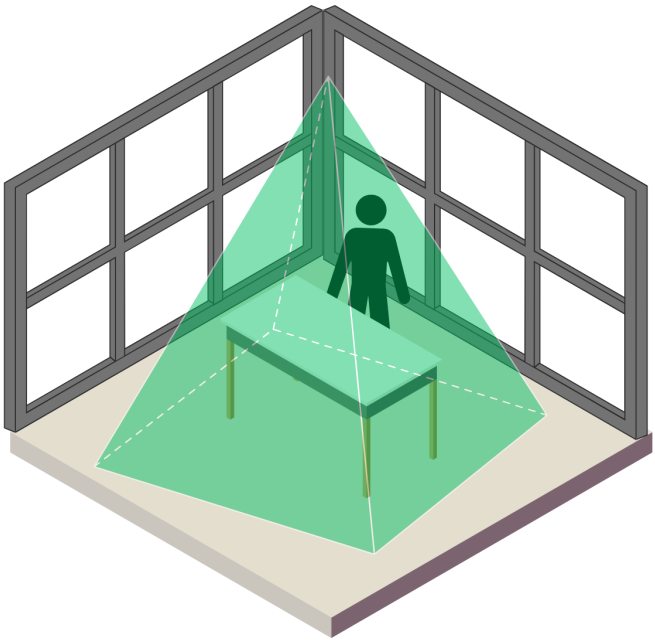
CHALMERS



Radarbaserad närvarodetektion i grupprum

Radar-based occupancy detection in study rooms

Konfigurering och programmering av en frekvensmodulerad radarmodul för att detektera närvaro

Kandidatarbete inom mikroteknologi och nanovetenskap

Karin Bernhardt, Alexander Bogavac, Alex Helander, Amanda Larking, Elias Rangert, Ayaan Shaikh

INSTITUTIONEN FÖR MIKROTEKNOLOGI OCH NANOVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025

www.chalmers.se

Kandidatuppsats 2025

Radarbaserad närvarodetektion i grupprum

Kon gurering och programmering av en frekvensmodulerad radarmodul för att detektera närvaro

Karin Bernhardt, Alexander Bogavac, Alex Helander, Amanda Larking, Elias Rangert, Ayaan Shaikh

Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap
MCCX11-VT25-03
Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sverige 2025

Radarbaserad närvarodetektion i grupprum
Kon gurering och programmering av en frekvensmodulerad radarmodul för att detektera närvaro
Karin Bernhardt, Alexander Bogavac, Alex Helander, Amanda Larking,
Elias Rangert, Ayaan Shaikh

© KARIN BERNHARDT, ALEXANDER BOGAVAC, ALEX HELANDER,
AMANDA LARKING, ELIAS RANGERT, AYAAN SHAIKH, 2025.

Handledare: Vessen Vassilev, Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap
Examinator: Per Lundgren, Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap

Kandidatarbete 2025
Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap
MCCX11-VT25-03
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Framsida: Illustration av närvarodetektion med en takmonterad radar.

Skriven i LaTeX
Göteborg, Sverige 2025

Abstract

Improving the e ciency of shared space usage, such as study rooms at universities, is important for both resource management and user accessibility. Traditional booking systems fail to show correct occupancy, leading to unused resources. This project explores the use of a frequency-modulated continuous wave-radar for detecting human presence in study rooms.

The radar module used was the Texas Instruments AWR1843BOOST which operates in the 76 - 81 GHz frequency band. An initial analysis of the module's output showed that both the location and velocity of detected points could be extracted from the data. A program was developed to classify a room as either free or occupied based on information extracted from the detected points. A room was considered empty if no points showed velocity during a de ned period of time. On the other hand, if two points with movement were within a specifed radius and timespan of each other, the room was considered occupied.

Final testing showed that the system correctly classi ed empty and occupied rooms in both short- and long-duration tests. When investigating ten special case scenarios, only one scenario failed in two out of three tests. These results demonstrate the possibility of radar-based presence detection in group rooms and going forward, this work could be integrated into a system covering entire campus sites.

Keywords: FMCW, indoor occupancy, presence detection, radar, resource management, study room.

Sammandrag

E ektiv användning av gemensamma utrymmen, såsom grupprum på universitet, är viktigt för både resursoptimering och förbättrad tillgänglighet. Traditionella bokningssystem saknar stöd för att visa faktisk närvaro, vilket ofta leder till att resurser förblir outnyttjade. Detta projekt undersöker användandet av en frequency-modulated continuous wave-radar för att detektera närvaro i grupprum.

Den använda radarmodulen, Texas Instruments AWR1843BOOST, arbetar i 76-81 GHz-bandet. En initial analys av radarns utdata visade att både position och hastighet hos detekterade objekt kunde extraheras. Ett program utvecklades för att klassi cera ett rum som ledigt eller upptaget baserat på information om de detekterade punkterna. Ett rum betraktades som ledigt om inga punkter uppvisade hastighet under en de nierad tidsperiod. Däremot, om två punkter med hastighet var belägna inom både ett visst avstånd och tidsintervall från varandra, klassi cerades rummet som upptaget.

Slutgiltiga tester visade att systemet korrekt klassi cerade tomma och upptagna rum under både korta och långa testperioder. Vid test av tio specialfall misslyckades endast ett fall, vid två av tre försök. Resultaten visar att radarbaserad närvarodetektion i grupprum är möjlig, och att detta system framöver skulle kunna integreras i en lösning som täcker hela campusområden.

Nyckelord: FMCW, inomhusnärvaro, närvarodetektion, radar, resurshantering, grupprum.

Förord

Vi vill rikta ett tack till vår handledare Vessen Vassilev för ett stort förtroende och stöd. Du skapade en miljö och trygghet där vi ck friheten och hjälpen som behövdes att lyckas med detta projekt.

Karin Bernhardt, Alexander Bogavac, Alex Helander, Amanda Larking,

Elias Rangert, Ayaan Shaikh, Göteborg, Juni, 2025

Lista av förkortningar

Nedan presenteras en lista med förkortningar som används genom denna rapport, i alfabetisk ordning:

CFAR	Constant False Alarm Rate
CLI	Command Line Interface
FFT	Fast Fourier Transform
FMCW	Frequency-Modulated Continuous Wave
MIMO	Multiple Input Multiple Output
SIMO	Single Input Multiple Output
TI	Texas Instruments
TLV	Type-Length-Value
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

Innehåll

1 Introduktion 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 2
1.3 Avgränsningar 2

2 Teori 3
2.1 Radar och FMCW-radar 3
2.2 Radarmätningar 4
2.2.1 Avståndsmätning 4
2.2.2 Hastighetsmätning 5
2.3 Gruppantenner 6
2.4 Hantering av brus 6

3 Metod 7
3.1 Projektets radarmodul 8
3.2 Kon guration av radarmodul 8
3.2.1 Kommunikation mellan dator och radar 8
3.2.2 Kon guration för närvaromätning 9
3.3 Radardata 9
3.4 Program 9
3.5 Testmetodik 11
3.5.1 Testuppställning 11
3.5.2 Optimering av testparametrar 12
3.5.3 Veri kationstester 12

4 Resultat 15
4.1 20-minuterstest 15
4.2 Tre-timmarstest 15
4.3 Testning av specialfall 16

5 Diskussion 17
5.1 Val av kon gurationsinställningar 17

5.2 Resultatanalys 18
5.2.1 20-minuterstest 18
5.2.2 Tre-timmarstest 18
5.2.3 Specialfall 18
5.3 Pålitlighet 19
5.4 Ekonomisk bedömning 19
5.5 Utvecklingspotential 20
5.6 Etik 21
5.7 AI i arbetsprocessen 21

6 Slutsats 22

Bibliogra 23

A Bilagor II
A.1 Djupare beskrivning av mjukvara II
A.2 Kon guraions l IV

Figurer

2.1 Chirp i form av sågtandsvåg, dess re ektion samt chirpparametrar B, T_c, f_{beat} och t_d. 3

3.1 Blockdiagram över projektets arbetsprocess. 7
3.2 Projektets radarmodul med gruppantennen markerad med en gul ruta. 8
3.3 Flödesschema över programmets uppbyggnad. 10
3.4 Bilder på radaruppställningen under testning. 11

Tabeller

3.1 Parametrar som undersöks från koden 12
3.2 Genomförda tester för specialfall och dess förväntade utfall. 13

4.1 Förvirringsmatris över resultat från mätningar av tomt rum eller rum med en student. 15
4.2 Genomförda tester samt deras förväntade resultat. En bock innebär att det förväntade resultatet var givet och ett kryss innebär att resultatet avvek från det förväntade utfallet. 16

1

Introduktion

Närvaromätning används idag på många platser, där era olika metoder tillämpas för att detektera närvaro [1]. Flera högskolor i Sverige har köpt in system för att mäta närvaro, som bland annat nyttjas i grupprum [2]. Intresset för just denna tillämpning har väckts på Chalmers tekniska högskola, men istället för att köpa in ett färdigt system undersöks möjligheten att utveckla ett eget system. Detta projekt har därför som mål att använda en radarmodul för att avgöra närvaron i grupprum på Chalmers tekniska högskola.

1.1 Bakgrund

Studier på universitet innebär en stor frihet, och därmed mycket eget ansvar [3]. Det är färre schemalagda lektioner än gymnasiet, vilket gör att en stor del av inlärningen sker genom självstudier. Många studenter vänder sig till varandra för att studera tillsammans, både för obligatoriska moment såsom grupparbeten, men även på eget initiativ för att hjälpas åt inför inlämningar, förståelse av kursmaterial samt inlärning till tentamen. Universitetens mindre studierum kallade grupprum blir därför en naturlig samlingsplats - något som idag följs av problematik.

En undersökning från 2024 på Chalmers tekniska högskola visar att en majoritet av studenterna upplever det svårt att hitta lediga grupprum [4]. Detta kräver att en förändring sker för att inte drabba studenternas lärande. På högskolan nns två typer av grupprum: bokningsbara och de som går efter principen först till kvarn [5]. I dagsläget nns det system tillgängliga för studenter som visar information om ett grupprum är bokat eller inte, men inte huruvida någon faktiskt är där [6]. Detta kan resultera i att grupprum står tomma trots att de betraktas som upptagna. Problemet med att studenter spenderar tid på att leta efter lediga grupprum hade lösts av ett närvaromätningssystem.

Idag nns era system som används för just e ektivisering av lokaler [7], [2]. Density använder sig av ett systemet byggt på radarsensorer som är utvecklat för kontorsmiljöer [7]. Nimway från Sony utnyttjar istället positionering av mobiltelefoner, som utöver kontor även har implementerats på era lärosäten i Sverige [2]. Ett kandidatarbete som undersökte detta system fastslog att det inte var tillräckligt bra efter

testning på Chalmers tekniska högskola [8]. Studenter rapporterade dessutom att de kände sig obekväma med systemet ur ett integritetsperspektiv, då det använder data från privata mobiltelefoner. Ett annat kandidatarbete jämförde nio olika metoder för närvaromätning, däribland kamera, radar, LiDAR och IR-kamera, där radar visades vara en av de bättre alternativen när det kom till studenters bekvämlighetsnivå [4]. Detta i kombination med radarns låga kostnad och lättillgängliga teknik, gör den till ett attraktivt val för närvaromätningssystem [9].

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att utveckla ett system som kan identi era närvaro med hjälp av en Frequency-Modulated Continuous Wave-radar (FMCW). Systemet ska kon gurera radarn, bearbeta insamlad data och på ett e ektivt och tillförlitligt sätt avgöra om ett grupprum är upptaget.

1.3 Avgränsningar

Tydliga avgränsningar är nödvändiga för att uppnå projektets syfte inom den givna tidsramen och med de tillgängliga resurserna. Följande aspekter har därför valts bort från projektets omfattning:

- Antalet personer undersöks inte, vilket innebär att rummen anses antingen lediga eller upptagna. Denna avgränsning görs, då mätning av antalet personer hade krävt en mer omfattande hantering av mätdata.
- Mätningar begränsas till grupprum anpassat till maximalt åtta personer. Ett större rum hade ökat komplexiteten i dataanalysen på grund av re ektioner och ökad mätvolym.
- För att implementera närvaromätning i grupprum på Chalmers hade ytterligare en modul behövts, som både kan koppla upp till Wi-Fi och köra koden. Detta hade ökat projektets omfång och anses mindre viktigt än att färdigställa en prototyp. Av samma anledning genomförs ingen implementering i bokningssytemet TimeEdit.

2

Teori

I följande kapitel presenteras teorin som ligger till grund för projektet. Fokuset ligger på den radarteknik och teori som är nödvändig för att förstå radarmodulen som används i projektet.

2.1 Radar och FMCW-radar

Radar, viket står för Radio Detection And Ranging, är en teknik som används för att upptäcka objekt genom att sända ut radiovågor och analysera deras re ektioner [10]. När dessa vågor trä ar ett objekt, re ekteras en del av energin tillbaka till radarn, där signalen kan tolkas för att bestämma parametrar som avstånd och rörelse. Det nns era olika radartekniker, där den mest använda är pulsradar som skickar ut korta radiosignaler. I detta projekt används istället en FMCW-radar, som lämpar sig väl för närvarodetektion.

FMCW är en radarteknik som sänder ut en kontinuerlig signal vars frekvens sveps linjärt över tid i ett återkommande mönster [11]. Varje sådan frekvenssvepning kallas en chirp [12]. Projektets radarmodul skickar ut en signal i form av en sågtandsvåg [13], illustrerat i gur 2.1.

Figur 2.1: Chirp i form av sågtandsvåg, dess re ektion samt chirpparametrar B, T_c, f_{beat} och t_d.

Figuren visar en utsänd signal, re ektionen från ett objekt och parametrar: startfrekvens f_0, bandbredd B, längd på chirp T_c, frekvensskillnad f_{beat} samt tidsförskjutning t_d mellan de två signalerna. Denna vågform gör det möjligt att inte bara bestämma ett objekts avstånd från sändaren, utan även avgöra dess hastighet [12]. Fördelen med denna typ av våg till skillnad från pulsradar, är att den utskickade signalens amplitud kan vara mycket lägre för att uppnå samma genomsnittliga e ekt över tid [9]. FMCW-radarmoduler är också relativt billiga samt okomplicerade att tillverka, och används därför för att mäta avstånd och hastigheter i tillämpningar där dess relativt låga kostnad och enkla struktur är eftertraktad [14], [9].

2.2 Radarmätningar

Till följande avsnitt kan gur 2.1 användas som stöd för att visualisera ekvationer och samband.

Utseendet på radarns chirp spelar en viktig roll för noggrannheten och upplösningen i mätningar, och därmed krävs förståelse för hur vågen är uppbyggd. En chirp kan beskrivas i termer av signalens frekvens som funktion av tid [12]. För sågtandsmodulering fås en linjär funktion enligt

$$f_t(t) = f_0 + \frac{B}{T_c}t; \tag{2.1}$$

där T_c är längden av en chirp, f_0 startfrekvensen och B bandbredden [15]. Det sveps alltså över ett frekvensintervall mellan f_0 och $f_0 + B$ under en tid T_c. Re ekteras signalen på ett föremål, kommer denna re ektion ha samma form men med en viss tidsfördröjning t_d jämfört med den utskickade signalen.

2.2.1 Avståndsmätning

Tidsfördröjningen t_d mellan den utsända- och re ekterade signalen hänger ihop med avståndet till det trä ade objektet, och beskriver tiden det tog för signalen att färdas till föremålet och sedan tillbaka till sändaren [16]. Signalen färdas med ljusets hastighet c vilket resulterar i ekvationen

$$r = c\,\frac{t_d}{2} \tag{2.2}$$

där r står för det radiella avståndet till objektet. Tiden divideras med två då signalen färdas både till och från målet. Med denna metod nns dock ett maximalt avstånd r_{max} som kan mätas på ett entydigt sätt (eng. maximum unambiguous range) [16]. Detta är på grund av samplingsfrekvensen f_s, som måste vara större eller lika med beatfrekvensen f_{beat} för att kunna ge en entydig mätning. Beatfrekvensen kan beräknas med

$$f_{beat} = t_d \frac{B}{T_c} = \frac{2r}{c} \frac{B}{T_c}: \tag{2.3}$$

Maximala avståndet sker då $f_s = f_{beat}$, vilket utifrån ekvation 2.3 ger

$$r_{max} = f_s \frac{c}{2} \frac{T_c}{B}: \tag{2.4}$$

En hög r_{max} uppnås alltså genom att öka samplingsfrekvensen f_s eller chirplängden T_c, alternativt sänka bandbredden B.

En annan viktig parameter är avståndsupplösning $_r$ (eng. range resolution), vilket är det minsta avstånd mellan två objekt som radarn kan särskilja [16]. Ekvationen för denna är

$$_r = \frac{c}{2B}; \tag{2.5}$$

En låg $_r$ är önskvärt, och därmed behövs en hög bandbredd B.

2.2.2 Hastighetsmätning

Med en FMCW-radar är det möjligt att avgöra den radiella hastigheten av ett mål, vilket är hastigheten i riktning mot radarn [16]. Detta görs genom att mäta fasskiftet mellan successiva chirps. Mätningar över era chirps i rad visar hur fasen förändras. Genom detta kan hastigheten v beräknas enligt

$$v = \frac{}{4 T_c}; \tag{2.6}$$

där är våglängden som motsvarar en chirps centrala frekvens och är den uppmätta fasskillnaden [17].

Eftersom hastigheten beräknas genom sampling av mottagarsignalen, krävs en tillräckligt hög samplingsfrekvens för att fasskiftet ska mätas korrekt, det nns därmed en övre gräns för den hastighet som kan detekteras [16]. Denna har sin grund i Nyquists samplingsteorem och resulterar i den maximala hastigheten (eng. maximum unambiguous velocity) v

$$v_{max} = \frac{}{4T_c}: \tag{2.7}$$

Som ekvationen visar är den maximala hastigheten omvänt proportionell mot chirpens längd T_c, en högre v_{max} innebär därmed lägre r_{max}. En längre våglängd, och därmed lägre frekvens ger också en högre v_{max}.

För att urskilja två separata rörelser som har minimal hastighetsskillnad krävs en bra hastighetsupplösningen $_v$ (eng. velocity resolution) [16]. Denna beräknas enligt

$$_{v} = \frac{}{2N_{chirps}\,T_c}; \tag{2.8}$$

där N_{chirps} är antalet pulser som används till mätningen. För att uppnå hög hastighetsupplösning, det vill säga en liten $_v$, krävs en hög signalfrekvens ^{1}, långa chirps T_c och många pulser per mätning N_{chirp} . Konsekvensen av hög frekvens och lång T_g är lägre maximal hastighet, och er pulser per mätning resulterar i långsammare uppdateringshastighet.

2.3 Gruppantenner

I projektet kommer en radarmodul med en gruppantenn användas. Till skillnad från en enskild antenn, består gruppantenner av era enheter som samarbetar för att rikta radarstrålen samt öka signalstyrkan [10]. Det nns olika tekniker när det kommer till antalet sändare och mottagare i en gruppantenn. Single Input, Multiple Output (SIMO), har en sändare och era mottagare [18]. Med minst en sändare och två mottagare kan vinkeln till ett objekt avgöras. Fler mottagare förbättrar vinkelupplösningen, vilket innebär att radarn kan urskilja mindre vinkelskillnader mellan objekt. Detta innebär att radarn lättare kan bestämma varifrån en re ekterad signal kommer och därmed var i rummet ett mål be nner sig. Ett mer kostnadse ektivt sätt att öka vinkelupplösningen är istället tekniken Multiple Input, Multiple Output (MIMO), som även har era sändare. Genom att öka antalet sändare istället för mottagare går det att uppnå samma vinkelupplösning med färre enheter totalt.

2.4 Hantering av brus

Radarmätningar resulterar i data som delvis består av brus, vilket är oönskade bakgrundssignaler som kan dölja signaler från detekterade mål [19]. För att kunna särskilja relevant data från bruset används en snabb fouriertransform, FFT, (eng. Fast Fourier Transform). En FFT visar signaler i frekvensdomänen och görs i detta fallet på beat-frekvensen f_b. Detekterade mål resulterar i amplitudtoppar, medans brusets amplitudnivå, kallat brusgolv, är jämnare över alla frekvenser. Gränsen för brusgolvet beräknas kontinuerligt genom en algoritm kallad Constant False Alarm Rate (CFAR), som bygger på medelvärdet av amplituden i omgivande datapunkter [20]. En skalningsfaktor läggs sedan till och allt som överstiger den resulterande detektionströskeln räknas som detekterade mål. På så sätt kan amplitudtopparna detekteras, och bruset ltreras bort. Det nns en risk att amplitudtoppar från mål med för svag re ektion är belägna under gränsen, och därmed ltreras bort, vilket kan begränsa detektionen av svaga mål.

3

Metod

Detta kapitel beskriver projektets arbetsprocess, vilken även illustreras i gur 3.1 till höger. Till att börja med behövdes förståelse för hur radarn fungerade, vilket införska ades genom att testa radarn med Texas Instruments (TI) visualiseringsprogrammmWave Demo Visualizer[21], samt genom forskning. Därefter skrevs ett program för styrning av kon gurationsparametrarna samt extrahering och bearbetning av data från radarn utan att gå via TI:s visualiseringsverktyg. Detta gjorde det möjligt att i realtid ta emot data, och samtidigt visualisera denna i olika former av grafer. Vidare utvecklades programmet för den slutgiltiga närvarodetekteringen, med ltrering och mekanismer för att förebygga eventuella feldetektioner. Slutligen utfördes olika tester för att undersöka om närvarodetektionen fungerade som förväntat, eller om det krävdes korrigeringar i programmet, vilka genomfördes löpande tills en lösning uppnåddes.

Figur 3.1: Blockdiagram över projektets arbetsprocess.

3.1 Projektets radarmodul

I projektet användes radarmodulen AWR1843BOOST från TI, en MIMO-radar som arbetar i frekvensbandet 76-81 GHz och är utrustad med tre sändare samt fyra mottagare. I gur 3.2 visas radarmodulen med dess gruppantenn markerad i den gula rutan.

Figur 3.2: Projektets radarmodul med gruppantennen markerad med en gul ruta.

3.2 Kon guration av radarmodul

En anpassad kon guration av radarn krävdes för att dess närvaromätningar skulle bli noggranna. Kon gurationen styr hur radarn sänder, tolkar och bearbetar data genom olika inställningar. I detta avsnitt beskrivs både hur kommunikationen mellan dator och radar såg ut, samt den kon gurationen som användes.

3.2.1 Kommunikation mellan dator och radar

Kon gurationen bestod av kommandon skrivna i Command Line Interface (CLI), vilka instruerar radarn om hur den ska operera. Med hjälp av teckenkodningen UTF-8 konverterades kommandona i kon gurations len till bitform och skickades till radarn via en Universal Asynchronous Receiver/Transmitter-port (UART). Detta gjordes med en viss baud rate, vilket är antalet symboler per sekund som hanteras (Bd/s). För en UART-port behöver sändare och mottagare ha samma baud rate, annars kan data misstolkas. Därför behövde programmet konstrueras så att datorn skickade data med samma baud rate som radarmodulens användarport, och även tog emot data med samma baud rate som dataporten. Användarporten för projektets radarmodul hade en avsevärt lägre baud rate jämfört med dataporten, nämligen

115 200 Bd/s respektive 921 600 Bd/s. Detta beror på att användarporten används för att skicka instruktioner, där kvalitet och stabilitet är viktiga, medan dataporten skickar ut stora mängder rådata och därför kräver en högre baud rate för att kunna hanteras i realtid [22].

3.2.2 Kon guration för närvaromätning

Kon gurations len som användes genererades av TI:s visualiseringsprogram [21], där förinställningen best velocity resolution valdes. Denna justerades för att förbättra precisionen på närvaromätningarna och för att anpassa radarn till de speci ka behoven för projektet. Den slutgiltiga kon gurations len nns i bilaga A.2. Det som justerades var CFAR-inställningar och mottagarampli kationen. Mottagarampli - kationen höjdes till maxvärdet, eftersom detta ökar systemets känslighet, det vill säga förmågan att detektera svaga re ektioner. I CFAR-inställningarna ändrades skalningsfaktorn på detektionströskeln, med målet att antalet detekterade mål i en radarmätning ska motsvara antalet mål som nns i verkligheten. Den nivå som ansågs bra var 7 dB.

Utöver dessa ändringar infördes en kompensation för radarbias, där radarbias är små skillnader från förväntade mätvärden som kan uppstå på grund av variationer mellan radarmoduler. Genom att göra mätningar på ett starkt re ekterande objekt på ett känt avstånd från radarn, kunde en justeringsterm tas fram med hjälp av visualiseringsprogrammet. Denna term lades sedan till i kon gurations len för att motverka biasen.

3.3 Radardata

Den data som radarmodulen exporterade var i binärt format, vilket innebar att den behövde behandlas innan användning. Datan omvandlades till en ordnad struktur, i detta fall till formen Type-Length-Value (TLV), för att göra datahanteringen enklare och mer e ektiv. TLV står för typ av data, dess längd och sist själva mätdatan. Genom att läsa av typdeklarationen i början av ett TLV-paket, kunde över ödig data ltreras bort. De datapunkter som klassi cerades som upptäckta innehöll 3D-koordinater och hastighet.

3.4 Program

Hanteringen av radarkon guration och data kunde göras genom ett MATLAB demoprogram skrivet av TI. Eftersom implementationen genomfördes i Python, krävdes en översättning till detta programmeringsspråk. En sådan översättning hittades på

GitHub och var baserad på demoprogrammet från TI [23]. Programmet kunde delas upp i två huvudsakliga delar, kon gurering och datahantering. Kon gureringen skedde genom att en kon gurations l skickades till radarn. Filen förbehandlades genom att all text som inte utgjorde kommandon, exempelvis inledande kommentarer, togs bort innan den skickades till radarn. Radarn utförde sedan mätningar enligt kon gurations len och skickade tillbaka data speci cerat till upptäckta punkter.

För att analysera denna data skrevs ett program som avgjorde om rummet som mätningarna gjordes i stod ledigt eller upptaget. En överblick av detta program tillsammans med de två första stegen beskrivna ovan, visualiseras i form av ett blockdiagram i gur 3.3 och beskrivs i nästkommande stycke.

Figur 3.3: Flödesschema över programmets uppbyggnad.

Vid varje mätning loopar programmet igenom alla detekterade punkter och kontrollerar om de hade en hastighet samt var belägna inom rummets dimensioner. Uppfylldes inte dessa krav var det antingen ett objekt som stod stilla eller stod utanför rummet och dessa ltrerades bort. De punkter som uppfyllde kriterierna klassades som mål , och en funktion undersökte sedan om dessa var belägna inom en viss radie från ett tidigare mål, om inte lades de till som ett nytt mål. Hade en punkt med rörelse däremot befunnit sig inom samma radie två gånger inom en sekund ansågs det som upptaget. Var det istället helt fritt från rörelse under tre sekunder ansågs rummet vara ledigt.

För att undvika att programmet växlade fram och tillbaka mellan ledigt och upptaget infördes en tidsfördröjning, under vilken programmet inte kunde byta klassi ceringen från ledigt till upptaget eller tvärt om. När rummet hade klassi cerats som