köpcentrum i Helsingfors.

I en vanlig kontorsbyggnad är det två starkaste lösningarna Bluetooth och ZigBee. Man kan lätt placera noderna till dessa system längs med korridorer och placera dem på väggarna i rummen. Ifall man har stora utrymmen kan man vara tvungen att placera noder i taken för att få en tillräckligt hög täckning.

7 Diskussion

Det skulle vara möjligt att ta upp specifikationer och information om alla system så att de skulle bli enskilda examensarbeten, jag har försökt ta upp de viktigaste för att ge läsaren en uppfattning om vilka olika de system det finns och hur de fungerar. Som framtida forskning kanske man kunde skriva ett helt arbete just om bara en teknik, någon kunde t.ex. bygga upp ett system med Mapcreator 2 som täcker hela Technobotnia och efter det själv bygga upp en applikation till andriod med hjälp av API:n som man får.

Det är svårt att säga hur framtiden ser ut för inomhuspositionering. Det är möjligt att det dyker upp en teknik som är utvecklad just för det ändamålet och slår bort alla andra helt och hållet. Om man på något sätt kunde få Wi-Fi positioneringens noggrannhet att bli betydligt bättre så ser jag nog att den tekniken skulle stiga upp och bli den bästa.

Det har varit mycket intressant, lärorikt och utmanande att skriva det här examensarbetet. Jag har lärt mig en hel del under skrivprocessen, visste inte ens att de fanns något som hette inomhuspositioneringssystem innan jag började skriva. Jag hoppas att kunskaperna jag fått av att skriva det här arbetet kommer att vara till nytta i framtiden i arbetslivet.

8 Källförteckning

- [1] Senion AB, 2018. *Senion.com*. [Online]
<https://senion.com/indoor-positioning-system/>
 [Använd 12.1.2019].
- [10] Engström, H. & Helander, F., 2015. *Evaluation and testing of techniques for indoor positioning*, Lund: Lund University.
- [11] Kárník, J. & Streit, J., 2016. *Summary of available indoor location techniques*, Brno: Brno University of Technology.
- [12] O'Keefe, B., 2017. *Finding Location with Time of Arrival and Time Difference of Arrival Techniques*, u.o.: ECE Senior Capstone Project.
- [15] Srivastava, S., 2018. *Leverage*. [Online]
<https://www.leverage.com/blogpost/wifi-indoor-positioning>
 [Använd 5.4.2019].
- [16] Konkurrens- och Konsumentverket, 2004. *Konsumentombudsmannens riktlinjer - Minderåriga, marknadsföring och inköp*. [Online]
<https://www.kkv.fi/sv/beslut-och-publikationer/publikationer/konsumentombudsmannens-riktlinjer/enligt-substans/minderariga-marknadsforing-och-inkop/>
 [Använd 9.4.2019].
- [17] Rouse, M., 2008. *Whatis-techtarget*. [Online]
<https://whatis.techtarget.com/definition/ultra-wideband>
 [Använd 10.4.2019].
- [18] Gupta, A. & Mohammed, I., 2016. *EDN*. [Online]
<https://www.edn.com/5G/4442859/The-basics-of-Bluetooth-Low-Energy--BLE-->
 [Använd 11.4.2019].
- [19] Leverage, 2019. *iotforall*. [Online]
<https://www.iotforall.com/indoor-positioning-bluetooth-low-energy-ble/>
 [Använd 11.4.2019].
- [2] Faheem Zafari, A. G. K. K. L., 2018. *A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies*. [Online]
<https://arxiv.org/pdf/1709.01015.pdf>
 [Använd 12.1.2019].
- [20] Hermann Ultraschall, 2019. *Hermann Ultraschall*. [Online]
<https://www.herrmannultraschall.com/en/ultrasonic-basics/ultrasonic-basics/what-is-ultrasonic/>
 [Använd 15.4.2019].
- [21] Li, J., Guangjie, H., Chunsheng, Z. & Guiqing, S., 2016. *An Indoor Ultrasonic Positioning System Based on TOA for Internet of Things*, Changzhou: Hohai University.

- [22] Medina, C., Segura, J. & De la Torre, Á., 2013. *Ultrasound Indoor Positioning System Based on a Low-Power Wireless Sensor Network Providing Sub-Centimeter Accuracy*, Granada: Univeristy of Granada.
- [23] Yuntian, B., Suqin, W., Hongren, W. & Kefei, Z., 2012. *Overview of RFID-Based Indoor Positioning Technology*, Melbourne: RMIT University.
- [24] Samer, S. & Zahi, N., 2011. *A Standalone RFID Inoor Positioning System Using Passive Tags*, u.o.: IEEE Transactions on Industrial Electronics .
- [25] Abdulrahman, A. o.a., 2016. *Ultra Wideband Indoor Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances*, Riyadh: King Abdulaziz City for Science and Technology.
- [26] Fizz, R., 2018. *Lifewire*. [Online]
<https://www.lifewire.com/what-is-zigbee-818417>
[Använd 21.4.2019].
- [27] Hernandez, O., Jain, V., Chakaravarty, S. & Bhargava, P., u.d. *Position Location Monitoring Using IEEE® 802.15.4/ZigBee® technology*, Austin: Freescale.
- [28] Guoliang, L., 2015. *INDOOR POSITIONING SYSTEM RESEARCH AND DEVELOP*, Tampere: Tampere University of Applied Sciences.
- [29] IndoorAtlas, u.d. *IndoorAtlas*. [Online]
<https://docs.indooratlas.com/app/>
[Använd 25.4.2019].
- [8] R. Dobbins, S. G. B. S., u.d. *Software Defined Radio Localization Using 802.11-style Communications*, Worcester: Worcester Polytechnic Institute.
- [9] Liu, J., 2014. *Survey of Wireless Based Indoor Localization Technologies*, St.Louis: Washington University.

8.1 Figurer

Figur 1 Rapport, G. Sateesh Kuma, G. Sasi Bhushana Rao, M. N. V. S. S Kumar; GPS Signal Short-Term Propagation Characteristics Modeling in Urban Areas for Precise Navigation Applications (Hämtad 26.4.2019)

Figur 2 Egen illustration

Figur 3 Rapport, H.Mehmood, K. Tripathi, Hybrid Positioning Systems: A Review (Hämtad 26.4.2019)

Figur 4 Proximi.io; How to do accurate indoor positioning with Bluetooth beacons? (Hämtad 26.4.2019)

Figur 5 Rapport, [21] (Hämtad 26.4.2019)

Figur 6 Rapport, [23] (Hämtad 26.4.2019)

Figur 7 Artikel, To ZigBee or Not to ZigBee? Factors to consider when selecting ZigBee Technology, Iboun Taimiya Sylla (Hämtad 20.4.2019)

Figur 8 Skärmdump av app.indooratlas.com

Figur 9 Instuktioner, [29] (Hämtad 25.4.2019)

Figur 10 Skärmdump av MapCreator 2

Figur 11 Skärmdump av app.indooratlas.com

Figur 12 Skärmdump av MapCreator 2

8.2 Tabeller

Tabell 1 Egen tabell

Tabell 2 Egen tabell

