

Liveinformation om lediga grupprum

Systemkonstruktion för framtida implementering av personräkningstekniker och datadistributionstjänster för ett universitet

Kandidatarbete i industri- och materialvetenskap inom civilingenjörsprogrammen Automation och mekatronik, Datateknik och Informationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola

Felix Bjerhem Aronsson

Oscar Cronvall

Albin Enström

Moa Johannesson

Tim Karlsson

Lukas Åkefeldt

BACHELOR'S THESIS IMSX16-24-13

Live Information about Available Study Rooms

System engineering for future implementation of
people counting technologies and data distribution services for a
university

Felix Bjerhem Aronsson

Oscar Cronvall

Albin Enström

Moa Johannesson

Tim Karlsson

Lukas Åkefeldt



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Department of Industrial and Materials Science
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg 2024

Liveinformation om lediga grupprum
Systemkonstruktion för framtida implementering av personräkningstekniker och data-
distributionstjänster för ett universitet
Felix Bjerhem Aronsson, Oscar Cronvall, Albin Enström, Moa Johannesson,
Tim Karlsson, Lukas Åkefeldt.

© Felix Bjerhem Aronsson, Oscar Cronvall, Albin Enström, Moa Johannesson,
Tim Karlsson, Lukas Åkefeldt, 2024.

Handledare: Erik Hulthén, Institutionen för industri- och materialvetenskap.
Examinator: Lars Almfelt, Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Examensarbete 2024
Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Förenklad representation av utvecklat system för personräkning.

Skriven i L^AT_EX
Göteborg 2024

Sammanfattning

Denna rapport avhandlar arbetet kring skapandet av ett system för att kunna räkna personer i enskilda grupprum på Chalmers Tekniska Högskola, och hur man redovisar resultatet på ett bra sätt. Att på ett enkelt sätt kunna se vilka grupprum som är lediga är något studenter på Chalmers anser är viktigt, samt att universitetet vill kunna utforma insikter baserat på nyttjandet av grupprummen i dess lokaler.

Projektet utnyttjade en färdigkonstruerad mmWave-räknare, vilken integrerades med en gateway för att sedan anslutas till en server. Data erhöles från servern genom användning av ett API och presenterades slutligen genom en webbplats utvecklad av projektgruppen.

Arbetet ledde fram till ett system som klarar av att räkna ut om det finns en person i rummet eller inte, men har svårare att räkna ut hur många som finns i rummet med en accepterad marginal. Produkten fungerar väl emot studenterna då man på ett enkelt sätt kan se vilka grupprum som är lediga eller nyttjade genom webbplatsen. De resulterande datavisualiseringarna riktade mot universitetet redovisas på ett flertal sätt genom nyckeltal, tabeller och grafer i en fördefinierad upplösning.

Nyckelord: Databasinsamling, resursutnyttjande, webbimplementation, lokalplanering, produktutveckling, IoT, nyttjandebevakning

Abstract

This report discusses the work on creating a system for counting people in individual study rooms at Chalmers University of Technology, and how to present the results effectively. Being able to easily see which study rooms are available is something Chalmers students consider important, and the university wants to derive insights based on the use of study rooms on its premises.

The project utilized a pre-constructed mmWave sensor for counting, which was communicating with a gateway that in turn is connected to a server. Data was obtained from the server using an API and finally presented through a website developed by the project group.

The work ultimately resulted in a system capable of determining whether there is a person in the room or not, but it has more difficulty accurately counting the number of people in the room within an acceptable margin. The product works well in that it allows users to easily see which study rooms are available or occupied through the website. The resulting data visualizations aimed at the university are presented in various ways through key figures, tables, and graphs in a predefined resolution.

Keywords: Datacollection, resource utilization, web implementation, room planner, product development, IoT, usage monitoring

Förord

Denna rapport är en del av vår projektgrupps kandidatarbete på Institutionen för industri- och materialvetenskap vid Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill tacka vår handledare Erik Hulthén för projektförslaget, hans engagemang samt hans handledningen. Vi vill också tacka Ellie Chang på Minew Technologies, hennes assistans av teknisk informationsförmedling har varit betydande för det resultat vi tagit fram.

Felix Bjerhem Aronsson, Oscar Cronvall, Albin Enström, Moa Johannesson, Tim Karlsson, Lukas Åkefeldt, Göteborg, Maj 2024

Akronymer

Nedan är de akronymer som har använts i denna rapporten listade i alfabetisk ordning:

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| AI | Artificiell intelligens |
| AoA | Angle of Arrival |
| API | Applikationsprogrammeringsgränssnitt |
| Doppler-FFT | Doppler Fourier Transform |
| FMCW | Frekvensmodulerad kontinuerlig våg |
| GDPR | General Data Protection Regulation |
| GraphQL | Graph Query Language |
| IoT | Internet of Things |
| IR | Infraröd |
| IT | Informationsteknik |
| LAN | Local Area Network |
| LiDAR | Light Detection and Ranging |
| MAC-adress | Media Access Control-adress |
| mmWave | Millimetervåg |
| NoSQL | No Structured Query Language |
| PIR | Passiv infraröd |
| Range-FFT | Range Fourier Transform |
| REST | Representational State Transfer |
| SQL | Structured Query Language |
| TOF | Time of Flight |
| WLAN | Wireless Local Area Network |

Innehåll

| | |
|--|-----------|
| Akronymer | xi |
| 1 Inledning | 1 |
| 1.1 Syfte | 2 |
| 1.2 Problem | 2 |
| 1.2.1 Användar- och beställarperspektiv | 3 |
| 1.2.2 Tekniska lösningar och utmaningar | 4 |
| 1.2.3 Forskningsfrågor | 4 |
| 1.3 Avgränsningar | 4 |
| 1.3.1 Sensorarkitektur | 5 |
| 1.3.2 Prototyper | 5 |
| 1.3.3 Integration med befintliga plattformar | 5 |
| 2 Teori | 7 |
| 2.1 Sensortyper | 7 |
| 2.1.1 Time of flight | 8 |
| 2.1.2 Lidar | 8 |
| 2.1.3 Infraröd kamera | 8 |
| 2.1.4 Passiv infraröd | 9 |
| 2.1.5 Koldioxid | 9 |
| 2.1.6 Ultraljud | 10 |
| 2.1.7 Laserstråle | 10 |
| 2.1.8 Kamera | 10 |
| 2.1.9 Millimetervåg | 10 |
| 2.2 Kommunikation | 11 |
| 2.2.1 Zigbee | 11 |
| 2.2.2 Z-wave | 11 |
| 2.2.3 Bluetooth | 11 |
| 2.2.4 Wi-Fi | 12 |
| 2.2.5 Ethernet | 12 |
| 2.2.6 Strömförsörjning | 13 |
| 2.3 Databaser | 13 |
| 2.3.1 SQL | 13 |
| 2.3.2 Tidsserie | 14 |
| 2.3.3 NoSQL | 14 |
| 2.4 IT-arkitektur | 14 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.4.1 | Backend | 14 |
| 2.4.2 | Frontend | 15 |
| 2.4.3 | API | 15 |
| 3 | Metodik | 17 |
| 3.1 | Förstudie | 18 |
| 3.1.1 | Teknik och marknad | 18 |
| 3.1.2 | Användaren | 18 |
| 3.2 | Konstruktion och design | 21 |
| 3.2.1 | Kravspecifikation | 21 |
| 3.2.2 | Konceptgenerering | 21 |
| 3.2.3 | Utvärdering av koncept | 21 |
| 3.3 | Prototypframtagning och provning | 21 |
| 3.3.1 | Backend-utveckling | 22 |
| 3.3.2 | Frontend-utveckling | 23 |
| 3.3.3 | Testning och datainsamling | 24 |
| 3.3.4 | Utvärdering | 24 |
| 4 | Resultat | 25 |
| 4.1 | Teknik och marknad | 25 |
| 4.2 | Användaren | 26 |
| 4.2.1 | Enkätundersökning | 26 |
| 4.2.2 | Intervjusammanställning | 27 |
| 4.2.3 | Kartläggning av användar- och beställarbehov | 27 |
| 4.3 | Konstruktion och design | 28 |
| 4.3.1 | Kravspecifikation | 28 |
| 4.3.2 | Konceptgenerering | 28 |
| 4.3.3 | Utvärdering av koncept | 29 |
| 4.3.4 | Systemarkitektur | 31 |
| 4.4 | Prototypframtagning | 32 |
| 4.4.1 | Hårdvara | 32 |
| 4.4.2 | Backend | 33 |
| 4.4.3 | Frontend | 33 |
| 4.5 | Testning | 36 |
| 4.6 | Utvärdering | 37 |
| 4.6.1 | Personal | 37 |
| 4.6.2 | Studenter | 39 |
| 5 | Diskussion | 41 |
| 5.1 | Etik | 41 |
| 5.2 | Val av sensor och hårdvara | 42 |
| 5.3 | Mjukvara och det digitala systemet | 42 |
| 5.3.1 | Backend | 42 |
| 5.3.2 | Frontend | 44 |
| 5.3.3 | Datahantering | 45 |
| 5.3.4 | API | 46 |
| 5.4 | Vidareutveckling | 46 |

| | |
|--|------------|
| 5.5 Arbetsprocessen och gruppdynamik | 46 |
| 6 Slutsats | 49 |
| Bibliography | 51 |
| A Kravspecifikation | I |
| B Lösningar konceptgenerering | III |
| C Rankning av önskemål | V |
| D Viktning av önskemål | VII |
| E Kesselringmatris | IX |
| F Enkätfrågor med svar | XI |
| G API Dokumentations sida | XV |

1

Inledning

Tillgängligheten av grupprum på Chalmers Tekniska Högskola (benämnt i vissa delar av rapporten som "universitetet") är en central fråga för universitetets studenter. Därför har möjligheten att kunna förmedla liveinformation om lediga grupprum blivit en intressant fråga både för studenterna men även för universitetet.

Den rådande situationen utgör några problem för studenterna och universitetet. För det första är det inte alla studenter som har fullständig kännedom om var samtliga grupprum på universitets campus finns tillgängliga, vilket leder till att vissa rum riskerar att stå tomma då de inte blir upptäckta. För närvarande kan de flesta grupprum på universitet bokas genom TimeEdit-tjänsten. Dock innebär en bokning inte alltid att rummet används under hela den avsedda tiden. Många studenter spenderar betydande tid på att söka efter lediga grupprum om de inte har förbokat ett rum med god framförhållning. Detta i sin tur kan påverka deras planerade arbete på ett negativt sätt.

För det andra kan antalet tillgängliga grupprum ofta upplevas som otillräckligt jämfört med det växande antalet studenter som behöver dem, vilket resulterar i en allt svårare situation när det gäller att finna lediga rum.

Denna situation utgör även en utmaning för universitetet, särskilt med tanke på bristen av kännedom kring vart samtliga grupprum finns tillgängliga. Om universitetet saknar information om vilka grupprum som används blir det svårare att identifiera var nya grupprum bör byggas och var hänvisningar bör placeras. Dessutom förvärras situationen av att många bokningar inte resulterar i faktisk användning av grupprummen. Detta fenomen skapar en missvisande bild av rummens användning, där mindre använda rum kan felaktigt uppfattas som mycket eftertraktade.

För närvarande kan de flesta grupprum på universitetet bokas genom TimeEdit-tjänsten. Dock innebär en bokning inte alltid att rummet används under hela den avsedda tiden. Många studenter spenderar betydande tid på att söka efter lediga grupprum om de inte har förbokat ett rum med god framförhållning. Detta i sin tur påverkar deras planerade arbete negativt.

Ett system som ger liveinformation om lokalers användning kan skapa förutsättningar för djupare analys av nyttjande av ytorna, men också en analys av användarmönster genom kontinuerlig datainsamling. Det kan exempelvis vara information om det finns perioder på året med extra hög efterfrågan på grupprum, eller vilken

tid på dygnet som grupprum används som mest. Detta är något som kan vara till nytta för universitetet vid beslutsfattande av olika slag, till exempel när det kommer till att skapa en bättre studiemiljö för sina studenter eller fördela och spara resurser.

Att detektera personer i ett grupprum kan göras med olika typer av sensorer, det finns sensorer som enbart kan mäta närvaro men även sådana som möjliggör räkning av antal personer närvarande i rummet.

2023 genomfördes ett kandidatarbete på universitetet som undersökte just olika typer av sensorer för avkänning av människor i grupprum och andra lokaler [1]. Det arbetet presenterade passiv infraröd sensor (PIR) som ett möjligt sensorval då den kan känna av rörelse. Eftersom att det även finns andra sensorer med andra fördelar än PIR-sensorn, kommer det här projektet inte att grundas helt i det tidigare kandidatarbetets resultat. Detta projektarbete ämnar dessutom att bredda fokuset från sensorer till att istället utforska en helhetslösning för personräkning och förmedling av liveinformation om grupprums status.

Det är troligt att detta problem inte enbart är begränsat till Chalmers Tekniska Högskola, då många andra stora universitet kan ställas inför liknande utmaningar. Det är också möjligt att industrin kan dra nytta av liknande lösningar för att effektivisera resursanvändningen baserat på människors närvaro i olika rum.

1.1 Syfte

Projektet syftar till att utforska hur ett system som ska kunna förmedla information kring tillgänglighet för grupprummen på universitetet och därmed underlätta vardagen för studenter kan utvecklas. Systemet skall även ta universitetet i beaktande genom att möjliggöra kartläggning av användandet av deras lokaler. Med mer data inom området kan man ta mer grundade beslut när det gäller till exempel utbyggnad eller renovering av studieytorna runt om på universitetets campus.

Detta skall uppnås genom att skapa en helhetslösning för insamling och presentation av data om tillgängligheten och användningen av grupprum. Lösningen skall också vara skalbar för att möjliggöra att flertalet grupprum omfattas av systemet samt möjliggöra användning i större lokaler.

Tanken är att det av systemet insamlade informationen skall förmedlas i realtid till användarna. Detta för att öka kunskapen om var det finns lediga grupprum, vilket kan leda till större cirkulation på användare så att dolda oanvända lokaler undviks.

1.2 Problem

Chalmers Tekniska Högskolas växande studentantal leder till ett större behov av grupprum för studier och projekt. Användningen av bokningssystemet TimeEdit

har visat på utmaningar, där inte alla bokade rum används effektivt, vilket påverkar både studenter och universitetets administration. Dessa utmaningar pekar på behovet av att utveckla system som förbättrar hanteringen och tillgången på grupprum. Lösningarna bör erbjuda tydlig information om tillgängliga rum i realtid för att underlätta en användning av universitetets faciliteter och stödja en givande studiemiljö.

Att adressera dessa frågor kräver en strategi som integrerar tekniska lösningar med en förståelse för användarnas och universitetets behov. Målet är att skapa ett anpassningsbart och lättanvänt system som inte bara löser nuvarande utmaningar utan också kan utvecklas över tid för att möta framtida krav.

1.2.1 Användar- och beställarperspektiv

Primära användargrupper på universitetet, inklusive studenter och personal, står inför utmaningen att effektivt lokalisera och utnyttja lediga grupprum. Studenter söker smidig tillgång till utrymmen för sina studier och projektarbeten, medan administrativ personal strävar efter att använda denna information för att förbättra rumsfördelningen och därigenom förbättra användandet av universitetets faciliteter. En allmän önskan om förbättringar av systemet för rumstilldelning framkommer, med ett särskilt fokus på användarnas integritet och säker datahantering. Denna önskan understryker behovet av utveckling av systemlösningar som inte bara är effektiva och lättanvända utan även säkerställer skyddet av personuppgifter. Det är avgörande att dessa system är utformade med strikt efterlevnad av GDPR för att skydda användarnas integritet, vilket inte bara är en prioritet utan ett fundamentalt krav i utvecklingen av nya tekniska lösningar.

I utvecklingen av system för hantering och förbättring av grupprumsanvändning vid universitetet tar beställarperspektivet en framträdande roll. Detta perspektiv betonar behovet av lösningar som kombinerar kostnadseffektivitet med användarvänlighet och enkel integration i befintliga infrastrukturer. Beställaren vill ha system som inte bara uppfyller dagens önskemål på användbarhet och funktioner, utan också är en bra investering för framtiden genom att göra arbetet mer effektivt och förbättra hur användarna upplever det över tid.

Skalbarhet och flexibilitet är avgörande egenskaper för de system som universitetet efterfrågar. Dessa egenskaper säkerställer att systemen kan modifieras och utvecklas för att möta de ökande och skiftande behoven som kan förekomma på universitetet. Vikten ligger på att utveckla lösningar som inte bara är modulära och utbyggbara, men också samverkar väl med universitetets framtidsvision. Detta betyder att man behöver både teknisk kunskap och förmågan att se framåt för att förstå hur dessa lösningar passar bäst i en lärande miljö.

1.2.2 Tekniska lösningar och utmaningar

Identifiering av teknik för att överse nyttjandet av grupprum byggs på flera faktorer, teknisk kapacitet, kostnadseffektivitet och kompatibilitet med befintlig infrastruktur. Genom en undersökning av olika sensorbaserade teknologier har projektgruppen riktat sin uppmärksamhet mot deras potential att noggrant räkna antalet personer i ett rum utan att kompromissa användarnas integritet.

Vid hanteringen av tekniska lösningar är det viktigt att förstå kundens utmaningar och krav. Ännu en viktig aspekt är den ekonomiska, lösningen behöver kunnas anses som ekonomiskhållbar av kunden. Därför måste lösningen vara kostnadseffektiv och erbjuda en god avkastning på investeringen. Dessutom krävs en robust och monterbar lösning som kan stå emot de påfrestningar och variationer som kan uppstå i användarmiljön.

Flexibilitet och anpassningsbarhet är viktigt för att möta kundens behov. Lösningen måste vara skalbar och kunna anpassas till olika krav och förutsättningar som kan uppstå över tid. Dessutom är det avgörande att den är enkel att integrera i befintliga system och infrastrukturer för att minimera störningar och underlätta en smidig övergång till det nya systemet.

Med ovanstående bakgrund bör denna lösning vara integrerad, kostnadseffektiv och enkel att anpassa efter olika krav. Projektgruppen strävar efter att utforma en lösning som utnyttjar befintlig sensorteknik inom ramen för en omfattande systemarkitektur.

1.2.3 Forskningsfrågor

Utifrån de identifierade problemen från ett användar- och beställarperspektiv samt de tekniska utmaningarna har följande tre forskningsfrågor formulerats:

1. Vad krävs det för att ett system ska kunna mäta nyttjandet av grupprum med god precision?
2. Vilka metoder och teknologier möjliggör skalbarhet och anpassningsförmåga för personräkningssystemet?
3. Vilka är användarnas uppfattningar om funktionaliteten och användbarheten av slutprodukten?

1.3 Avgränsningar

Med den ovanstående problematiken som bakgrund har beslut inom projektgruppen fattats om att avgränsa följande delar av problemet med tillhörande motivation.

1.3.1 Sensorarkitektur

Den första avgränsningen är logiken och arkitekturen för hur en sensor fungerar. Projektgruppen har valt att abstrahera hur sensorer är konstruerade och deras tekniska specifikation ner till vilken typ av avläsningar den genomför, exempelvis Infraröd-kamera.

Med beaktande av att det redan finns befintliga produkter på marknaden som uppfyller de höga säkerhetskrav projektet ställer, har beslutet tagits att inte utveckla en egen sensor. Denna strategi grundar sig i en strävan att effektivt utnyttja tillgänglig tid och resurser, vilket möjliggör för projektgruppen att fokusera sina ansträngningar på att konstruera ett övergripande system som överträffar nuvarande lösningar i effektivitet och användarvänlighet. Genom att integrera redan utvecklade och beprövade sensorer som komponenter i en mer omfattande lösning, kan gruppen bättre tillämpa sin expertis inom analys och metodik. Denna ansats stärker projektets mål att skapa en helhetslösning som reflekterar gruppmedlemmarnas samlade kunskaper och bakgrunder på ett mer ändamålsenligt sätt.

1.3.2 Prototyper

Den andra avgränsningen gäller antalet sensorer som arbetsgruppen konstruerar och implementerar. För detta projekt är målet att installera högst sex prototyper inom ett definierat område för att erhålla en övergripande förståelse av hur systemet fungerar i verkliga förhållanden. Arbetsgruppen har ingen avsikt att genomföra någon omfattande utökning av antalet sensorer, utan syftet är endast att möjliggöra en begränsad verifiering i verkligheten. Dessutom kommer prototypen att utvecklas baserat på en befintlig kravspecifikation. Detta säkerställer att utvecklingen håller sig inom de förutbestämda ramar och mål som projektet avser att uppnå, vilket bidrar till en mer fokuserad och effektiv testningsprocess.

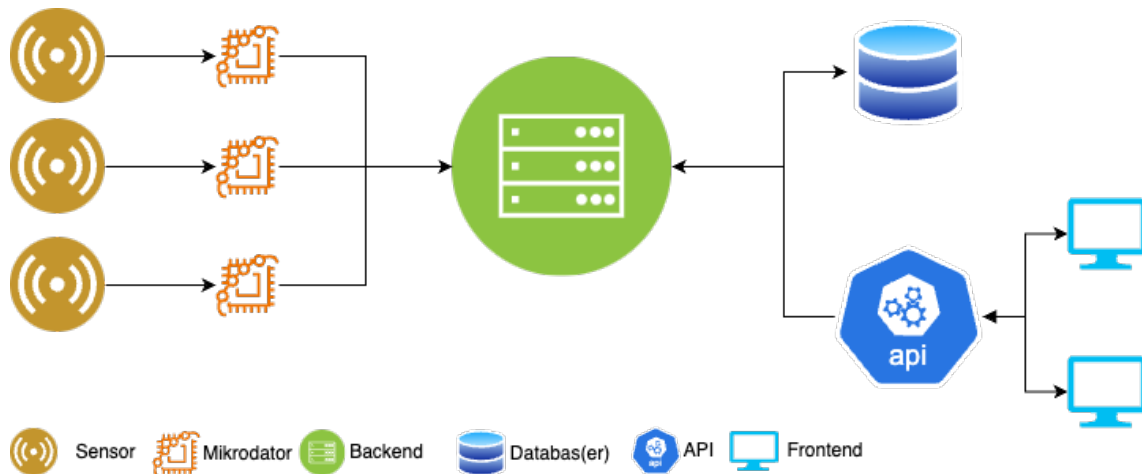
1.3.3 Integration med befintliga plattformar

Den tredje avgränsningen behandlar anslutningen av systemet till befintliga tjänster för universitetet, såsom tjänsten Campus-maps[2]. Arbetsgruppen har inte det direkta ansvaret för att genomföra en sådan integration, men anser att det är strategiskt att utforma systemet med möjlighet för framtida integration med andra tjänster och system på universitetet. Detta tillvägagångssätt möjliggör en isolerad designprocess för systemet, där fokus ligger på att validera systemets lämplighet utan att omedelbart engagera sig i genomförandet av integration. Samtidigt skapas en flexibilitet som gör det möjligt för Chalmers att implementera systemet med koppling till befintliga tjänster i framtiden, om så önskas.

2

Teori

I det här avsnittet introduceras teori till komponenter som ingår i ett personräkningssystem. I figur 2.1 visas en förenklad systemarkitektur där sensor, mikrodator, databaser och IT-arkitektur med backend, frontend och applikationsprogrammeringsgränssnitt (API) ingår. Mellan komponenterna representeras kommunikation med pilar.



Figur 2.1: System design med pilar som kommunikation mellan komponenter

2.1 Sensortyper

Vid personräkning krävs det någon typ av sensor som kan detektera aktivitet. Det finns flera olika typer av sensorer som kan användas i syfte att känna av människor i ett rum. De sensortyper som har varit inkluderade i detta projekt är:

- Time of flight
- Lidar
- Infraröd kamera
- Passiv infraröd
- Koldioxid
- Ultraljud
- Laserstråle
- Kamera
- Millimetervåg

Dessa sensortyper beskrivs mer ingående i detta kapitel.

2.1.1 Time of flight

En Time-of-Flight-sensor (TOF) kan ses som en generell typ av sensor för djupmätning [3]. Denna sensortyp fungerar genom att avfyra ljusstrålar, antingen enstaka strålar (som i Lidar) eller flera samtidigt. I denna kontext används termen som en övergripande beteckning för de vanligaste flerstråliga sensorerna.

Dessa sensorer kan klassificeras i två huvudgrupper: pulserande ljus och kontinuerlig vågmodulation. Pulsade ljussensorer mäter tiden det tar för ljuspartiklar att färdas från ljuskällan till sensorn och tillbaka. Dessa partiklar är vanligtvis högenergetiska och kan därför enkelt särskiljas från omgivande ljuskällor. Denna höga energi gör dem också motståndskraftiga mot störningar och gör dem lämpliga för användning både utomhus och på långa avstånd [3].

Den andra typen av TOF-sensorer är kontinuerlig vågmodulation. Dessa sensorer fungerar genom att mäta förskjutningen i fasen hos en sinusformad ljusvåg när den reflekteras från ett objekt och träffar sensorn. Färförskjutningen är direkt proportionell mot avståndet, förutsatt att moduleringsfrekvensen är känd. Denna typ av TOF-sensorer är vanligtvis endast användbara inomhus och har bäst prestanda på avstånd mellan några centimeter upp till flera meter [3].

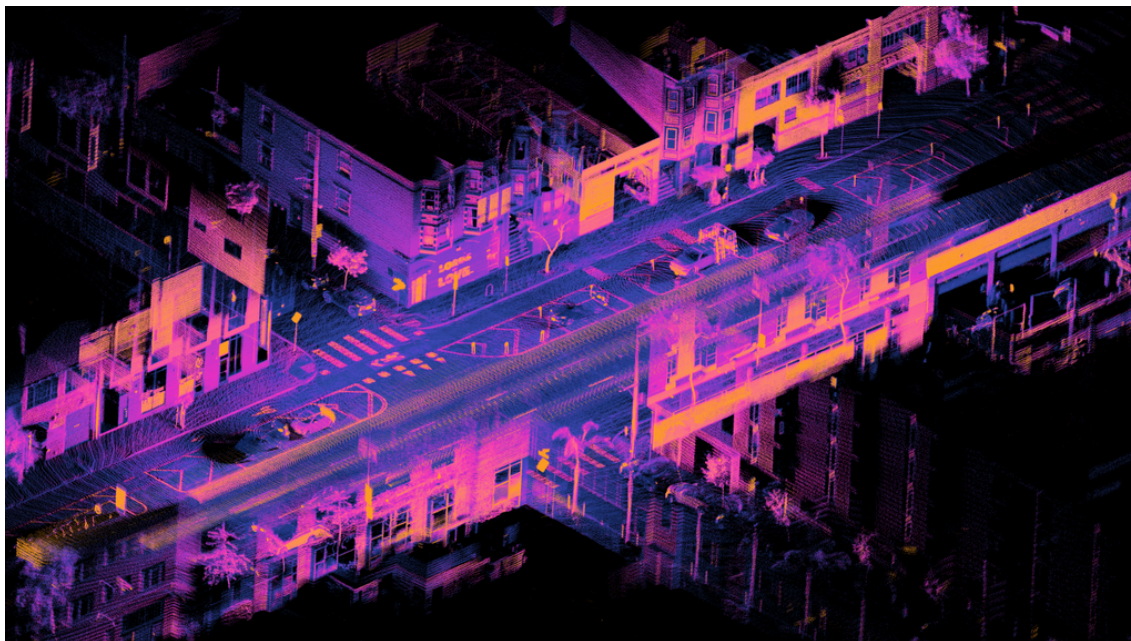
TOF-sensorer är allmänt erkända för att vara effektiva för att detektera objekt. De visar hög träffsäkerhet vid detektering av människor [4], men det kan krävas ytterligare utveckling för att hantera specialfall, såsom personer i rullstol [5]. Dessutom kräver de flesta TOF-sensorer kalibrering för att undvika fel, helst i den miljö där de ska användas. En okalibrerad sensor kan ge betydande mätfel [6].

2.1.2 Lidar

Light Detection and Ranging (LiDAR) sensor fungerar genom att skicka ut och ta emot ljuspartiklar för att sedan mäta tiden cykeln tog. Eftersom ljuset sensorn skickade ut har en konstant hastighet kan ett avstånd beräknas mellan sensorn och objektet. Lidar sensorn gör detta upp till 150 000 gånger per sekund i upp till 360° intervall (beroende på exakt sensor). Detta tillåter sensorn att få mycket detaljerad data på omgivningen som den sedan kan konstruera till en 3D miljö. På grund av dess högupplösta konstruktion av omgivningen och dess höga kostnad, används lidar främst i autonoma bilar enligt [7]. Nedan i Figur 2.2 hittas en bild som visualiserar vad en bilmonterad lidarsensor ser när den åker igenom en korsning.

2.1.3 Infraröd kamera

Infraröda (IR) kameror, även kallad termiska kameror, utnyttjar enligt Mishra m.fl. [8] den termodynamiska strålning som alla objekt över den absoluta nollpunkten utstrålar, för att skapa bilder som illustrerar temperaturen på objektets yta. Kameran detekterar denna strålning via passiva infraröda sensorer (PIR) och bearbetar de elektriska signalerna för att skapa detaljerade bilder där olika temperaturer på en yta representeras av olika färger eller gråskalor.



Figur 2.2: Point cloud bild av en gatukorsning med hjälp av en lidarsensor monterad på en bil. [9], CC-BY-4.0

2.1.4 Passiv infraröd

Enligt Saranu m.fl [10] är en passiv infraröd (PIR) sensor en rörelsedetektor som känner av värmeutstrålning från levande organismer, vilket gör den användbar i säkerhetssystem. Sensorn är passiv, vilket innebär att den inte sänder ut någon signal eller strålning utan endast reagerar på IR-strålningen som utstrålas från levande varelser. När något som rör sig kommer in i sensorns synfält, detekterar den en plötslig ökning av IR-strålningen. Eftersom alla objekt med en temperatur över absoluta nollpunkt utstrålar IR-strålning, kan sensorn känna av dessa ändringar. PIR-sensorer aktiveras endast av rörliga objekt.

2.1.5 Koldioxid

Irvan m.fl. [11] beskriver hur koldioxidsensorer effektivt kan användas för att räkna antalet personer i ett slutet rum genom att mäta koldioxidhalten. Denna data bearbetas av en maskininlärningsalgoritm som förutspår antalet närvarande personer baserat på CO₂-koncentrationen. Forskarna noterar att denna typ av sensorteknik generellt är kostnadseffektiv och mindre komplex än alternativa tekniker såsom lidar och andra ToF-sensorer. Dock påpekar de att precisionen i personräkningen kan variera beroende på faktorer som rummets ventilation och individuella variationer i andning.

2.1.6 Ultraljud

Enligt Khoenkaw m.fl. [12], är ultraljudssensorn som används för personräkning uppdelad i två huvudkomponenter: en hårdvarukomponent och en mjukvarukomponent som innefattar signalbehandlingsalgoritmer. Hårdvarukomponenten, eller sensormodulen, är en kostnadseffektiv enhet som utstrålar ultraljudsvågor över en passage, såsom en ingång eller utgång till ett rum. Denna modul placeras vanligtvis i taket vid dessa passager och sänder ut signaler som reflekteras mot golvet och sedan tillbaka till modulen. Genom att mäta tiden det tar för dessa signaler att återvända, där ultraljudsvågorna rör sig med en konstant hastighet på 330 m/s—ljudets hastighet—kan ett avstånd beräknas. Baserat på denna data kan sensoralgoritmerna detektera närvaron av personer samt deras riktning, vilket möjliggör en effektiv personräkning.

2.1.7 Laserstråle

Laserstrålesensorn, eller *laser tripwire sensor*, förklarar Ghani och Usman [13] vara en teknik som använder laserpekarmoduler för övervakning. Dessa moduler som är placerade vid passager skapar en laserstråle som, när avbruten, sänder en signal till en dator för bearbetning och räkning. Systemet är effektivt för att registrera passager men möter utmaningar i att bestämma riktningen på rörelse. Denna laserbaserade sensorteknologi används främst för säkerhets- och övervakningssyften.

2.1.8 Kamera

Enligt J. Konrad m.fl [14] kan, genom användning av en övervakningskamera med ett fiskögeobjektiv, få en tydlig överblick över ett rum. Därefter kan bilderna som kameran har fångat överföras och bearbetas med hjälp av artificiell intelligens (AI) för att identifiera och räkna antalet personer som befinner sig inom det synliga området.

2.1.9 Millimetervåg

En millimetervågssensor (mmWave) fungerar genom att använda en frekvensmodulerad kontinuerlig våg (FMCW), vilket innebär att den sänder och tar emot elektromagnetiska vågor inom millimetervågsfrekvensområdet för ljus. Genom att sända ut "chirps" - korta pulser av radiovågor - mot objekt inom dess synfält, fångar sensorn reflekterade signaler och bearbetar dem för att extrahera viktig information om den omgivande miljön. Med hjälp av avancerade signalbehandlingsmetoder, såsom Range Fourier Transform (Range-FFT) och Doppler Fourier Transform (Doppler-FFT), kan sensorn noggrant mäta avståndet, hastigheten och till och med infallsvinkeln (AoA) för upptäckta objekt [15].

2.2 Kommunikation

För att samla in data från varje rum krävs installation av en eller flera sensorer per rum, vilka på något sätt måste vara anslutna till en central server för att kunna rapportera. Denna anslutning kan realiserars genom direkt anslutning av varje sensor till servern. Alternativt kan man tillgripa en mer effektiv metod genom att utnyttja IoT (Internet of Things). Genom IoT skickar varje sensor sina data till en förmedlande enhet, vanligen en liten dator, som kan utföra enkla beräkningar och sedan ha tillgång till internet för att kommunicera med servern och samla in den insamlade informationen[16].

2.2.1 Zigbee

Enligt P. Dhillon och H. Sadawarti [17] är Zigbee teknologin ett trådlöst kommunikationsätt, formaliserat av IEEEs (802.15.4) standard för dataöverföring. Zigbee används för att sammankoppla enkla noder med låg energiförbrukning. Denna teknologin tillåter noder att vara upp till 50 meter ifrån varandra, samtidigt som de kan skicka vidare data genom andra noder runt om i nätverket. Zigbee tekniken tillåter ett flertal topologier; *star*, *tree*, and *mesh* [17]. Detta leder till att nätverkskommunikation kan göras väldigt optimerat för specifika ändamål. Dhillon och Sadawarti fortsätter med att skriva att Zigees huvud appliceringsområden är där nätverket har låg datahastighet, vanligast i automation inom hemmet, statuskontroller i fordon och övervakning mm.

2.2.2 Z-wave

Linh m.fl. [18] beskriver Z-Wave som ett av de mest populära trådlösa protokollen för hemnätverk, specifikt riktat mot system för hemautomation på grund av dess lätta implementation och interoperabilitet (förmågan att kunna fungera och kommunicera med andra enheter). Till skillnad från Wi-Fi [2.2.4] är Z-Wave inte ett IP-kompatibelt protokoll, vilket innebär att en Z-Wave-enhet inte kan ansluta direkt till internet eller vanliga användarenheter (t.ex. smartphone, bärbar dator). Linh m.fl. skriver att ett Z-Wave-nätverk använder en controller för att hantera och styra alla enheter. Kontrollern fungerar också som en gateway som i sin tur möjliggör för en användare att interagera med Z-Wave-enheter från en smartphone eller bärbar dator via internet eller ett lokalt nätverk.

2.2.3 Bluetooth

Verma m.fl. [19] beskriver Bluetooth-tekniken som en trådlös kommunikationsstandard avsedd att underlätta anslutningar mellan elektroniska enheter. Tekniken har en kort räckvidd och använder en mycket låg effektsignal, typiskt runt 0 dBm (1 mW), som kan ökas till upp till 20 dBm (100 mW). Bluetooth använder en teknik som kallas för frekvenshoppning för att skifta mellan olika frekvenser mellan 2,402 GHz och 2,480 GHz. Detta görs för att minska risken för störningar och för att säkerställa en stabil och säker anslutning.

När Bluetooth-enheter kommer inom räckhåll för varandra inleds kommunikation automatiskt genom en *elektronisk konversation* [19] som avgör behovet av datadelning eller kontroll skriver Verma m.fl. Enheter formar ett *piconet*, ett litet nätverk där en enhet agerar som mästare och andra som slavar. Ett piconet kan stödja upp till åtta enheter. Flera piconet kan kopplas samman för att bilda ett *scatternet*, vilket möjliggör mer komplexa nätverk och utökad täckning. Enheter inom ett piconet synkroniseras med mästarens klocka och hoppschema, vilket underlättar koordinerad kommunikation.

2.2.4 Wi-Fi

Harahap m.fl. [20] menar att Wi-Fi, även känt som *Wireless networking*, är ett generellt begrepp som gör det möjligt för enheter som datorer, smartphones och surfplattor att ansluta till internet och kommunicera med varandra utan fysiska kablar. Wi-Fi använder radiovågor för att överföra data mellan enheter och en trådlös åtkomstpunkt. En åtkomstpunkt är en enhet som ansluter till internet och fungerar som en centralpunkt i det trådlösa nätverket. Harahap menar att det finns flera olika typer av trådlösa nätverk, nedan är några av de vanligaste:

- **Trådlösa lokala nätverk (WLAN):** Ansluter enheter inom ett begränsat geografiskt område som ett hem eller kontor till internet. Chruszczyk m.fl [21] skriver att WLAN gör detta genom antingen en 2.4- eller 5 GHz frekvensband som tillåter snabb och effektiv trådlös kommunikation.
- **Ad-hoc-nätverk:** Även kända som peer-to-peer-nätverk där enheter kommunicerar direkt med varandra utan en central åtkomstpunkt. Liknande teknik som bluetooth använder (piconet).
- **Trådlösa mesh-nätverk:** Består av flera åtkomstpunkter som kommunicerar med varandra för att skapa ett stort enhetligt nätverk.

2.2.5 Ethernet

Chiradeep [22] beskriver Ethernet som en vanlig nätverksteknologi som används för att ansluta datorer och andra enheter i ett lokalt nätverk (LAN, precis som WLAN från Wi-fi förutom att det inte är *Wireless*) för att möjliggöra snabb och tillförlitlig dataöverföring. Ethernet använder en serie av standarder och protokoll för att reglera hur data skickas mellan enheter.

För att använda Ethernet behövs en Ethernet-port på varje enhet, samt en Ethernet-kabel för att ansluta enheterna till varandra eller till en router eller switch. Ethernet-kablar kan vara antingen koaxiala, fiberoptiska eller tvinnade par, och olika typer av kablar erbjuder olika överföringshastigheter och avstånd.

Ethernet är vanligtvis mer tillförlitligt och mindre mottagligt för störningar än trådlösa nätverk, vilket gör det till ett populärt val för företag, institutioner och hemnätverk. Det används för att möjliggöra delning av resurser som skrivare och

filer, tillhandahålla internetanslutning till flera enheter samtidigt, och för att stödja olika typer av applikationer och tjänster. Ethernet erbjuder också olika hastighetsalternativ för dataöverföring skriver Chiradeep, några av dessa visas nedan:

- **Fast Ethernet:** Fast Ethernet är en variant av Ethernet som stöder dataöverföringshastigheter på upp till 100 Mbit/s. Det kan använda både tvinnade par och fiberoptiska kablar.
- **Gigabit Ethernet:** Gigabit Ethernet erbjuder en dataöverföringshastighet på en gigabit per sekund (1 Gbit/s) och blir alltmer populärt.
- **10 Gigabit Ethernet:** Den senaste versionen av Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, erbjuder en dataöverföringshastighet på 10 Gbit/s och används främst för högpresterande nätverk som kräver snabba datahastigheter. Den kan använda både optisk fiber och tvinnade par för anslutning.

Dessa olika hastighetsalternativ gör Ethernet till en flexibel och skalbar lösning för olika nätverksbehov.

2.2.6 Strömförsörjning

Det finns i huvudsak endast två tillvägagångsätt för strömförsörjning till sensorkomponenterna, sladd och batteri, båda har sina fördelar och nackdelar.

- **Sladd:** Fördelarna med att använda sladd är att komponenterna får kontinuerligt med ström, detta innebär att livslängden (strömmässigt) är oändlig. Nackdelen med detta tillvägagångsätt är att det ställer krav på strömförsörjning på lämpligt ställe för den enskilda sensors specifikation.
- **Batteri:** Fördelarna med att använda batteri som strömförsörjning är att de enskilda sensorerna kan placeras fritt då det inte finns krav på elsladdar i tex tak. Nackdelen med detta försörjningssätt är livslängden på batterierna som kan behövas bytas.

2.3 Databaser

En databas utgör ett system som möjliggör för lagring och återhämtning av data. Databaser kan använda sig av ett flertal av strukturer och modeller, varav de mest framstående inkluderar relationsdatabaser och objektorienterade databaser[23].

2.3.1 SQL

Shah m.fl. [24] skriver att Structured Query Language (SQL), är ett språk för att hantera *relationsdatabaser*, (datahantering som består av rader och kolumner) databaser som använder detta språk betraktas därmed som SQL databaser. Enligt Chad Brooks [25] använder många företag och organisationer SQL för att få tillgång till, samt att manipulera data från databaser. Detta kan göras genom t.ex tabeller, enkla och avancerade uträkningar för att få fram relevant statistik med mera.

2.3.2 Tidsserie

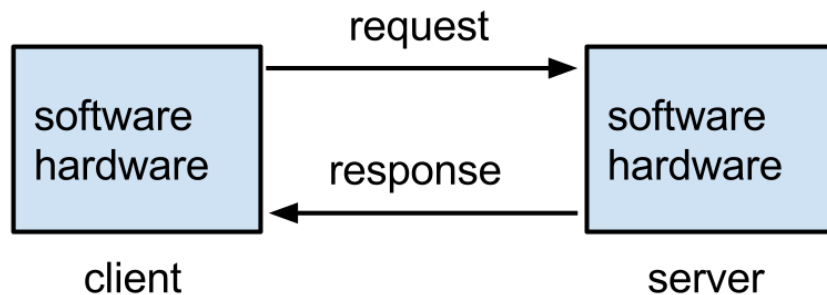
Shah m.fl. [24] skriver att en tidsserie databas används för att lagra och hantera tidsbaserad data. Tidsserier är ett sätt att representera och analysera data som förändras över tid. Shah m.fl. fortsätter med att ge en formell beskrivning; tidsserie en beskrivning av en stokastisk process som består av en samling par $[(p_1, t_1), (p_2, t_2), \dots (p_n, t_n)]$ där p_i är informationen som samlats in vid tidpunkten t_i .

2.3.3 NoSQL

NoSQL även kallat *icke-relationsdatabaser* är enligt Shah m.fl. en icke traditionell databas då den inte använder rader och kolumner för att lagra och sortera data [24]. Istället använder den ett mer optimerat databaslagringsalternativ som kan variera mellan vilken typ av data som lagras.

2.4 IT-arkitektur

Enligt Gilbert Held [26] är det vanligt att webbtjänster byggs med hjälp av en two-tier arkitektur som kallas klient-server. Termen härstammar från den centrala datorn eller tjänsten som hanterar användarbegäranden, känd som servern. En visualisering av klient-server går att se i figur Användarna, som kallas klienter, kan vara vilken dator som helst med förmågan att kontakta en server, men för webbtjänster avser termen främst mobila enheter samt hem- och arbetsdatorer.



Figur 2.3: Visualisering av klient-server arkitekturen [27], CC-BY-4.0

2.4.1 Backend

I konceptet av en webbtjänst som använder en klient/server-arkitektur kallas vanligtvis servern för backend. Namnet härleds från dess roll som den icke-synliga delen av programmet eller tjänsten, vilket innebär att den utgör den bakre änden av programkedjan. För en webbtjänst är backend avskild från användarens egna enheter och eftersom den delar resurser mellan flera användare är det avgörande att den är

säker. Detta säkerställs genom en process som kallas autentisering, vilket innebär att det kontrolleras att personen som begär åtkomst till en resurs har behörighet att göra det. Detta, tillsammans med viss känslig datahantering, anses vara backendens primära uppgift.

2.4.2 Frontend

Frontend utveckling är i relation till klient/server-arkitekturen vad som benäms som klienten. Således är frontenden beroende av backenden enligt klient/server-arkitekturen. Frontenden och backenden ingår i ett avtal rörande leveranserna och förfrågningarna av olika data. Frontenden körs i hög grad på en klients lokala enheten. Det är därför i kundens intresse att så få beräkningar som möjligt körs på den lokala enheten.

2.4.3 API

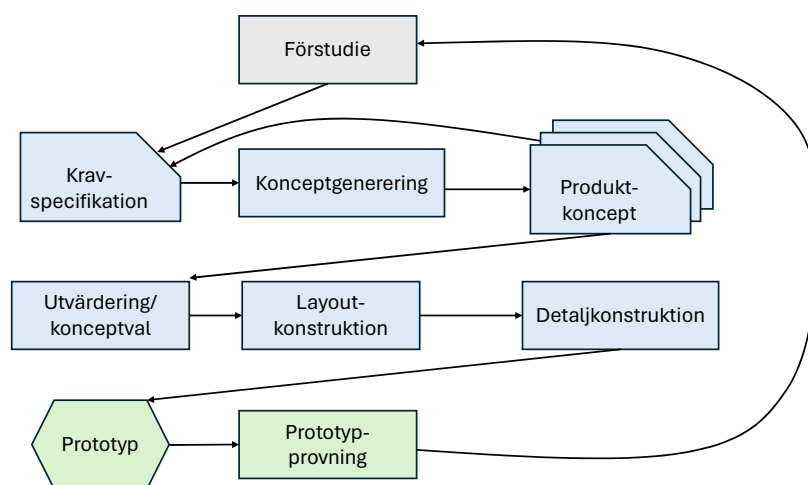
En API är ett vanligt och effektivt sätt att kommunicera mellan olika mjukvarusystem. Det öppnar möjligheten för att antingen ta emot eller skicka data till externa system och således kan det ursprungliga systemet bygga på den information som skickas eller tas emot av motparten [28].

3

Metodik

Projektets arbetsgång har i huvudsak utgått från produktutvecklingens faser som beskrivs av Johannesson m.fl. [29]. De faser som har berörts i projektet framgår av figur 3.1. Produktutveckling är en iterativ process och faserna har återbesökts flera gånger under arbetets gång.

Inom samtliga faser finns det specifika metoder att tillgå. På så sätt blir produktutvecklingsprocessen tydligt utformad vilket gör att konstruktionsbeslut enklare kan motiveras och dokumenteras enligt Johannesson m.fl., därmed uppnås även spårbarhet av beslutsunderlag. De olika faserna och tillhörande metoder som har använts i projektet beskrivs vidare i detta avsnitt.



Figur 3.1: Produktutvecklingens faser

3.1 Förstudie

I förstudien samlas bakgrundsmaterial för produktutvecklingsprojektet. För detta projektet är förstudien indelad i två delar, en undersökning av teknik och marknad samt en användarundersökning.

En litteraturstudie gjordes i samband med undersökning av teknik och marknad. Denna studie syftade till att kartlägga befintlig kunskap och forskning inom relevanta teknikområden och potentiella lösningar. Genom denna litteraturstudie skapades en tydlig kunskapsbas för projektet, vilket möjliggjorde en välgrundad utvärdering av tekniska alternativ och strategiska tillvägagångssätt för att möta identifierade behov och utmaningar.

En viktig del av produktutvecklingsprocessen är att bilda en förståelse för produktens användare. Därför har en användarundersökning genomförts. I detta projekt har användarna identifierats till studenter vid universitetet samt personal inom universitetets organisation med intresse av data och statistik från personräkningsystemet.

3.1.1 Teknik och marknad

För att ge en övergripande förståelse av befintliga tekniska lösningar inleddes en initial litteraturoversikt med syftet att granska olika teknologiers fördelar och nackdelar. Denna tidiga fas hade inte som mål att genomföra en djupgående analys, utan snarare att snabbt utesluta mindre relevanta tekniska alternativ för att sedan fokusera på en mer detaljerad granskning av de mest lovande alternativen. För att effektivisera datainsamlingen dokumenterades relevant information i ett gemensamt kalkylblad, strukturerat efter fördelar och nackdelar för varje teknik, vilket möjliggjorde en klar överblick över de olika befintliga alternativen.

För att säkerställa att flertalet olika synvinklar användes en rad olika källor, inklusive vetenskapliga forskningsartiklar och konferensbidrag, samt informationsmaterial från etablerade företag med expertis inom det relevanta tekniskaområdet.

Efter den inledande översikten över den bredare litteraturen påbörjades en mer ingående litteraturstudie av de tekniker som identifierades som mest lovande. Denna fas fokuserade främst på forskningsartiklar och konferensbidrag för att införskaffa en fördjupad förståelse av teknikernas funktion och potential. Därefter användes den samlade litteraturen för att utvärdera och jämföra olika sensorer och lösningar tillgängliga på marknaden utifrån olika krav, såsom sensortyp, kostnad och integrationsmöjligheter med befintliga system.

3.1.2 Användaren

Vid användarundersökningen användes olika metoder beroende på typ av användare. En enkät utformades till studenter vid universitetet med syfte att samla bred data gällande studenternas erfarenheter och behov i relation till användningen av grupp-

rum. Dessutom en intervju med Tord Hansson som innehargod insyn i lokalnyttjandet på universitetets campus. Intervjun var ämnade att ge en allmän förståelse för de operativa och administrativa perspektiven på användningen av grupprum, samt identifiera eventuella utmaningar och förbättringsmöjligheter inom den nuvarande hanteringen.

3.1.2.1 Enkät

För att bygga en uppfattning om problematiken hos studenter på universitetet utfördes en omfattande enkätundersökning. Dess syfte var att få en bred insikt och en helhetsbild av studenternas åsikter om projektet, eventuella lösningar och tydliggöra dagens problematik med grupprum och kartlägga dem på universitetets campus. Eftersom en helhetsbild behövde skapas blev en kvantitativ metod mer åtråvärt än en kvalitativ metod, då användning av en kvalitativ metod såsom intervjuer inte hade gett tillräckligt mycket av den data projektet behövde för att få en helhetsuppfattning. Frågan var då om en fysisk eller en digital enkät skulle användas. För att nå ut till så många studenter som möjligt valdes alternativet digitalenkät i form av en webbenkät, då det skulle bli logistiskt svårt att ge ut fysiska enkäter till alla studenter på universitetet.

Enkäten bestod huvudsakligen om tre viktiga fokuspunkter. Vad tycker studenterna om grupprummen idag, vill studenterna ha en live info tjänst och isåfall var vill studenterna kunna få informationen, och tillsist vilka sensortyper ansåg inte studenterna vara bekväma med (Appendix F).

För att marknadsföra denna enkät användes två olika strategier. Fysisk och digital marknadsföring.

I den fysiska marknadsföringen sattes A4 placher upp i alla byggnader på universitetet. Plancherna innehöll kort information om projektet samt en QR kod till enkäten. Och för den digitala strategin skickades enkäten ut till alla studienämnder tillhörande sektionerna under Chalmers Studentkår, vilka kunde sedan vidarebefodra formuläret ut till sina egna kanaler och sina studenter.

I enkäten ställdes ett brett och varierat utbud av frågor för att få en bred uppfattning om hur de olika studenterna rör sig på campus, vilka typer av grupprum studenterna använder, om studenterna skulle använda en liveinfo-tjänst och isåfall var denna tjänst skulle finnas, samt vilka sensorer studenterna inte var bekväma med (Appendix F). Syftet med denna information var för att få ett kundperspektiv av hur prototypen skulle formars och vart fokuset skulle ligga i utformningen av appen.

3.1.2.2 Intervjuer

Intervjuprocessen utgjorde en primärkälla i vår kundefterfrågan med målet att samla in data som direkt kan informera och leda projektets utformning för att passa målgruppen. För att närma oss denna målsättning utvecklades ett frågeformulär. Detta formulär var indelat i specifika kategorier, däribland "Förväntningar", "Egenvärde och nyttjande" samt "Dataanvändning och statistik", vilket möjliggjorde en

organiserad datainsamling kring de aspekter som är mest avgörande för projektets framgång.

Förväntan:

- Utifrån vårt projekt, vilka förväntningar och förhoppningar har du om arbetet?

Egenvärde och nyttjande:

- På vilket sätt hade denna lösning hjälpt dig?
- Hade datainsamlingen varit till nytta? Parametrar såsom: grupprumsnyttjande, antal personer mm.

Dataanvändning och statistik:

- Utifrån projektplanen kan projektet ge insiktsfull information om lokal-användning och hur man kan effektivisera detta. Anser du att detta hade varit nödvändig information?
- Är detta enligt dig mer aktuellt för endast grupprum, eller även större lokaler som hörsalar och andra typer av klassrum?

Eventuella hinder:

- Med din erfarenhet vad anser du vi bör se upp med? Exempelvis vid konfigurering eller beslutsfattning?

Denna metodik syftar till att ge en djupgående förståelse för de intervjuades åsikter och behov, vilket underlättar utvecklingen av en lösning som är både relevant och värdefull för slutanvändaren. Genom att inleda med breda, öppna frågor och gradvis fördjupa oss i mer specifika områden, strävar vi efter att skapa en robust grund för projektets fortsatta utveckling.

3.1.2.3 Kartläggning av användar- och beställarbehov

Ett viktigt steg i utvecklingen av en användarvänlig och välfungerande produkt är kartläggning av användar- och beställarbehov. Att ha en större insikt i både användarnas och beställarnas perspektiv ger bättre förståelse för hur interaktionen med det utvecklade systemet kan komma att ske, samt vilka krav som systemet behöver uppnå. Detta underlättar konstruktionsarbetet samt utveckling av gränssnittsdesign. Därför genomfördes en behovsanalys baserat på insamlad data från både enkät och intervjuer.

3.2 Konstruktion och design

Den insamlade datan användes som grund för produktutvecklingen då den innefattar viktig kartläggning av användarbehov. Utifrån det upprättades en kravspecifikation och olika koncept genererades med hjälp av en morfologisk matris. De olika koncepten utvärderades utifrån kravspecifikationen och viktning av önskemål, detta för att komma fram till en slutgiltig systemarkitektur och val av komponenter.

3.2.1 Kravspecifikation

Kravspecifikationen som togs fram baserades på behovsanalysen. Kriterierna som togs fram är mätbara och kontrollmetod samt målvärde är angivet i kravspecifikationen. Det har också specificerats om målvärdet är ett krav eller ett önskemål. Genom att strukturera kravspecifikationen på detta sättet går det att på ett enklare och tydligare sätt utvärdera både koncept och produkt senare i projektet. För att få kravspecifikationen så fullständig som möjligt och inte missa viktiga aspekter användes även en checklista med olika kategorier inspirerad av Pughs lista över primära konstruktions- och designelement [30, ss. 47].

3.2.2 Konceptgenerering

För att generera koncept har projektgruppen brainstormat olika idéer och komponenter. Det följdes upp med hjälp av en morfologisk matris där olika ingående delar och funktioner kombinerades för att få fram olika lösningar. Denna metod gör att många olika alternativ tas fram och undersöks, så att inte ett koncept fastställs för tidigt. Det skapar också en grund för ett avsiktligt och motiverat beslut kring produktens design.

Programvaran Morpheus användes för att generera lösningar från den morfologiska matrisen. Det blir enkelt många olika möjliga kombinationer, vilket leder till ogenomskdligt många lösningar. Därför har gruppen arbetat utifrån uteslutning och begränsningar för att få ner antalet lösningar.

3.2.3 Utvärdering av koncept

Johannesson m.fl. [29, ss. 181–182] skriver att, för att kunna utvärdera de olika framtagna koncepten utesluts först och främst de lösningar som inte uppfyller kraven från kravspecifikationen. Därefter viktas önskemålen från kravspecifikationen. Önskemålen uppfyllelsegrad uppskattas för de olika lösningar och det sammanställda resultatet presenteras med en Kesselringmatris. Utifrån denna fattas ett beslut gällande slutgiltigt koncept och en ny systemarkitektur utformas.

3.3 Prototypframtagning och provning

När en systemdesign var klar införskaffades sensorer. Med hjälp av sensorerna testades och utvärderades det valda konceptet. Dessa monterades och testades i grupprum

i huset Idéläran på universitetets campus. Prototypframtagningen har betraktats som en iterativ process med utrymme för justeringar, med anledning att underlätta vid eventuella hinder eller svårigheter som kan uppdagas.

3.3.1 Backend-utveckling

Backend-utvecklingen har huvudsakligen genomförts med hjälp av en metod inspirerad av Waterfall. Waterfall-metoden innebär att man följer en sekventiell arbetsprocess genom ett antal definierade faser [31], vilka inkluderar kravhantering, design, implementation, testning, släpp och underhåll. Projektgruppen ägnade mindre uppmärksamhet åt underhåll och testning, då dessa aspekter ansågs mindre relevanta för ett prototypbygge.

För varje steg etablerades specifika riktlinjer. Den första av dessa var kravhantering, där fokus låg på att identifiera den nödvändiga funktionaliteten och de krav som var relevanta för systemprototypens backend. Efter att kraven hade sammanställts formulerades backend-arkitekturen med utgångspunkt i både systemarkitekturen och de identifierade kraven. Denna backend-arkitektur är given i figur 3.2.

Nästa steg var att bestämma huruvida API:et skulle implementeras i form av Representational State Transfer (REST) eller annan typ. API formen REST bygger på en arkitektur där resurser definieras och klienter skickar förfrågningar för att hantera dessa resurser [32]. Denna struktur möjliggör fördefinierade kommunikationsmönster mellan klienten och servern, vilket underlättar förutbestämda arbetsflöden. Med det valde arbetsgruppen att använda sig av REST, vilket grundade sig i projektets begränsade omfattning och fokusering, vilket gjorde att andra API-typer såsom GraphQL inte bedömdes ge ytterligare fördelar för projektet [33].

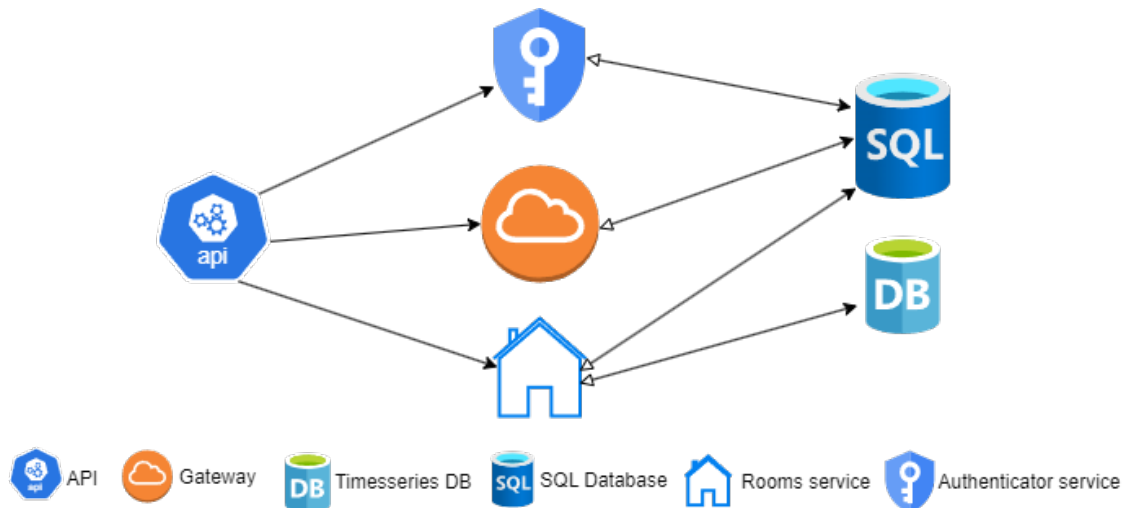
Efter detta beslutades det att skapa ett API-kontrakt för att formalisera denna kommunikation. Kontraktet specificerade varje resurs och dess tillhörande meddelanden, kända som API-endpoints. Dessa endpoints representerar webbadresser som används för att begära eller skicka data. Denna dokumentation utgjorde grunden för designdokumenten som användes under utvecklingsfasen.

Implementationsfasen fortskred genom att varje API-endpoint granskades och implementerades successivt, parallellt med det grundläggande arbetet för att driftsätta backenden. Denna metodik gör det möjligt att hantera olika delar separat och underlättade för frontend-utvecklarna genom att de kunde bygga mot befintliga datakommunikationsgränssnitt istället för att behöva vänta, vilket accelererade utvecklingsprocessen.

Testningen utfördes på ett ganska rudimentärt sätt och skedde främst genom mindre tester under utvecklingsprocessen. Den övervägande delen av testningen består av integrationstester, vilka innebär att man testar hela moduler eller delar av programmet för att säkerställa att de fungerar som avsett [34]. I vårt fall genomfördes testerna på våra API-endpoints med hjälp av känd data för att verifiera att den

önskade informationen erhöjls korrekt.

Efter detta genomfördes en enkel lansering där tjänsten sattes igång för att ge studenter möjlighet att testa produkten. Detta var främst en testfas för frontend, men det gav även insikt i hur backenden hanterar verkliga användningsfall. Vidare planerades ingen specifik underhållsfas, förutom eventuellt att åtgärda kritiska fel eftersom projektets tidsram inte tillåter mycket utrymme för sådana åtgärder.



Figur 3.2: Backend Systemarkitektur

3.3.2 Frontend-utveckling

Frontend-utvecklingen har till skillnad från backend-logiken utvecklats enligt ett agilt arbetssätt [35]. Detta har varit det föredragna arbetssättet främst då iteration och vidareutvecklingen och förnyelse av visuella komponenter redan från ett start förväntades vara ett måste för ett så bra resultat som möjligt.

Valet att backenden skulle ha färdigställda funktioner före utvecklingen av frontenden fattades också tidigt. Detta främst då utvecklingstiden förväntades vara kortare men också för att många aspekter av frontenden är direkt beroende av funktioner från backenden.

Utförandet av de funktioner utvalda funktionerna separerades beroende på vilken vy som den skulle användas i. På detta vis kunde leveranser ske i batcher per vy och således möjliggörs möjligheten att iterera på gränssnittet och dess innehåll på ett mer dynamiskt sätt från ett tidigare skede. Allt eftersom vyer färdigställdes och funktioner för båda våra kundgrupper så lanserades hemsidan. Vid lansering gjordes tester av hur säker tillgången till datan är samt hur tillförlitliga våra tjänster är.

3.3.3 Testning och datainsamling

För att testa systemet har målvärden och kontrollmetoder från kravspecifikationen använts. En stor del av testningen har varit att undersöka sensorerna och huruvida säkra mätningarna är. För att utföra denna testning har slumpmässiga stickprov genomförts för att jämföra systemets presenterade information med det faktiska antalet. Dessa stickprov har blivit genomförda vid varierande och slumpmässiga tidpunkter.

Den andra stora delen av testning är webbsidan. Den har testats allt eftersom komponenter och sidor utvecklats, först har de testats i en utvecklingsmiljö manuellt av utvecklare samt en utsedd testare med hjälp av *pull requests* på Github. På detta sätt får fler personer möjligheten att finna brister i den utvecklade komponenten samtidigt som man kan kommentera på estetiken av sidan som helhet.

Man har då också allt eftersom möjligheten att parallellt med utvecklingen av frontend-lösningen att få en förståelse för bättre API-endpoints i de olika aspekterna: utvecklarupplevelsen, effektivitet samt lokallagring av viss data under bruket av hemsidan.

3.3.4 Utvärdering

Som ytterligare utvärdering av systemet har intervjuer hållits med både personal och studenter på Chalmers Tekniska Högskola. Dessa intervjuer har varit semistrukturerade för att få en uppfattning kring användarnas åsikter kring det framtagna systemet samt eventuella förbättringspunkter.

4

Resultat

I detta kapitlet presenteras de resultat som framkommit efter enkät, intervjuer och andra datainsamlingstillfällen. Utöver detta kommer även den resulterande systemprototypen att beskrivas i följande aspekter: Infrastruktur, backend och frontend.

4.1 Teknik och marknad

Huvudsakliga delen av resultatet från den teknikundersökande litteraturstudien presenteras i avsnitt 2. Sammanfattningsvis var det största fokuset på relevanta sensortyper för personräkning. De sensortyper som undersöktes var:

- Time of flight
- Lidar
- Infraröd kamera
- Passiv infraröd
- Koldioxid
- Ultraljud
- Laserstråle
- Kamera
- Millimetervåg

Utöver deras tekniska möjligheter och begränsningar undersöktes också utbudet på marknaden. Vi sökte delvis en sensor med integrerad mikrodator för kommunikation. Detta för att undvika att lägga arbetstimmar på att assemblera varje enskild sensor. Detta för att underlätta en möjlig framtida installation på stor skala av Universitetet. För sensorerna time of flight (ToF), LiDAR och IR-kamera fanns det tillgängliga lösningar för personräkning, men dessa var inte omedelbart tillgängliga inom EU och hade högre kostnader. Däremot fanns det alternativ med millimetervågssensorer som erbjöd personräkningslösningar till en något mer förmånlig prisnivå jämfört med de tidigare nämnda alternativen. För övriga sensortyper hittade vi inte lämpliga lösningar för vårt syfte.

4.2 Användaren

I detta delkapitel anges och tolkas resultat från enkätundersökningen riktad mot studenter vid Chalmers Tekniska Högskola och intervju med Tord Hansson, drift- och underhållsansvarig vid serviceavdelningen på universitetets verksamhetsstöd, för att skapa en förståelse för systemanvändarnas perspektiv.

4.2.1 Enkätundersökning

Enkäten bestod av tio frågor som besvarades av totalt 312 studenter. Svaren till samtliga frågor i enkäten visas i sin helhet i appendix F. En av de viktigaste frågeställningarna var fråga 9. *Finns det någon typ av sensor du INTE hade varit bekväm med?* I tabell 4.1 visas studenternas svar på den frågeställningen, där syns tydliga motsättningar mot sensortypen kamera men också mot typen IR-kamera.

Andra viktiga insikter från enkätundersökningen var svar från frågor ämnade att ge förståelse i studenternas nuvarande användning av grupprum samt inställning till att använda en tjänst som förmedlar liveinformation om studieutrymmens status. För fråga 5. *Hur många gånger i veckan använder du grupprum?* angav 79 % av de svarande att de använder grupprum minst en gång i veckan. För fråga 3. *Upplever du att det är svårt att hitta tillgängliga grupprum?* var det genomsnittliga svaret 3.94 på en skala 1-5.

Fråga 7. *Hade du använt en tjänst som ger liveinfo om var det finns lediga grupprum?* rörde studenternas inställning kring en tjänst för liveinformationsfördelning, där angav endast 1 % av de svarande att de inte hade använt en sådan tjänst. En majoritet av studenterna hade önskat ha tillgång till liveinformationen i idag redan befintliga tjänster som exempelvis studentkårsappen, verktyget CampusMaps eller bokningstjänsten TimeEdit enligt svaren från fråga 8. *Var hade du velat ha tillgång till liveinfo?*

Tabell 4.1: Enkät svar från Fråga 9:

Finns det någon typ av sensor du INTE hade varit bekväm med?

| Svarsalternativ | Antal svar |
|---|------------|
| mmWave | 16 |
| PIR | 12 |
| IR-kamera | 50 |
| Kamera | 175 |
| Koldioxidmätare | 14 |
| Lasersensor | 14 |
| LiDAR | 29 |
| ToF | 16 |
| Ultraljud | 35 |
| Jag känner mig bekväm med alla alternativen | 81 |

4.2.2 Intervjusammanställning

Gruppen genomförde en intervju med Tord Hansson [36], lokalansvarig på Chalmers Tekniska Högskola den 12e februari 2024. Tords svar på frågorna visas nedan i de kategorier från avsnitt 3.1.2.2.

Förväntan:

Tord tycker projektet är intressant och anser att det kan modulera nyttjandet av universitetets ytor på ett effektivt sätt.

Egenvärde och nyttjande:

Tord ser ett stort värde i projektet, speciellt med tanke på möjligheten att optimera nyttjandet av grupprum och andra lokaler. Han påpekar även vikten av att kunna övervaka användningen över läsperioder för att bättre förstå hur ytor används.

Dataanvändning och statistik:

Han bekräftar att insikter om lokalanvändning är nödvändiga och att projektet skulle kunna ge viktig information för effektivisering. Tord ser potentialen i att använda systemet inte bara för grupprum utan även för större lokaler som hörsalar. Tord visade också ett intresse för att se statistik över öppna ytor såsom studiehallar.

Eventuella hinder:

Tord understryker vikten av att samarbeta med IT-avdelningen för att garantera systemets säkerhet och tillgänglighet. Han förespråkar användning av trådat ethernet för ökad stabilitet och uppmanar till noggrann registrering av projektets enheter (prototyperna) hos IT-avdelningen. Vidare rekommenderar han att söka deras vägledning för säker anslutning till campus intranät.

4.2.3 Kartläggning av användar- och beställarbehov

Från enkätundersökning och intervju har användar- och beställarbehov kartlagts. För användaren, i vårt fall studenterna vid universitetet, önskas en tjänst som kan förmedla liveinformation kring studieplatsers status. De behöver endast veta om det är platsen är upptagen eller ej och har inget behov att antal personer i rummet eller nyttjande över tid. Det viktiga för studenterna är att göra det enklare för dem att hitta lediga grupprum när de behöver det. De värdesätter också en enkel väg till den informationen genom sidor som redan används, till exempel kårappen eller CampusMaps.

För beställarens perspektiv representerat av personal på universitetet är behovet av historisk data större. Ett viktigt användningsområde för den insamlade datan är lokalplanering för effektivare användning av universitetets resurser. Därav finns ett behov av att förstå nyttjandet av lokalerna i dagsläget genom att samla in data för analys. Det öppnar även för önskemål om datainsamling från andra lokaltyper än endast grupprum. Från beställarperspektivet är också IT-säkerheten viktig. För implementering på större skala inom universitetet krävs kompatibilitet med organisationens nuvarande regler och riktlinjer.

4.3 Konstruktion och design

Konstruktionen och designen av systemet bestod av flera delar. Gruppen har tillsammans tagit fram en kravspecifikation utifrån behovsanalysen samt bedömt ifall kraven/önskemålen har uppfyllts. Utöver detta har gruppen arbetat med Konceptgenerering där vi tagit beslut om vilka delfunktioner som produkten ska innehålla. Vidare har en systemarkitektur skapats som ger läsaren en lättolkad bild över hur systemet fungerar på djupet.

4.3.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation med kriterie, kontrollmetod och målvärdetogs togs fram med hjälp av brainstorming utifrån en checklista med följande kategorier:

- Dokumentation
- Ergonomi
- Estetik
- Företagsbegränsningar
- Förvaring
- Installation
- Kunden
- Kvalitet och tillförlitlighet
- Kvantitet
- Lagstiftning
- Miljö
- Prestanda
- Produktkostnad
- Standarder
- Storlek
- Säkerhet
- Testning
- Underhåll
- Vikt

Kriterierna delades upp i krav och önskemål. I appendix A.1 visas de uppsatta kraven och i appendix A.2 visas de av gruppen valda önskemålen efter ett antal itereringar.

4.3.2 Konceptgenerering

Systemet indelades i åtta olika delfunktioner: Sensor, mikrodator, maskinnära språk, kommunikation, datahantering, tidsserie databas, backend-hantering och frontend-hantering. Med hjälp av brainstorming togs ett antal dellösningar fram och strukturerades i en morfologisk matris (Tabell 4.2). I programvaran Morpheus, som användes för att generera lösningar från den morfologiska matrisen, tillades begränsningar av såväl dellösningar som relationer mellan dellösningar i syfte att skala ned antalet koncept till en hanterbar nivå. Koncept genererades iterativt och begränsningar adderades gradvis mellan iterationerna.

De slutgiltiga begränsningarna av dellösningar representeras med färger i tabell 4.2. Dellösningar markerade grönt behölls och dellösningar markerade rött eliminerades. För de mjukvarurelaterade delfunktionerna datahantering, tidsserie databas,

backend-hantering och frontend-hantering valde projektgruppen en dellösning per delfunktion. Detta valet gjordes utifrån gruppens tidigare erfarenheter för att underlätta prototypbygge av personräknaren med gruppens tillgängna resurser.

Sex olika sensortyper eliminerades. IR-kameran och kameran eftersom det framgick från enkätundersökningen att dessa inte uppfyller kravet för kundtrygghet. PIR och laserstråle på grund av deras begränsade förmåga att räkna antal personer i ett rum vilket medför att de ej kan uppfylla kravet om att uppmäta personer med precision. Samma krav låg till grund för elimineringen av sensortypen koldioxid. Detta då den är beroende av faktorer som rummets ventilation och individuella variationer i andning enligt Irvan m.fl. [11]. Sista sensortypen att elimineras var ultraljud på grund av bristande marknadsutbud som uppdagades under förstudien.

För kommunikationsfunktionen eliminerades Zigbee och z-wave då de har mycket högre komplexitet än de andra dellösningar. Även Bluetooth valdes bort då dess begränsade räckvidd förhindrar uppkoppling till server. Gällande mikrodator eliminerades ESP32 eftersom den till skillnad från Raspberry PI 0 saknar ett operativsystem. Det skulle kräva mer resurser av projektgruppen vilket bedömdes vara mer användbart på andra uppgifter.

På liknande sätt som för de andra mjukvarurelaterade delfunktionerna valdes ett maskinnära språk, Rust, som gruppen var bekant med. Rust behövs om en extern mikrodator används men om mikrodatorn är integrerad i sensorn finns befintlig lösning med i sensorn. Eftersom Raspberry PI 0 inte levereras med förinstallerad mjukvara för sensorberäkningar eller med en integrerad sensor, betraktades den som inkompatibel med "integrerad sensor", dvs inget maskinnära språk. Dessutom klassades även Rust som inkompatibelt med "integrerad sensor", eftersom dess funktionalitet kräver utveckling av egen inbyggd programvara för personräkning eller dataöverföring. Konceptgenereringen med dessa begränsningar gav tolv lösningar som visas i Appendix B.

Tabell 4.2: Morfologisk matris för personräknare

| Personräknare | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------------------|-----------|-------------|--------|--------------|
| Delfunktioner | | | | | | | | | |
| Sensor | Time Of Flight | Lidar | Infraröd kamera | Passiv infraröd | Koldioxid | Ultraljud | Laserstråle | Kamera | mmWave Radar |
| Mikrodator | Raspberry PI 0 | ESP32 | Integrerad i sensorn | | | | | | |
| Maskinnära språk | C | C++ | Rust | Micro Python | Befintlig i sensorlösning | | | | |
| Kommunikation | Wi-Fi | Zigbee | z-wave | Bluetooth | | | | | |
| Datahantering | SQL-Databas | MongoDB | Cassandra | | | | | | |
| Tidsserie Databas | InfluxDB | TimeScaleDB | | | | | | | |
| Backend-hantering | Java | Golang | C# | Typescript | NextJS | Rust | Kotlin | Python | |
| Frontend-hantering | React | NextJS | Svelte | Vue | | | | | |

4.3.3 Utvärdering av koncept

De tolv koncepten som genererats utvärderades i flera steg. Först gjordes en genomgång av kravuppfyllnad utifrån produktspecifikationen, för att eliminera de koncept som inte uppfyller kraven. Eftersom många dellösningar som orsakade ouppfyllda krav eliminerades under konceptgenereringen var det inget av de tolv genererade koncepten som inte uppfyllde samtliga krav.

Nästa steg var att ranka önskemålen från produktspecifikationen för att möjliggöra utvärdering utifrån dem, appendix C. De två önskemålen som projektgruppen rankade högst var att kunden skulle känna sig trygg med sensortypen samt att det skulle finnas en hemsida eller app för visualisering av data. Utifrån rankningen togs vikt faktorer fram för varje önskemål, appendix D.

De viktade önskemålen användes i en Kesselringsmatris, Appendix E. Där gjordes en bedömning kring hur väl koncepten uppfyller önskemålen. Lösningar med sensortypen Lidar bedömdes uppfylla kriteriet kundtrygghet sämre än resterande lösningar utifrån insamlade svar på fråga 9 i enkätundersökningen. Andra tydliga skillnader i uppfyllelsegrad var för kriteriet långsiktigt pris, konfigurering av sensorer, installationstid och funktionalitet för större rum.

Från teknik- och marknadsundersökningen observerades att sensortyperna ToF och Lidar generellt är dyrare än sensortypen mmWave. Lidar och ToF är också mer komplexa sensorer jämfört med mmWave vilket resulterade i att de bedömdes svårare att konfigurera, dock ansågs det medföra bättre funktionalitet för personräkning i större utrymmen. För kriteriet konfigurering av sensorer spelade även kommunikationstypen in och Ethernet bedömdes bidra till enklare konfigurering men också kortare installationstid jämfört med Wi-Fi. Något annat som bedömdes förkorta installationstiden var integrerad mikrodataor.

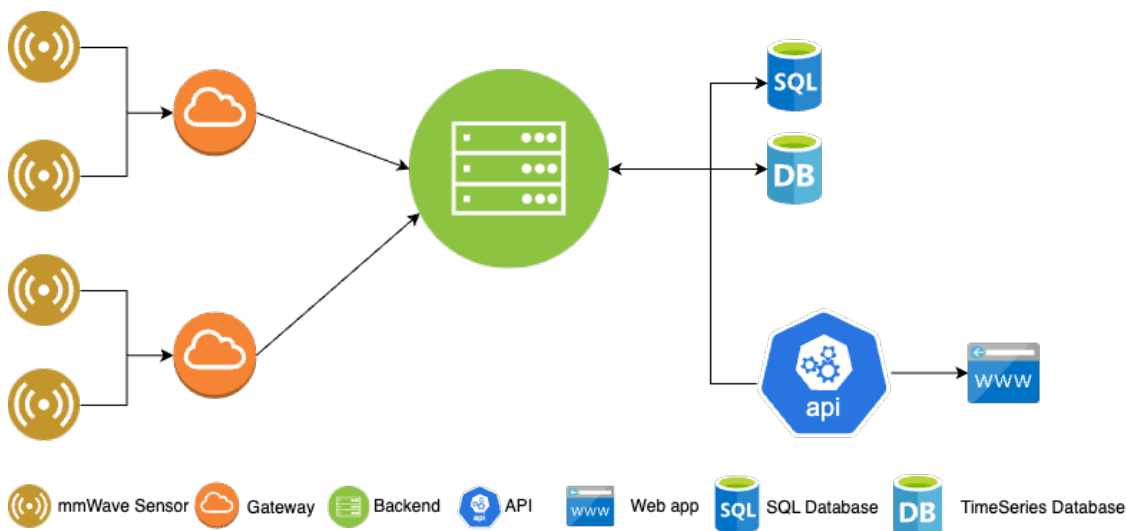
Uppfyllelsegraden för varje önskemål tillsammans med respektive viktningsfaktor summerades för varje lösning. De tre koncepten med högst summa hade sensortypen mmWave och kan ses i tabell 4.3. Konceptet med ethernetanslutning och inkluderad mikrodataor var det som bedömdes uppfylla önskemålen bäst utifrån kesselringsmatrisen.

Tabell 4.3: Utdrag från kesselringsmatrisen med de tre högst rankade koncepten samt en referens.

| Kriterie | Vikt | Referens | mmWave Integrerad mikrodator Wi-Fi | | mmWave Raspberry PI 0 Ethernet | | mmWave Integrerad mikrodator Ethernet | |
|--|------|----------|--|------------|--------------------------------------|------------|---|--|
| | | | Lösning 10 | Lösning 11 | Lösning 11 | Lösning 12 | | |
| Kundtrygghet | 0,11 | 5 0,55 | 4 0,44 | 4 0,44 | 4 0,44 | 4 0,44 | 4 0,44 | |
| Visualisering av data | 0,11 | 5 0,55 | 5 0,55 | 5 0,55 | 5 0,55 | 5 0,55 | 5 0,55 | |
| Långsiktigt pris | 0,09 | 5 0,47 | 5 0,47 | 5 0,47 | 5 0,47 | 5 0,47 | 5 0,47 | |
| Konfigurering av sensorer | 0,08 | 5 0,38 | 4 0,30 | 3 0,23 | 4 0,30 | 4 0,30 | 4 0,30 | |
| Sensors utseende | 0,08 | 5 0,38 | 5 0,38 | 5 0,38 | 5 0,38 | 5 0,38 | 5 0,38 | |
| Server driftstopp | 0,07 | 5 0,36 | 5 0,36 | 5 0,36 | 5 0,36 | 5 0,36 | 5 0,36 | |
| Produkten ska vara lätt-konfigurerad (vid installation för nya rum) | 0,07 | 5 0,35 | 3 0,21 | 4 0,28 | 4 0,28 | 4 0,28 | 4 0,28 | |
| App/Hemsida | 0,07 | 5 0,35 | 5 0,35 | 5 0,35 | 5 0,35 | 5 0,35 | 5 0,35 | |
| Migrerbar server | 0,07 | 5 0,33 | 5 0,33 | 5 0,33 | 5 0,33 | 5 0,33 | 5 0,33 | |
| Installationstid | 0,06 | 5 0,28 | 4 0,22 | 3 0,17 | 4 0,22 | 4 0,22 | 4 0,22 | |
| Enkelt att installera produkten i nya rum | 0,06 | 5 0,28 | 4 0,22 | 3 0,17 | 4 0,22 | 4 0,22 | 4 0,22 | |
| Pris för prototyp | 0,04 | 5 0,21 | 4 0,17 | 4 0,17 | 4 0,17 | 4 0,17 | 4 0,17 | |
| Storlek | 0,03 | 5 0,14 | 4 0,11 | 4 0,11 | 4 0,11 | 4 0,11 | 4 0,11 | |
| Antal installationer | 0,03 | 5 0,14 | 5 0,14 | 5 0,14 | 5 0,14 | 5 0,14 | 5 0,14 | |
| Funktionalitet för större rum, t.ex. hörsalar/arbetsrum | 0,02 | 5 0,10 | 3 0,06 | 3 0,06 | 3 0,06 | 3 0,06 | 3 0,06 | |
| Leverantör | 0,01 | 5 0,07 | 1 0,01 | 1 0,01 | 1 0,01 | 1 0,01 | 1 0,01 | |
| Källsortering | 0,01 | 5 0,07 | 4 0,06 | 4 0,06 | 4 0,06 | 4 0,06 | 4 0,06 | |
| Sum: | | 5 | 4,38 | 4,27 | 4,45 | | | |

4.3.4 Systemarkitektur

Utifrån konceptlösning 12, som blev högst rankad i konceptutvärderingen och kan ses i appendix B, gjordes en ny systemarkitektur. Den nya systemarkitekturen består av sju komponenter, mmWave sensor, gateway, backend, SQL databas, timeseries databas, API för extern kommunikation samt en frontend i form av en webapplikation. Gateway mellan sensor och backend lades till för att öppna upp för ett större utbud av sensorer. Detta var det bästa sättet för att försäkra god skalbarhet i samtliga dimensioner i systemet vid vidareutveckling.

**Figur 4.1:** Den resulterande systemarkitekturen

4.4 Prototypframtagning

Prototypframtagningen av systemet beskriver de tekniska och funktionella aspekterna av mjukvarukomponenterna såväl de val av hårdvara som utförts. Dessa komponenter samverkar för att skapa en heltäckande lösning för rums- och datahantering. Systemet delas in i tre huvudsektioner: Hårdvara, backend och frontend. Hårdvara tar hänsyn till sensorval samt tillhörande moduler för att interagera med systemet. Backend hanterar systemets kärnfunktioner såsom datalagring och autentisering, medan Frontend fokuserar på användargränssnittet för interaktion och visualisering av data.

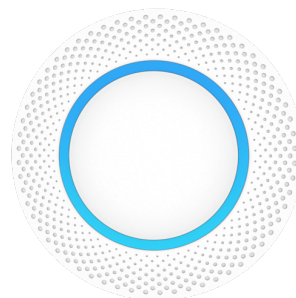
4.4.1 Hårdvara

I enlighet med konceptlösning 12, som blev högst rankad i konceptutvärderingen (tabell 4.3) sökte projektgruppen efter en mmWave sensor med inbyggd mikrodator för kommunikation. Ytterligare faktorer såsom tillgänglighet och pris användes för att söka lämplig hårdvara. Minew, en kinesisk tillverkare av sensorer och IoT system och deras sensor MSR01-a med hjälp av en G1 gateway ansågs uppfylla dessa punkter väl och valdes som lösning.

Denna kombination valdes då mmWave tekniken som nyttjas av MSR01-a upplevdes trygg av studenter och har möjlighet att med hög träffsäkerhet räkna antalet personer i rummet. Dessutom kräver varje sensor ytterst lite konfigurering då den endast kräver strömanslutning för att kommunicera till gatewayen över bluetooth signaler. Gatewayen i sin tur kan kopplas upp mot servern via antingen ethernet eller 2.4 GHz WiFi beroende på möjlighet i specifik byggnad. Dessutom var dessa produkter mycket ekonomiskt effektiva vilket leder till en stor besparing om lösningen ska lanseras i stor skala.



Figur 4.2: MSR01-a Sensor



Figur 4.3: G1 Gateway

4.4.2 Backend

Det slutgiltiga backend-systemet stödjer en rad olika funktioner. De mest centrala av dessa funktioner inkluderar möjligheten att rapportera antalet personer i ett rum, vilket sedan matchas med rätt rum baserat på MAC-adressen. För närvarande stödjer systemet endast det specifika formatet som genereras av Minew G1 IoT Gateway, men det är möjligt att utöka och byta ut detta stöd i framtiden. För att möjliggöra detta krävs att MAC-adresserna för sensorerna läggs till och kopplas samman med rum, vilket tillåter backenden att effektivt filtrera bort irrelevant sensor- och annan data.

För autentisering finns det två huvudsakliga system i plats. Det första systemet är användarautentisering, som används av gateways för att verifiera att data kommer från en pålitlig enhet. Dessa användare etableras genom tilldelning av användarnamn och lösenord, vilket möjliggör att individuella gateways kan tas bort vid en stulen enhet eller intrång.

Det andra systemet används för att säkerställa att användare som försöker göra ändringar har rätt behörigheter. Denna autentisering bygger på API-nycklar. Dessa nycklar kan skapas och tas bort individuellt, men förutsätter att en initial nyckel sätts upp när systemet konfigureras. För att åstadkomma detta ställer man in en verifieringsnyckel vid systemets ursprungliga konfiguration, som sedan används för att generera en giltig API-nyckel via API:et, vilken kan användas för efterföljande åtgärder.

Förutom de primära funktionerna finns även några system på plats för att generera statistik. Ett av dessa system beräknar genomsnittlig användning för alla grupprum varje dag i veckan.

Det andra systemet möjliggör åtkomst till rådata från lagringssystemet med enklare omvandling för att underlätta hanteringen. Detta system möjliggör för tredjepartsverktyg att genomföra djupare analyser eller, som i vårt fall, att analyser utförs på frontend-sidan.

Avslutningsvis finns även en API-dokumentationssida tillgänglig. Denna sida kan användas om någon vill integrera tredjepartsfunktioner eller för att utforska systemets struktur. Den har främst använts under utvecklingsfasen för de olika teamen, men det ansågs värdefullt då den agerar som riktmärke för framtida uppskalningsåtgärden. Bild på API-dokumentationssidan finns i appendix G.

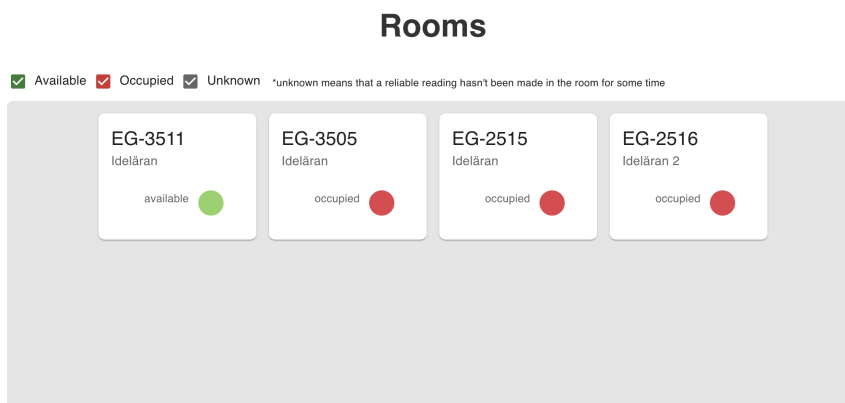
4.4.3 Frontend

En webbplats har utvecklats riktad mot studenter för att visualisera data insamlad från sensorerna. Den redovisar aktuell status för samtliga rum med en registrerad sensor. Rummen kategoriseras på två olika sätt. Färgkod och sortering med hjälp av kryssrutor enligt kategorierna: Available, occupied, unknown. Nedan listas samtliga koder och dess tillhörande färg och syfte, även tillhörande figurerna 4.4 och 4.5 som

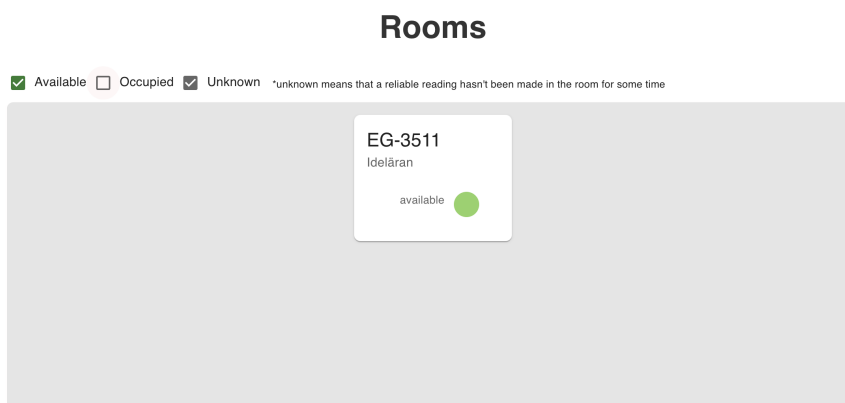
4. Resultat

är tagna från webbplatsens gränssnitt.

- **Available** (grön) syftar att märka rum där sensorerna inte läser av någon person i rummet.
- **Occupied** (röd) märker rum där en sensor läser av minst en person i rummet.
- **Unknown** (mörkgrå) märker ut rum där en sensor inte skickat data på minst 10 minuter.



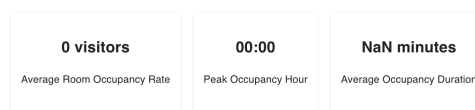
Figur 4.4: Gränssnittet som visar statusen av alla registrerade rum



Figur 4.5: Gränssnittet som visar alla registrerade rum som är tillgängliga

Vidare till de sidor som riktar sig till administration och Chalmers Tekniska Högskola. Den första sidan är sidan som presenterar insikter i den insamlade datan med hjälp av grafer, tabeller och nyckeltal, se figurerna 4.6, 4.7 och 4.8. De framtagna nyckeltalen har fått positiv feedback i de slut intervjuer projektgruppen genomfört [37]. De grafer som presenteras i resultatet fungerar enligt kravspecifikation.

Data Insights

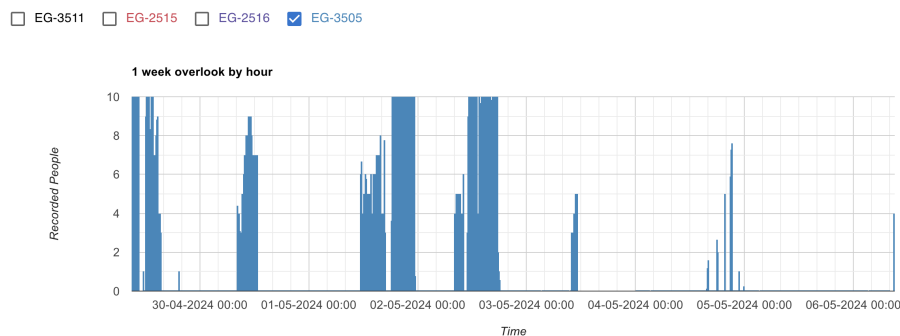


| Room | Monday | Tuesday | Wednesday | Thursday | Friday |
|---------|--------|---------|-----------|----------|--------|
| EG-2515 | 2.38 | 1 | 0 | 0 | 3.76 |
| EG-2516 | 0.19 | 0.11 | 0 | 4.19 | 0 |
| EG-3505 | 2.4 | 1.56 | 4.23 | 1.8 | 3.16 |
| EG-3511 | 4 | 1.6 | 0.01 | 2.31 | 0.3 |

Graphs

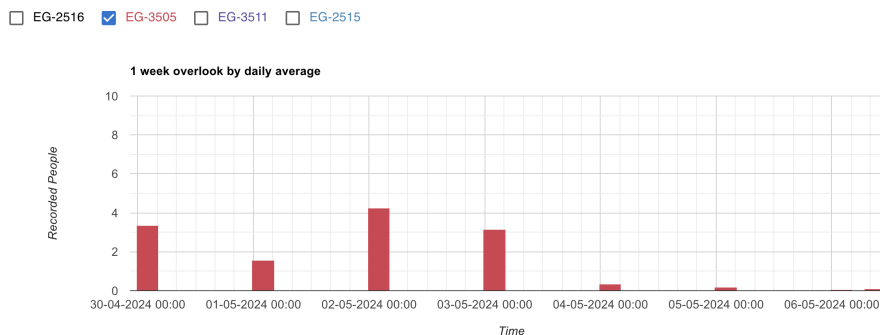
Figur 4.6: Gränssnittet som visar alla registrerade rum som är tillgängliga

Graphs



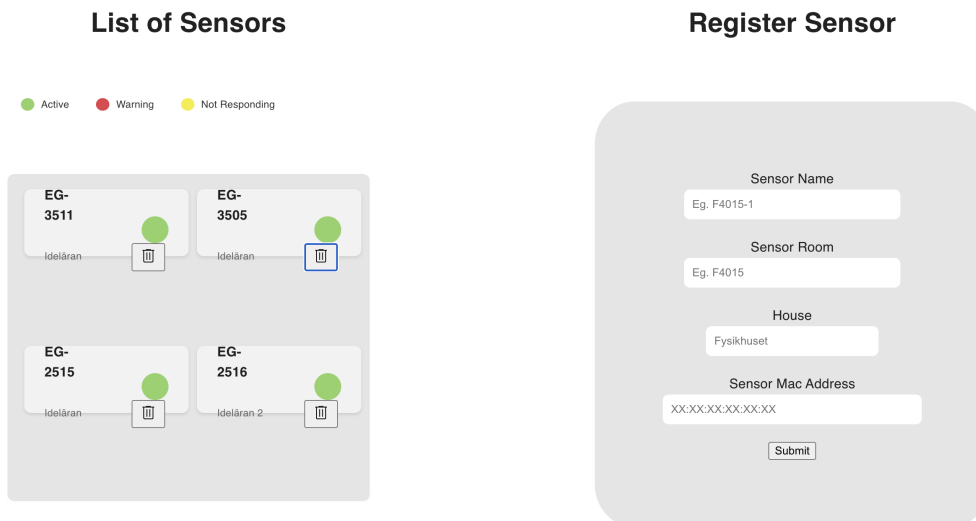
Figur 4.7: Gränssnittet som visar alla registrerade rum som är tillgängliga

4. Resultat



Figur 4.8: Gränssnittet som visar alla registrerade rum som är tillgängliga

Ytterligare en sida som ämnar sig åt främst administration och underhåll är sidan för registrering av sensorer. Denna innehåller tre funktioner: Registerar sensorer, Radera sensorer och få en överblick av registrerade sensorer, se figur 4.9. Sidan är simpelt strukturerad i två kolumner. Den vänstra innehåller en lista av samtliga registrerade sensorer och en mindre knapp som möjliggör radering av sensorn. I högra kolumnen kan man registrera nya sensorer. De inmatningar som efterfrågas av användaren är: sensor namn, rummet, hus och MAC-adressen tillhörande den nya sensorn.



Figur 4.9: Gränssnittet som visar samtliga registrerade sensorer samt ett formulär för att registrera nya

4.5 Testning

Systemet testades utifrån angivna målvärden och kontrollmetoder från kravspecifikationen. I appendix A visas samtliga krav och önskemål med färger som representerar testresultaten, grön för uppnått målvärde, gul för ej utförd test och röd för ej uppnått målvärde. Kravspecifikationen bestod av 17 st krav samt 18 st önskemål. Resultatet över hur många av dessa som uppfylldes eller ej uppfylldes visas i tabell 4.4 nedan.

Tabell 4.4: Färgkodning av kravspecifikation samt statistik

| Färg | Status | Krav | Önskemål |
|------|-------------------------|-------|----------|
| Grön | Uppfyllt | 13/17 | 13/18 |
| Gul | Ej testat eller osäkert | 4/17 | 2/18 |
| Röd | Ej uppfyllt | 0/17 | 3/18 |

Ett av dessa test var stickprov från sensorer för att kontrollera prestandan och precisionen i personmätningen. Resultatet från stickprovet visas i tabell 4.5. Testet visade en generell felmarginal på 2,5 personer med en maximal avvikelse på 7 personer. Däremot presterade den korrekt i avseendet att detektera närvaro eller frånvaro av människor i rummet.

Tabell 4.5: Stickprov från sensorer

| Tillfälle | Rum | Personer i rummet | Sensor räknade till | Felmarginal |
|--------------------|---------|-------------------|---------------------|-------------|
| Mån, 29 apr, 12:45 | EG-2515 | 1 | 1 | 0 |
| Mån, 29 apr, 12:45 | EG-3511 | 4 | 9 | 5 |
| Mån, 29 apr, 12:45 | EG-3505 | 3 | 10 | 7 |
| Mån, 29 apr, 14:30 | EG-2515 | 3 | 6 | 3 |
| Mån, 29 apr, 14:30 | EG-3511 | 3 | 8 | 5 |
| Mån, 29 apr, 14:30 | EG-3505 | 3 | 9 | 6 |
| Tis, 30 apr, 12:40 | EG-2515 | 5 | 10 | 5 |
| Tis, 30 apr, 12:40 | EG-3505 | 0 | 0 | 0 |
| Tis, 30 apr, 12:40 | EG-3511 | 2 | 6 | 4 |
| Tis, 30 apr, 13:30 | EG-2515 | 0 | 0 | 0 |
| Tis, 30 apr, 13:30 | EG-2516 | 0 | 0 | 0 |
| Tis, 30 apr, 13:30 | EG-3505 | 0 | 0 | 0 |
| Tis, 30 apr, 13:30 | EG-3511 | 0 | 0 | 0 |

4.6 Utvärdering

För att utvärdera det framtagna systemet gjordes en serie intervjuer med personal och studenter från Chalmers Tekniska Högskola. Fokus vid intervjuerna var att få reda på de primära användargruppernas åsikter kring systemet men även upptäcka möjliga förbättringsområden.

Från universitetets personalstab har Tord Hansson, drift- och underhållsansvarig vid serviceavdelningen på Chalmers Tekniska Högskolas verksamhetsstöd, samt Anna Zahlbruckner, campusutvecklingsansvarig från Chalmersfastigheter, intervjuats. Intervjuade studenter har slumpmässigt valts ut i närheten av gruppum med monterade sensorer.

4.6.1 Personal

Intervjun med Tord Hansson [37] bestod av att gruppens hemsida riktad mot studenter samt visualiseringen av data i form av grafer och tabeller riktad mot personal visades för Tord. Detta följdes av en diskussion kring hur han upplevde det som

presenterades. Vid intervjun med Anna Zahlbruckner [38] beskrevs projektgruppens system och en öppen diskussion kring dess användningsområden kopplade till hennes roll som campusutvecklingsansvarig hölls.

Generellt var båda mycket positiva till det nuvarande systemet och dess framtidspotential. Tord föreslog inga förändringar till hemsidan för studenter, då han tyckte att all nödvändig information fanns med. Däremot såg både han och Anna fördelar med att integrera systemet med appen och hemsidan CampusMaps för att enkelt hitta och visa information om tillgängliga rum. Båda lyfte även att en funktionalitet som hade kunnat vara bra att tillägga inom tjänsten CampusMaps var sortering av grupprummen för att slippa söka på specifika rum eller för att hjälpa studenter hitta närmaste lediga grupprum.

Att underlätta för studenter att snabbt hitta lediga studieplatser var något som Tord betonade som en viktig funktion. Han menade också att det kunde vara fördelaktigt för de som studerar ensamma att inte begränsa funktionen till enbart grupprum, utan att andra typer av studiemiljöer kan inkluderas.

Anna nämnde också studenter som arbetar enskilt och påpekade att implementering av ett personräkningssystem på campus hade haft stora fördelar inom lokalplanering. Till exempel om data insamlad från ett sådant system visar att många studenter sitter ensamma i grupprum kan det innebära att fler enskilda studieplatser behöver skapas. Överlag menade hon att data över lokalernas nyttjande hade varit till stor hjälp inom lokalplanering i samband med universitetets expansion och volymökning, speciellt kopplat till uppsatta hållbarhetsmål. Utöver hållbarhetsaspekten hävdar hon att det också kan vara bra för att anpassa campus bättre efter studenternas behov, vilket är positivt då universitetet strävar efter att vara en "campusskola" menar hon. Här kan också ett personräkningssystem användas för att förmedla nyckeltal som hur många som sitter i grupprum kontra hur många platser som finns.

Andra exempel på intressanta data för hennes arbete som campusutvecklingsansvarig som Anna tog upp var om en lokal var använd eller inte använd samt nyttjande över tid. Även nyttjande kontra yta eller andra resurser, till exempel kvadratmeter per person eller luft per person, menade hon var värdefulla data. Just tillgången på luft uttryckte hon vara ett stort problem i många av universitetets lokaler och att det hade varit intressant att mäta.

Något hon ansåg vara viktiga insikter var att veta om bokade lokaler är nyttjade eller ej, eller om lokaler nyttjas utan att vara bokade. Därför föreslog hon en integration eller korskörning med bokningstjänsten TimeEdit för att visa rum som är bokade men inte fysiskt upptagna, vilket kan hjälpa till att effektivisera användningen av skolans utrymmen. Detta var även något som Tord föreslog.

Tord diskuterade också möjligheten att överboka lokaler, såsom hörsalar baserat på statistik som det här projektet kan generera. Alltså att boka rum baserade på hur många förväntas komma, inte hur många som är anmälda på kursen. Tord kom-

menterade även utseendet på sensorn som valt i projektet. Han uttryckte sig nöjt över hur neutrala och minimala de nuvarande sensorerna är. Han nämnde också att många andra sensorer på campus får en att känna sig mer övervakad, men att gruppens valda sensor inte gav den känslan.

Tord var intresserad av att utvidga testningen av systemet till fler områden, inklusive hela hus och öppna ytor, för att utvärdera dess effektivitet och nytta på bredare front. Tord visade också intresse för både expansion av tekniska lösningar och bättre användning av befintliga resurser för att förbättra studiemiljön och utrymmesutnyttjandet på campus.

4.6.2 Studenter

Ett flertal intervjuer har hafts med studenter kring deras uppfattning och tankar kring användargränssnittet och sensorn [39]. Den samlade uppfattningen av användargränssnittet är att det är tydligt kring vilka grupprum som var lediga, och att det var bra att man kunde filtrera ut de som var upptagna. En student ansåg dock att man skulle kunna implementera vägvisningar eller mer info kring vart grupprummen finns i huset.

Deras tankar kring sensorn var också lika, där studenterna ansåg att sensorn var diskret och att de även hade svårt att hitta den om de inte visste vart den var. Studenterna tyckte också att det var bra att sensorn inte hade någon kamera på sig, då man inte kände sig lika övervakad.

5

Diskussion

I detta kapitel diskuteras olika delar av projektet som etik, sensor och hårdvara, mjukvara och det digitala systemet, vidareutveckling, arbetsprocessen och gruppdynamik. Både positiva och negativa aspekter tas upp samt olika förbättringsområden.

5.1 Etik

I detta arbete är den etiska analysen viktig med tanke på att resultaten av och slutprodukten påverka en omfattande grupp personer. Den aktuella tekniken presenterar sig som en effektiv metod för att optimera och hantera användningen av gemensamma utrymmen, men den ger samtidigt upphov till komplexa etiska överväganden relaterade till integritet och rättvisa. Detta beror på dess direkta påverkan på studenters bekvämlighet i grupprum, samt att man som student möjligen kan känna sig övervakad. Som en konsekvens kräver detta arbete tydliga etiska riktlinjer och överväganden.

En central etisk fråga är skyddet av individens integritet. Personräknare har förmågan att spåra och särskilja varje individ som går in i eller ut ur ett rum från övriga ting i rummet. Detta reser frågor om övervakning. För att hantera denna problematik är det av vikt att säkerställa att lösningen samlar in och lagrar endast nödvändig och anonym information, vilket omöjliggör möjligheten för identifiering av enskilda personer. En klar och tydlig kommunikation med användarna om användningen av personräknare och deras syfte är också avgörande. Främst då för att informera brukare av rummen att de inte blir av lästa som individ på ett olämpligt eller olagligt sätt.

En annan avgörande aspekt som hade stor betydelse under vår systemutveckling är valet av sensor. Den valda sensortekniken måste undvika att vara selektiv eller favorisera vissa grupper framför andra, eftersom det kan ge en missvisande bild av användningen av relevanta grupper. Vår sensor, som använder rörelse för att detektera individer, minskar risken för selektivitet genom att eliminera många potentiellt diskriminerande datapunkter. Framtida potentiella sensorval bör göras med samma överväganden i åtanke.

5.2 Val av sensor och hårdvara

Den sensor projektgruppen använde uppfyllde i slutändan de flesta av de krav och önskemål vi fastställde. Några av de positiva aspekterna som sensorn ger är att den är ganska liten och därmed smälter in bra i omgivningen, vilket gör att studenterna som är i rummet inte märker av den [39]. Samma sak anser Tord kring sensorn [37]. Sensorn behöver inte heller någon extern mikrodator, utan istället är det inbyggt i sensorn. Med detta behövs inte extra komponenter för att kunna koppla upp flera sensorer, och därmed underlättar att expandera systemet och att skala upp och ner det, vilket besvarar forskningsfråga 2 från 1.2.3.

Däremot finns det några negativa aspekter med sensorn. Utifrån resultatet av stickproven 4.5 kan vi konstatera följande saker. Det sensorval arbetsgruppen valde kan nå målgruppen studenters önskan om att ge information kring vilka grupprum som är lediga eller inte. Däremot kan inte projektet just nu uppfylla universitetets kriterier, nämligen att kontinuerligt kunna ge korrekt resultat kring hur många studenter som befinner sig i grupprummen. Sensorerna uppfyller inte heller önskemålet att ha en felmarginal på ± 1 person (Appendix A). Däremot skulle denna stora felmarginal bero på en brist i en ordentlig konfigurationen kring de rum sensorerna är uppsatta i. Däremot bör vidare testning ske för att kunna säkerställa om det är sensorerna som felet ligger i, eller om det är konfigurationen av rummen. Ifall felet skulle ligga hos sensorn skulle det vara lämpligt att testa att använda sig av en annan sensortyp.

5.3 Mjukvara och det digitala systemet

Nedan kommenterar vi de enskilda momenten som hör till det resulterande digitala systemet och mjukvaran som hör där till. Sammanfattat så anser vi i projektgruppen att slutprodukten i sin helhet varit lyckad. Det digitala systemet uppfyller de allra flesta krav vi ställde i produktspecifikationen och en flertal av de önskvärda mätpunkterna.

5.3.1 Backend

Backenden utgör kärnan i systemet, och är även den mest genomtänkta och välarbetade systemkomponenten. Även om den är välarbetad finns det dock fortfarande brister och områden för förbättring, särskilt med tanke på att systemet kan komma att användas i storskalig utsträckning. Dessa förbättringar fokuserar främst på säkerhet och administration.

För närvarande möjliggör säkerhetsaspekten att användare kan läggas till och tas bort från systemet genom användning av nycklar. Tyvärr har samtliga nycklar för närvarande samma behörighetsnivå. Detta skapar en sårbarhetspunkt där en potentiell attacker, om förövarna erhåller en API-nyckel, kan i praktiken låsa ut alla andra användare från systemet. Det beror på att samtliga nycklar har befogenhet att ta bort andra nycklar.

På liknande sätt finns möjligheten för alla användare med åtkomst att lägga till eller ta bort sensorer. Detta trots att det kanske endast är önskvärt att vissa användare har tillgång att övervaka data eller se antalet personer i rummen, utan att de har befogenhet att göra ändringar i systemets konfiguration.

För framtida system bör åtkomsten vara mer differentierad och kunna tilldelas på en funktionsbaserad nivå. Dessutom bör det vara möjligt att rangordna nycklarna så att inte alla nycklar har befogenhet att ta bort andra. Genom att införa dessa åtgärder kan man säkerställa att åtkomsten är så begränsad som möjligt. Detta minimerar risken för dataintrång och förhindrar obehöriga att lägga till eller ta bort rum från övervakning.

Insamlingen av data om personer i ett givet rum kan också förbättras ur ett säkerhetsperspektiv. För närvarande används en autentiseringsmekanism där våra gateways rapporterar med ett användarnamn och tillhörande lösenord. Under prototypstadiet har detta främst använts för att säkerställa att endast auktoriserad data skickas till backenden och för att undvika att systemet luras att det finns eller inte finns personer i ett givet rum.

För närvarande kontrolleras endast inloggningsuppgifterna, men det görs ingen dubbelkontroll för att säkerställa att de rum för vilka data rapporteras faktiskt tillhör användaren eller gatewayen. Ett skyddande lager skulle vara att införa en mekanism där MAC-adresserna kontrolleras för att säkerställa att de tillhör den användare som rapporterar, vilket skulle minimera risken för att någon skulle kunna ta kontroll över en gateway för att sedan rapportera data för ett annat rum.

Utän att implementera en sådan kontrollmekanism blir det svårare att spåra vilken användare som har blivit utsatt för intrång, vilket i sin tur kan kräva att alla användare stängs av och ersätts med nya för att förhindra intrånget.

Om man istället kollar på den administrativa sidana av systemet finns det även där en del förändringar som skulle vara fördelaktiga för en officiell lansering. En utav dessa är att göra det möjligt att lägga till relevanta rum och sensor på en och samma gång. Då man kan tänkas lägga till ett komplex av rum vid ett givet tillfälle. Likaså hade det bidragit att lägga till funktionalitet för att ändra på rum. För tillfället går det inte att göra några förändringar på existerande rum och gateways utan de förblir statiska när det kommer till byggnad eller sensor. Detta går att lösa i nuvarande versionen av systemet, men det kräver att man tar bort rummet eller gatewayn från databasen först, för att sedan lägga till den med samma inställningar.

Förutom säkerhets- och administrativa förbättringar finns det ett område där en direkt förbättring av användarupplevelsen skulle kunna uppnås, och det handlar om statistikhanteringen. I det nuvarande systemet skickar backenden en serie av data till frontenden för att sedan räkna ut olika statistiska värden på användarens enhet. För små datamängder är detta en rimlig strategi, men ju större datamängder som bearbetas, desto längre tid tar det för användaren att få tillgång till statistiken på

grund av den ökande mängden data som måste överföras.

Om dessa beräkningar istället kunde utföras på backend-sidan skulle datan kunna användas direkt, vilket skulle leda till en markant minskning av den totala latensen för att få tillgång till statistiken. Detta beror på att det inte längre skulle krävas tid för överföring och beräkningarna kunde utföras med hjälp av optimerade datastrukturer.

Dock skulle en sådan omställning kräva mer tid och resurser för att implementera, eftersom varje statistiskt värde skulle behöva en egen API-endpunkt. Detta skulle också öka samarbetet och kommunikationen mellan frontend- och backend-utvecklare för att säkerställa att tjänsten fungerar sömlöst. Trots detta skulle det drastiskt förenkla frontenden och minska projektets komplexitet som helhet.

Trots de betydande bristerna är den nuvarande backenden ändå en solid grund för framtida utveckling. Systemet har visat sig vara skalbart, även om det är något osäkert och svårhanterat på vissa områden. Ett framtida projekt skulle kunna dra nytta av kärnan i backenden med minimala modifieringar istället för att spendera värdefull tid på att bygga om systemet från grunden.

Denna framgång beror till stor del på att systemet från början har utformats med generella ingenjörsmetoder och har en modulär struktur. Backendens modularitet möjliggör användningen av systemet även i framtiden. Till exempel kan man byta ut autentiseringsmodulen för att förbättra säkerheten, samtidigt som resten av systemet kan fortsätta att användas utan förändringar.

5.3.2 Frontend

Frontend applikationen liksom backenden har byggts med ett urval kärnfunktioner. Funktionerna har utvecklats på ett sådant sätt att vi prioriterat att få ut så mycket funktioner som möjligt istället för att utveckla de på ett optimalt sätt för storskaligt bruk. Förbättringsmöjligheterna går att segmentera för våra två kundgrupper studenterna respektive Chalmers organisationen.

Förbättringarna som berör studenterna går att sammanfatta till användarvänligheten av gränssnittet. Det framtagna gränssnittet idag fungerar i de allra flesta fall tillräckligt bra för att kommunicera datan på ett enkelt och tolkningsbart sätt till användaren genom hemsidan. Dock finns det enstaka specialfall där detta inte är fallet. Ett bra exempel på detta är ifall man som användare försöker scrolla i listan av rum på en mobil-enhet. Förtillfället så bebländar touchskärmar de två olika skrollfälten för hemsidan och det mindre fältet som redovisar rummen. Därför kan användaren råka scrolla på hemsidan när man istället vill se fler rumsalternativ.

Vidare riktas fokus på användarupplevelsen för Chalmers personal så kretsar den framförallt runt två vyer. Dessa är Dashboard:en som redovisar insamlad data med hjälp av tabeller, grafer och ett urval nyckeltal. Samt sensorsidan, det är på denna

sidan som man kan registrera nya sensorer i systemet och få en överblick över de befintliga sensorerna och huruvida de är aktiva eller inte.

Dashboard-sidan har enligt oss i projektgruppen några förbättringsmöjligheter. Dessa berör främst hur vi redovisar datan visuellt och att introducering av mer inställningar för kunden så att de kan få se exakt den data de är intresserade av. Bland dessa förbättringar finns: Val av tidsspänn, bättre skalning på graferna, hjälp linjer exempelvis en trendlinje och ny meny för val av rum som kan hantera flertalet rum.

Vidare till sensorsidan. Denna sidan är väldigt simpel och lättnavigerad. I huvudsak så fyller den tre funktioner: Registrera sensorer, få en överblick av sensorers status och möjligheten att avregistrera sensorer. En av förbättringarna vi tänkt på är att man hade kunnat introducera ett sökfönster för söka bland de existerande sensorerna. Alternativt ett filtersystem där man kan sälla ned antalet visade sensorer beroende på parameterar såsom hus. Detta då främst för att gör sökandet enklare när flertalet sensorer registerats i systemet.

5.3.3 Datahantering

Vår datahantering är något okonventionell då den baseras på två separata databaser. Vanligtvis strävar man efter att samla data på ett ställe för att underlätta systemutveckling och minimera behovet av dataomvandlingar i systemkoden. Detta görs främst för att minska komplexitet och för att låta databasen behandla data på ett så effektivt sätt som möjligt, genom användning av lämpliga datastrukturer.

Trots dessa utmaningar är en tvådelad datahantering fördelaktig för projektet. Detta beror huvudsakligen på att det sällan uppstår situationer där båda databaserna behöver interagera samtidigt. De få tillfällen då detta är nödvändigt kan vi relativt enkelt använda cache för att öka hastigheten, då uppdateringar av data inte sker tillräckligt ofta för att vi konstant ska behöva läsa dem från databasen.

Vår delade datahanteringsstruktur bidrar istället till att vi sparar data och exekveringstid genom att utnyttja en databas som är optimerad för projektets relevanta data. Dessutom möjliggör vår tidsseriedatabas enkel åtkomst till den typ av data vi behöver, eftersom mycket av arbetet kan utföras direkt i databasen med hjälp av optimerade strukturer. Detta bidrar också till att det språk vi använder för att hämta data från databasen blir att lära sig och bygger på tidsbaserade operationer, vilket gör det både enkelt att underhålla och skalbart.

Vår SQL-databas används huvudsakligen för att lagra relaterad information om rum och personräkning, men den fungerar också som en central plats för att lagra annan nödvändig information som krävs för att systemet ska fungera smidigt och upprätthålla den säkerhet och administration som behövs. Den lagrade informationen är relativt statisk och förändras inte särskilt ofta.

Denna stabilitet gör det möjligt för systemet att dra nytta av cache för att snab-

ba upp vanliga datahämtningar utan att riskera att använda föråldrad information. Dessutom ger den extra databasen systemet möjlighet att enkelt utökas med ytterligare information i framtiden, vilket ökar systemets anpassningsförmåga.

Den tvådelade datastrukturen gör även systemet mer robust genom att fördela belastningen på flera punkter. Genom att sprida belastningen minskar risken för att en enda databas blir överbelastad och därmed långsam, vilket ökar systemets förmåga att hantera en ökande mängd parallella användare.

5.3.4 API

Systemets API är användarvänligt och tillhandahåller relevant data och funktionalitet för extern användning. Genom att följa branschstandarder för REST och HTTP-statuskoder underlättas integrationen och tillgången till befintlig dokumentation. Det innebär att anslutning av andra system för att hämta insamlad information är både smidig och effektiv.

Trots dessa fördelar finns det vissa brister. Eftersom systemet är byggt som en prototyp saknar det för närvarande versionshantering, vilket gör det svårt för andra system att garanterat veta att informationen ser ut som den ska. Detta innebär också att förändringar i data inte tydligt visas för externa tjänster och kan ske utan uppmärksamhet, vilket kan störa andra relevanta tjänster.

API:et har inte heller stöd för någon form av frekvensbegränsning, vilket innebär att någon skulle kunna kontinuerligt skicka förfrågningar och slutligen överbelasta systemet. Detta är en attackvektor som måste undersökas innan systemet skulle kunna sättas i storskaligt bruk.

5.4 Vidareutveckling

För att få en bild över vad projektets framtida arbete ser ut har undersökningar i form av intervjuer gjorts med både kund- och användarintresse i åtanke. Utöver detta har vi i projektgruppen förslag på vidare arbete, dels beroende på vissa av de krav/önskemål som inte uppfylldes eller testades, men också utifrån egna förslag och önskemål som vi hade vela se implementeras.

5.5 Arbetsprocessen och gruppdynamik

I början av projektet under Januari till Mars hade vi i gruppen svårt att jobba effektivt, då våra scheman inte var så kompatibla och med andra överskridande kurser, och där vi försökte boka in workshops så att alla kunde vara med. Detta åtgärdades genom att vi istället bokade in flera fyra timmars workshops under veckan, där man hade ett ansvar att ta del på minst fyra varje vecka. Senare under arbetsprocessen började vi även ha workshops hos varandra i våra hem kontrande på campus. Att ha dessa typer av workshops var väldigt givande för arbetet, främst då det skapade

en god gruppdynamik då med stor möjlighet till lagbyggande aktiviteter i samband med studier. Samt att vi som grupp arbetar bättre när vi arbetar tillsammans.

Vi som grupp har även varit duktiga med att utnyttja varandras olika kompetenser på ett effektivt sätt. Detta har lett till att arbetet har effektiviserats, och att vi har kunnat lägga mindre tid på projektet än vad kanske annars hade behövt. Däremot är tiden vi som grupp har lagt ner på projektet något vi har resonerat över, och där vi har kommit fram till slutsatsen att vi jobbar mer effektivt om vi har en tydlig planering kring vad det är vi ska göra och när det ska vara gjort.

6

Slutsats

Genom att ha utgått från produktutvecklingens faser som beskrivs av Johanneson m.fl. [29] har vi konstruerat ett system för personräkning inom grupprum på Chalmers Tekniska Högskola. Systemet består av sju komponenter, mmWave sensor, gateway, backend, SQL databas, timeseries databas, API för extern kommunikation samt en frontend i form av en webbapplikation. Sensorn har identifierats som en viktig komponent för att systemet ska kunna mäta nyttjandet av grupprum med god precision.

Med den nuvarande mmWave-sensorn har grupprummens status kunnat avläsas med god precision, däremot har precisionen inte varit tillräckligt hög vid mätning av antal personer i rummen. Exakt vad det beror på har inte kunnat fastslås, det kan möjligtvis vara sensorns kvalitet eller också hur den har konfigurerats. Det hade behövts ytterligare tester för att fullständigt förstå vad som krävs för att ett system ska kunna mäta nyttjandet av grupprum med god precision.

En IT-arkitektur har utformats tillsammans med tillhörande komponenter för varje attribut i arkitekturen. Detta för att kunna bevisa och testa deras nödvändighet och funktionalitets påverkan på produkten som helhet. Vi har då även kunnat testa arkitekturen som helhet mot båda kundgrupperna, studenter och personal vid Chalmers Tekniska Högskola. De teknologier som möjliggjort god skalbarhet är framförallt nyttjandet av gateways samt logiken för kommunikationen mellan arkitekturens attribut. Då vi nyttjat oss av API-kontrakt mellan samtliga komponenter så har vi kunnat garantera konsekventa dataflöden samt pålitlig kommunikation mellan attributen.

De användare som testat den utvecklade slutprodukten har haft väldigt positiva kommentarer. De tycker att produkten löser ett problem som existerat tidigare på ett enkelt och naturligt sätt. Sensorn är liten och ganska osynlig, vilket har uppskattats av studenterna, då sensorn ”smälter in i bakgrunden”, vilket gör att den potentiella känslan av att bli övervakad försvinner.

För att vidareutveckla framtagningen av personräknarsystemet behövs uppkopplingsmöjligheter tas i åtanke för att kunna försörja sensorer med ström och nätverksanslutning. Detta kan tas i åtanke vid konstruktion av nya grupprum eller tilläggas till befintliga men var utanför scopet för våran undersökning. Vidare kan sensorers styrkor och svagheter tas i åtanke vid inredning av rum vid eventuell renovering, så som inga nerhängande lampor eller liknande vid användning av rörelsedetektorer som

mmWave.

För vidareutveckling av programvara och för att ta det förbi prototypstadiet behövs ett mer tilltaget säkerhetssystem för att minska risken för sabotage eller läckor. Vi vill även rekommendera ersättning av egenskapade visualiseringsverktyg för mer gedigna Business Intelligence verktyg som används inom organisationen. Vidare har vår undersökning visat att studenter primärt önskar att kunna ta del av liveinformationen genom befintliga appar såsom campus maps. En integration med campus maps hade också uppfyllt önskemål av både personal och studenter då tjänsten innehåller vägbeskrivningar till aktuella rum. Därför vill vi rekommendera utvecklingen av ett gränssnitt för studenter i denna app.

Det vi kunnat konstatera om vårt sensorval genom denna studie är att det finns många olika sensorer med olika styrkor och svagheter. Det bakomliggande systemet vi byggt är öppet för expansion av nya sensorer som kan vara bättre anpassade till de befintliga rum. Som exempel finns det rum med nerhängande lampor eller betydligt större rum vilket försämrar prestandan för mmWave som vi testat. I dessa fall kan andra exempel vara mer relevanta men detta är något som finns möjlighet att utforska per rum. Under den tid vi lade för konfigurering av sensorer kom vi inte fram till en felmarginal inom det spann vi önskat. Detta kan bero på sensorval som inte kunde ge tillräckligt hög säkerhet eller felaktig installation/konfigurering.

De främsta lärdomar vi deltagare tar med oss från detta kandidatarbete är värdet av att jobba iterativt för att skapa god möjlighet för feedback. Vi tar även med oss att kommunikation av alla former tar mycket tid och kan skapa blockar i framskridandet av projektet. Och att därför kommunicera tidigt för att kunna hålla ett stabilt tempo utan att tvingas invänta svar. Vi önskar också att vi hade varit mer aktiva med att leta mer aktuella kunder i början av projektet för att få mer perspektiv på eventuella kunder till produkten med god information av vad som behövs. Dessutom kom vi till insikten att vi alla jobbar bäst mot deadlines som inte är allt för långt i framtiden, och önskar att vi hade satt hårda deadlines för oss själva med högre krav.

Litteratur

- [1] A. Belle Nylén, J. Färenmark, J. Sandberg, A. Svedberg, H. Thörn och A. Wickman, *A Comparative Study of People Counting Technologies*, kandidatuppsats, Institution för Data- och informationsteknik, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet, Göteborg, Sverige, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://chalmers.instructure.com/courses/22323/files/2764447?wrap=1>.
- [2] URL: <https://maps.chalmers.se/#a85a8be2-4ff6-4e39-9880-c2adb2a7626f>.
- [3] R. Horaud, M. Hansard, G. Evangelidis och C. Ménier, "An overview of depth cameras and range scanners based on time-of-flight technologies," *Machine Vision and Applications*, årg. 27, nr 7, s. 1005–1020, juni 2016. DOI: 10.1007/s00138-016-0784-4.
- [4] F. Galčík och R. Gargalík, "Real-time depth map based people counting," *Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*, s. 330–341, 2013. DOI: 10.1007/978-3-319-02895-8_30.
- [5] R. Tanner, M. Studer, A. Zanoli och A. Hartmann, "People detection and tracking with TOF Sensor," *2008 IEEE Fifth International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, sept. 2008. DOI: 10.1109/avss.2008.18.
- [6] M. Lindner, I. Schiller, A. Kolb och R. Koch, "Time-of-flight sensor calibration for Accurate Range Sensing," *Computer Vision and Image Understanding*, årg. 114, nr 12, s. 1318–1328, dec. 2010. DOI: 10.1016/j.cviu.2009.11.002.
- [7] S. Sampath, "People counting and tracking based on LIDAR data.," aug. 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.22181.24808.
- [8] K. P. Praveen Mishra, "A Research Paper on Thermal Imaging System," *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, maj 2019. URL: <https://www.jetir.org/papers/JETIREQ06085.pdf>.
- [9] D. L. Lu, *Ouster OS1-64 lidar point cloud of intersection of Folsom and Dore St, San Francisco*, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/?ref=openverse>, Licensed under CC BY 4.0, 2023.
- [10] P. N. Saranu, G. Abirami, S. Sivakumar, K. M. Ramesh, U. Arul och J. Seetha, "Theft detection system using PIR sensor," *2018 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)*, febr. 2018. DOI: 10.1109/icees.2018.8443215.

- [11] F. D. S. Irvan B. Arief-Ang och M. Hamilton, "CD-HOC: Indoor Human Occupancy Counting using Carbon Dioxide Sensor Data," maj 2017. URL: <https://arxiv.org/pdf/1706.05286.pdf>.
- [12] P. Khoenkaw och P. Pramokchon, "Bi-directional Portable Automatic People Counting Using A Single Ultrasonic Range Finder," s. 34–37, 2020. DOI: 10.1109/ECTIDAMTNCN48261.2020.9090689.
- [13] U. Ghani, "Known facts about laser trip wire alarms," *Electronics Lovers Technology We Love*, maj 2023. URL: https://electronicslovers.com/2023/05/uncovering-the-surprising-and-little-known-facts-about-laser-trip-wire-alarms.html#The_Precision_of_a_Laser_Trip_Wire_Alarm.
- [14] S. Li, M. O. Tezcan, P. Ishwar och J. Konrad, "Supervised People Counting Using An Overhead Fisheye Camera," s. 1–8, 2019. DOI: 10.1109/AVSS.2019.8909877.
- [15] P. Zhao, C. X. Lu, J. Wang m. fl., "Mid: Tracking and identifying people with Millimeter Wave Radar," *2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, maj 2019. DOI: 10.1109/dcoss.2019.00028.
- [16] G. Fagerfjäll, *Vad är IOT*, maj 2020. URL: <https://www.swedishembeddedaward.se/stalla-upp-i-tavlingen/vad-ar-iot/>.
- [17] P. Dhillon och H. Sadawarti, "A Review Paper on Zigbee (IEEE 802.15.4) standard," *ap*, årg. 3, nr 4, s. 1–3, april 2014. URL: <https://www.ijert.org/research/a-review-paper-on-zigbee-ieee-802.15.4-standard-IJERTV3IS040105.pdf>.
- [18] P. m. Linh An och T. Kim, "A Study of the Z-Wave Protocol: Implementing Your Own Smart Home Gateway," i *2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)*, 2018, s. 411–415. DOI: 10.1109/CCOMS.2018.8463281.
- [19] M. Verma, S. Singh och B. Kaur, "An Overview of Bluetooth Technology and its Communication Applications," *International Journal of Current Engineering and Technology*, årg. 5, s. 1588–1592, maj 2015. URL: https://www.researchgate.net/publication/276251559_An_Overview_of_Bluetooth_Technology_and_its_Communication_Applications.
- [20] B. Harahap, J. Silalahi, A. Saragih, R. Pandia, D. Sitompul och E. Singarimbun, "Wireless Networking How Wi-Fi Works and the Different Types of Wireless Networks," jan. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/367128043_Wireless_Networking_How_Wi-Fi_Works_and_the_Different_Types_of_Wireless_Networks.
- [21] L. Chruszczyk, A. Zając och D. Grzechca, "Comparison of 2.4 and 5 GHz WLAN Network for Purpose of Indoor and Outdoor Location," *International Journal of Electronics and Telecommunications*, årg. 62, febr. 2016. DOI: 10.1515/eletel-2016-0010.

-
- [22] C. BasuMallick, *What is ethernet? definition, types, and uses - Spiceworks*, jan. 2023. URL: <https://www.spiceworks.com/tech/networking/articles/what-is-ethernet/>.
- [23] *Vad är en databas | Oracle Sverige*. URL: <https://www.oracle.com/se/database/what-is-database/>.
- [24] B. Shah, P. Jat och K. Sashidhar, "Performance Study of Time Series Databases," s. 2, aug. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/363128579_Performance_Study_of_Time_Series_Databases.
- [25] C. Brooks, *What is SQL, and how is it used?* Jan. 2024. URL: <https://www.businessnewsdaily.com/5804-what-is-sql.html>.
- [26] G. Held, "The Client/Server Architecture," i *Book Server Management*, 1. utg. Auerbach Publications, 2000, s. 3–13.
- [27] Lubaochuan, *Client-server model.svg*, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/?ref=openverse>, Licensed under CC BY 4.0, 2014.
- [28] M. Biehl, *API Architecture*. API Univeristy Series, 2015.
- [29] H. Johannesson, J.-G. Persson och D. Pettersson, *Produktutveckling: Effektiva Metoder För Konstruktion och design* (Produktutveckling), 2. utg. Liber, 2013.
- [30] S. Pugh, *Total design*. Addison-Wesley, 1990.
- [31] K. Petersen, C. Wohlin och D. Baca, "The waterfall model in large-scale development," *Lecture Notes in Business Information Processing*, s. 386–400, 2009. DOI: 10.1007/978-3-642-02152-7_29.
- [32] M. Massé, *REST API design rulebook designing consistent restful web service interfaces*. O'Reilly, 2011.
- [33] G. Brito och M. T. Valente, "Rest vs GraphQL: A controlled experiment," *2020 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, mars 2020. DOI: 10.1109/icsa47634.2020.00016.
- [34] H. Leung och L. White, "A study of integration testing and software regression at the integration level," *Proceedings. Conference on Software Maintenance 1990*, 1990. DOI: 10.1109/icsm.1990.131377.
- [35] M. B. A. van Bennekum Alistair Cockburn, *Agile Manifesto*, Available at <https://agilemanifesto.org/> (2001).
- [36] T. Hansson, privat kommunikation, febr. 2024.
- [37] T. Hansson, privat kommunikation, Maj 2024.
- [38] A. Zahlbruckner, privat kommunikation, Maj 2024.
- [39] Studenter på Chalmers Tekniska Högskola, privat kommunikation, Maj 2024.

A

Kravspekifikation

Tabell A.1: Krav med färgkodning efter uppfyllelsesgrad.

| Intressent | Kriterie | Kontrollmetod | Mål värde | Krav/Önskemål |
|---|--------------------------------------|---|---|---------------|
| Förvaring Kvalitet och tillförlitlighet Prestanda | Sensors hållbarhet | Kolla produkt-specifikation och beroende av batterier | Ska inte sluta fungera | Krav |
| Kvalitet och tillförlitlighet | Server driftstopp | Testa prototyp | <1 gång i veckan | Krav |
| Underhåll Dokumentation | Läsbarhet kod | Gruppen läser koden | Kommenterad och tydliga variabelnamn Det ska finnas dokumentation för hur man använder funktioner i koden. | Krav |
| Underhåll Installation | Installation | Testa prototyp | Enkel att installera och demontera | Krav |
| Underhåll | Förmedla status | Testa prototyp | Det ska gå att läsa sensorenhetens status (fungerar eller ej) | Krav |
| Vikt | Vikt | Väga | <1 kg | Krav |
| Lagstiftning Kunden | Inte samla på persondata | GDPR formuleringar | Uppfylla GDPR | Krav |
| Företagsbegränsningar Standarder Säkerhet | IT-säkerhet | Kontrollera mot specifikation | Uppfylla ITA specifikation för säkerhet | Krav |
| Företagsbegränsningar Prestanda | Spara och lagra data i t.ex. databas | Testa prototyp | Kunna komma åt den insamlad historisk data | Krav |
| Storlek | Storlek | Mätning | <30 cm i diameter | Krav |
| Produktkostnad | Långsiktigt pris | Kostnadskalkyl | <4000 kr/grupprum | Krav |
| Produktkostnad | Pris för prototyp | Kostnadskalkyl | <10 000 kr/grupprum | Krav |
| Prestanda | Uppmäta personer | Testa prototyp | Detektera om det är någon i rummet med >90 % säkerhet | Krav |
| Prestanda | Uppmäta personer med precision | Kontrollera mot specifikation | Stödja personräkning | Krav |
| Prestanda | Kommunikationstid | Testa prototyp | <100 ms | Krav |
| Installation | Installationstid | Testa prototyp | <1 vecka | Krav |
| Testning | Testning av backendlösning | Testa prototyp | Ska gå att testa oberoende av sensor | Krav |

Tabell A.2: Tabell av önskemål med färgkodning

| Intressent | Kriterie | Kontrollmetod | Mål värde | Krav/Önskemål |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|--|---------------|
| Kvalitet och tillförlitlighet | Server driftstopp | Testa prototyp | <1 gång i månaden | Önskemål |
| Underhåll | Migrerbar server | Standardmetoder | Inte beroende av hårdvara | Önskemål |
| Underhåll | Konfigurering av sensorer | Testa prototyp | Det skall finnas ett gränssnitt för konfigurering av sensorer | Önskemål |
| Företagsbegränsningar | Leverantör | Inköpskontroll | Komponenter ska köpas från leverantör med som Chalmers har avtal med | Önskemål |
| Företagsbegränsningar Kunden | Kundtrygghet | Kontrollera mot enkätundersökning | Kunden ska vara trygg med sensortypen | Önskemål |
| Företagsbegränsningar Prestanda | Funktionalitet för större rum, tex hörsalar/arbetsrum | Analys av produkt | Vara applicerbar för större rum | Önskemål |
| Företagsbegränsningar Kunden | Visualisering av data | Testa prototyp | Det ska finnas en hemsida/app för visualisering av data | Önskemål |
| Storlek | Storlek | Mätning | <15 cm i diameter | Önskemål |
| Produktkostnad | Långsiktigt pris | Kostnadskalkyl | <2000 kr/grupprum | Önskemål |
| Produktkostnad | Pris för prototyp | Kostnadskalkyl | <1000 kr/grupprum | Önskemål |
| Estetik Kunden | Sensors utseende | Undersökning i projektgruppen | Diskret design | Önskemål |
| Installation | Installationstid | Testa prototyp | <1 dag | Önskemål |
| Installation | Enkelt att installera produkten i nya rum | Testa prototyp | Ja | Önskemål |
| Installation | Produkten ska vara lätt-konfigurerad (vid installation för nya rum) | Testa prototyp | Ja | Önskemål |
| Ergonomi | App/Hemsida | Kontrollera mot designregler | Användarvänlig | Önskemål |
| Kvantitet | Antal installationer | Räkna samt analys | 1-5 prototypinstallationer >300 (storskaligt) för en verklig produkt | Önskemål |
| Miljö | Källsortering | Kolla produkt-specifikation | Komponenter ska gå att källsorteras | Önskemål |
| Prestanda | Uppmäta personer med precision | Testa prototyp | +1 person | Önskemål |

B

Lösningar konceptgenerering

Tabell B.1: Genererade koncept med sensortypen Time of Flight

| Delfunktion | Lösning 1 | Lösning 2 | Lösning 3 | Lösning 4 |
|--------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| Sensor | Time of Flight | Time of Flight | Time of Flight | Time of Flight |
| Mikrodator | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor |
| Maskinnära språk | Rust | Befintlig i sensorlösning | Rust | Befintlig i sensorlösning |
| Kommunikation | Wi-Fi | Wi-Fi | Ethernet | Ethernet |
| Datahantering | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas |
| Tidsserie databas | Influxdb | Influxdb | Influxdb | Influxdb |
| Backend-hantering | Golang | Golang | Golang | Golang |
| Frontend-hantering | React | React | React | React |

Tabell B.2: Genererade koncept med sensortypen Lidar

| Delfunktion | Lösning 1 | Lösning 2 | Lösning 3 | Lösning 4 |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| Sensor | Lidar | Lidar | Lidar | Lidar |
| Mikrodator | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor |
| Maskinnära språk | Rust | Befintlig i sensorlösning | Rust | Befintlig i sensorlösning |
| Kommunikation | Wi-Fi | Wi-Fi | Ethernet | Ethernet |
| Datahantering | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas |
| Tidsserie databas | Influxdb | Influxdb | Influxdb | Influxdb |
| Backend-hantering | Golang | Golang | Golang | Golang |
| Frontend-hantering | React | React | React | React |

Tabell B.3: Genererade koncept med sensortypen mm Wave

| Delfunktion | Lösning 1 | Lösning 2 | Lösning 3 | Lösning 4 |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| Sensor | mm Wave | mm Wave | mm Wave | mm Wave |
| Mikrodator | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor | Rasperry PI 0 | Integrerad i sensor |
| Maskinnära språk | Rust | Befintlig i sensorlösning | Rust | Befintlig i sensorlösning |
| Kommunikation | Wi-Fi | Wi-Fi | Ethernet | Ethernet |
| Datahantering | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas | SQL-databas |
| Tidsserie databas | Influxdb | Influxdb | Influxdb | Influxdb |
| Backend-hantering | Golang | Golang | Golang | Golang |
| Frontend-hantering | React | React | React | React |

C

Rankning av önskemål

Tabell C.1: Rankning av Önskemål

| Kriterie | Server driftstopp | Migrerbar server | Konfigurering av sensorer | Leverantör | Kundtrygghet | Funktionalitet för större rum, t.ex. hörsalar/arbetsrum | Visualisering av data | Storlek | Långsiktigt pris | Pris för prototyp | Sensorns utseende | Installationsstid | Enkelt att installera produkten i nya rum | Produkten ska vara lättkonfigurerad (vid installation för nya rum) | App/Hemsida | Antal installationer | Källsortering | Sum | Rank |
|--|-------------------|------------------|---------------------------|------------|--------------|---|-----------------------|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|--|-------------|----------------------|---------------|------|------|
| Server driftstopp | 0.5 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10.5 | 6 |
| Migrerbar server | 0.5 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 9.5 | 9 |
| Konfigurering av sensorer | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 11 | 4 |
| Leverantör | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 2 | 16 |
| Kundtrygghet | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 | 1 |
| Funktionalitet för större rum, t.ex. hörsalar/arbetsrum | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 3 | 15 |
| Visualisering av data | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 | 1 |
| Storlek | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 4 | 13 |
| Långsiktigt pris | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 13.5 | 3 |
| Pris för prototyp | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Sensorns utseende | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 11 | 4 |
| Installationstid | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 8 | 10 |
| Enkelt att installera produkten i nya rum | 0 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 8 | 10 |
| Produkten ska vara lättkonfigurerad (vid installation för nya rum) | 0 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0 | 1 | 1 | 10 | 7 |
| App/Hemsida | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 10 | 7 |
| Antal installationer | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 4 | 13 |
| Källsortering | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 2 | 16 |

D

Viktning av önskemål

Tabell D.1: Viktning av önskemål

| Kriterie | Sum | Rank | Vikt |
|--|------|------|------|
| Kundtrygghet | 16 | 1 | 0,11 |
| Visualisering av data | 16 | 1 | 0,11 |
| Långsiktigt pris | 13,5 | 3 | 0,09 |
| Konfigurering av sensorer | 11 | 4 | 0,08 |
| Sensors utseende | 11 | 4 | 0,08 |
| Server driftstopp | 10,5 | 6 | 0,07 |
| Produkten ska vara lättkonfigurerad (vid installation för nya rum) | 10 | 7 | 0,07 |
| App/Hemsida | 10 | 7 | 0,07 |
| Migrerbar server | 9,5 | 9 | 0,07 |
| Installationstid | 8 | 10 | 0,06 |
| Enkelt att installera produkten i nya rum | 8 | 10 | 0,06 |
| Pris för prototyp | 6 | 12 | 0,04 |
| Storlek | 4 | 13 | 0,03 |
| Antal installationer | 4 | 13 | 0,03 |
| Funktionalitet för större rum, t.ex. hörsalar/arbetsrum | 3 | 15 | 0,02 |
| Leverantör | 2 | 16 | 0,01 |
| Källsortering | 2 | 16 | 0,01 |

E

Kesselringmatrix

Tabell E.1: Kesselringmatrix för lösning 1-6.

| Kriterie | Vikt | Referens | ToF Raspberry PI 0 Wi-Fi | | ToF Integrerad mikrodator Wi-Fi | | ToF Raspberry PI 0 Ethernet | | ToF Integrerad mikrodator Ethernet | | LiDAR Raspberry PI 0 Wi-Fi | | LiDAR Integrerad sensor Wi-Fi | | |
|--|------|----------|--------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|--|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|---|------|
| | | | Lösning 1 | Lösning 2 | Lösning 3 | Lösning 4 | Lösning 5 | Lösning 6 | | | | | | | |
| Kundtrygghet | 0,11 | 5 | 0,55 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 | 2 | 0,22 | 2 | 0,22 |
| Visualisering av data | 0,11 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 |
| Långsiktigt pris | 0,09 | 5 | 0,47 | 2 | 0,19 | 2 | 0,19 | 2 | 0,19 | 2 | 0,19 | 1 | 0,09 | 1 | 0,09 |
| Konfigurering av sensorer | 0,08 | 5 | 0,38 | 2 | 0,15 | 3 | 0,23 | 2 | 0,15 | 3 | 0,23 | 1 | 0,08 | 2 | 0,15 |
| Sensors utseende | 0,08 | 5 | 0,38 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 |
| Server driftstopp | 0,07 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 |
| Produkten ska vara lättkonfigurerad (vid installation för nya rum) | 0,07 | 5 | 0,35 | 1 | 0,07 | 1 | 0,07 | 2 | 0,14 | 2 | 0,14 | 1 | 0,07 | 1 | 0,07 |
| App/Hemsida | 0,07 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 |
| Migrerbar server | 0,07 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 |
| Installationstid | 0,06 | 5 | 0,28 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 |
| Enkelt att installera produkten i nya rum | 0,06 | 5 | 0,28 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 |
| Pris för prototyp | 0,04 | 5 | 0,21 | 2 | 0,08 | 2 | 0,08 | 2 | 0,08 | 2 | 0,08 | 1 | 0,04 | 1 | 0,04 |
| Storlek | 0,03 | 5 | 0,14 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 |
| Antal installationer | 0,03 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 |
| Funktionalitet för större rum, tex hörsalar/arbetsrum | 0,02 | 5 | 0,10 | 4 | 0,08 | 4 | 0,08 | 4 | 0,08 | 4 | 0,08 | 5 | 0,10 | 5 | 0,10 |
| Leverantör | 0,01 | 5 | 0,07 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 |
| Källsortering | 0,01 | 5 | 0,07 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 |
| Sum: | | 5 | | | 3,49 | | 3,67 | | 3,56 | | 3,74 | | 3,08 | | 3,26 |

Tabell E.2: Kesselringmatrix för lösning 7-12.

| Kriterie | Vikt | Referens | LiDAR Raspberry PI 0 Ethernet | | LiDAR Integrerad mikrodator Ethernet | | mmWave Raspberry PI 0 Wi-Fi | | mmWave Integrerad mikrodator Wi-Fi | | mmWave Raspberry PI 0 Ethernet | | mmWave Integrerad mikrodator Ethernet | | |
|--|------|----------|-------------------------------------|-----------|--|------------|-----------------------------------|------------|--|---|--------------------------------------|---|---|---|------|
| | | | Lösning 7 | Lösning 8 | Lösning 9 | Lösning 10 | Lösning 11 | Lösning 12 | | | | | | | |
| Kundtrygghet | 0,11 | 5 | 0,55 | 2 | 0,22 | 2 | 0,22 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 | 4 | 0,44 |
| Visualisering av data | 0,11 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 | 5 | 0,55 |
| Långsiktigt pris | 0,09 | 5 | 0,47 | 1 | 0,09 | 1 | 0,09 | 5 | 0,47 | 5 | 0,47 | 5 | 0,47 | 5 | 0,47 |
| Konfigurering av sensorer | 0,08 | 5 | 0,38 | 1 | 0,08 | 2 | 0,15 | 3 | 0,23 | 4 | 0,30 | 3 | 0,23 | 4 | 0,30 |
| Sensors utseende | 0,08 | 5 | 0,38 | 3 | 0,23 | 3 | 0,23 | 5 | 0,38 | 5 | 0,38 | 5 | 0,38 | 5 | 0,38 |
| Server driftstopp | 0,07 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 | 5 | 0,36 |
| Produkten ska vara lättkonfigurerad (vid installation för nya rum) | 0,07 | 5 | 0,35 | 1 | 0,07 | 2 | 0,14 | 3 | 0,21 | 3 | 0,21 | 4 | 0,28 | 4 | 0,28 |
| App/Hemsida | 0,07 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 | 5 | 0,35 |
| Migrerbar server | 0,07 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 | 5 | 0,33 |
| Installationstid | 0,06 | 5 | 0,28 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 |
| Enkelt att installera produkten i nya rum | 0,06 | 5 | 0,28 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 | 3 | 0,17 | 4 | 0,22 |
| Pris för prototyp | 0,04 | 5 | 0,21 | 1 | 0,04 | 1 | 0,04 | 4 | 0,17 | 4 | 0,17 | 4 | 0,17 | 4 | 0,17 |
| Storlek | 0,03 | 5 | 0,14 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 |
| Antal installationer | 0,03 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 | 5 | 0,14 |
| Funktionalitet för större rum, tex hörsalar/arbetsrum | 0,02 | 5 | 0,10 | 5 | 0,10 | 5 | 0,10 | 3 | 0,06 | 3 | 0,06 | 3 | 0,06 | 3 | 0,06 |
| Leverantör | 0,01 | 5 | 0,07 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 | 1 | 0,01 |
| Källsortering | 0,01 | 5 | 0,07 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 | 4 | 0,06 |
| Sum: | | 5 | | | 3,08 | | 3,33 | | 4,20 | | 4,38 | | 4,27 | | 4,45 |

F

Enkätfrågor med svar

1. Vilken sektion tillhör du?

| Sektion | Antal |
|----------------|-------|
| A | 20 |
| AE | 1 |
| D | 11 |
| DS | 0 |
| E | 82 |
| F | 8 |
| GS | 1 |
| H | 2 |
| IT | 40 |
| I | 6 |
| K | 1 |
| KFKB | 4 |
| M | 59 |
| SJÖ | 0 |
| TD | 2 |
| V | 44 |
| Z | 24 |
| Studerar på GU | 7 |

2. Vilket eller vilka hus brukar du studera i? (flerval)

| Hus | Antal |
|-------------------------|-------|
| Biblioteket Johanneberg | 68 |
| Chalmers Kårhus | 63 |
| EDIT | 152 |
| Fakualitetsvåningen | 1 |
| Fysik-Origo | 13 |
| Fysik-Huset | 28 |
| Gamla Maskinhuset | 47 |
| Hörsalsvägen | 44 |
| Idéläran | 49 |
| Jupiter | 8 |
| Kemihuset | 23 |
| Kuggen | 6 |
| Maskinhuset | 129 |
| Matematiska vetenskaper | 3 |
| Patricia | 4 |
| SB1 | 63 |
| SB2 | 101 |
| SB3 | 53 |
| Saga | 3 |
| Svea | 8 |
| Vasa | 10 |
| Äran | 1 |
| Other | 3 |

3. Upplever du att det är svårt att hitta tillgängliga grupprum?

1 - Instämmer inte alls

5 - Instämmer helt

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

| |
|---------------------|
| Genomsnittligt svar |
|---------------------|

| |
|------|
| 3.94 |
|------|

4. Upplever du att

| Svarsalternativ | Antal |
|--|-------|
| Grupprummen är till största del rätt storlek | 183 |
| Grupprummen är oftast för stora (det finns t.ex 8 stolar men 2 används) | 77 |
| Grupprummen är för små | 50 |

5. Hur många gånger i veckan använder du grupprum?

| Svarsalternativ | Antal |
|--------------------------|-------|
| Under en gång i veckan | 64 |
| 1-2 gånger i veckan | 128 |
| 3-5 gånger i veckan | 98 |
| Mer än 5 gånger i veckan | 20 |

6. Använder du främst bokade grupprum eller först till kvarn?

| Svarsalternativ | Antal |
|---------------------------|-------|
| Bokade grupprum | 140 |
| Först till kvarn | 83 |
| Använder båda lika mycket | 65 |
| Har ingen preferens | 23 |

7. Hade du använt en tjänst som ger liveinfo om var det finns lediga grupprum?

| Svarsalternativ | Antal |
|-----------------|-------|
| Ja | 258 |
| Nej | 31 |
| Vet ej | 23 |

8. Var hade du velat ha tillgång till liveinfo? (flerval)

| Svarsalternativ | Antal |
|---|-------|
| Egen hemsida | 69 |
| Campus maps/Hitta på campus | 152 |
| TimeEdit | 143 |
| Kårappen | 166 |
| Digital informationspanel i entrén av byggnader | 77 |
| Egen app | 60 |
| Other | 9 |

9. Finns det någon typ av sensor du INTE hade varit bekväm med?

mmWave - Radar som upptäcker rörelsemål för att mäta antalet människor
 PIR (Passiv Infraröd Sensor) - Samma sensor som rörelsestyrda lampor använder
 IR-kamera (Infraröd Sensor) - Värmekamera, mäter temperatur
 Kamera - Mäter antal människor i rummet
 Koldioxidmätare - Mäter koldioxid
 Lasersensor - Skickar ut en laserstråle, mäter hur många gånger någon passerar den
 LiDAR - Light Detection And Ranging, skickar ut en ljusstråle och mäter hur lång tid det tar för den att reflektera tillbaka. Hög detalj
 ToF (Time of Flight) - Likt en LiDAR, men är inte lika detaljerad
 Ultraljud - Likt LiDAR men skickar ut en ljudvåg istället

F. Enkätfrågor med svar

| Svarsalternativ | Antal |
|---|-------|
| mmWave | 16 |
| PIR | 12 |
| IR-kamera | 50 |
| Kamera | 175 |
| Koldioxidmätare | 14 |
| Lasersensor | 14 |
| LiDAR | 29 |
| ToF | 16 |
| Ultraljud | 35 |
| Jag känner mig bekväm med alla sensorer | 81 |

G

API Dokumentations sida

Chalmers Room Availability 1.0 OAS 3.0

api-contract.yml

API to get the current (and past) availability of group rooms at Chalmers University of Technology.

Servers

[Authorize](#)

Occupancy

GET `/current` Gets a list of all rooms and their current availability.

Parameters

No parameters

Responses

| Code | Description | Links |
|------|---|----------|
| 200 | A list of all rooms and their current availability. | No links |

Media type

[Controls](#) [Accept header](#)

[Example Value](#) [Schema](#)

[Example Value](#) [Schema](#)

```
[
  {
    "room": "EG-2515",
    "building": "HC",
    "available": "available"
  }
]
```

| | | |
|-----|------------------------|----------|
| 500 | Internal Server Error. | No links |
|-----|------------------------|----------|

Media type

[Example Value](#) [Schema](#)

```
{
  "error": "Internal Server Error.",
  "code": 500
}
```

GET `/current/{room}` Gets the current availability of a specific room.

Room

POST `/add-room` Adds a new room for tracking status of.

DELETE `/remove-room/{room}` Removes a room from the tracking list.

Statistics

GET `/stats/daily-average/{from}/{to}` Get the weekday average occupancy for rooms between two timestamps.

G. API Dokumentations sida

| | | | | |
|---------------|--|--|---|---|
| GET | /stats/raw-serial/{from}/{to}/{resolution} | Get the raw serial data for rooms between two timestamps. | 🔒 | ▼ |
| Auth ^ | | | | |
| POST | /auth/setup | Sets up the initial API key for the system. This is only allowed once. | | ▼ |
| POST | /auth/key/create | Creates a new API key. | 🔒 | ▼ |
| DELETE | /auth/key/ revoke | Revokes an API key. | 🔒 | ▼ |
| POST | /auth/check | Checks if the API key is valid. | | ▼ |
| POST | /auth/gateway/create | Creates a user and password that a gateway can use to authenticate. | 🔒 | ▼ |
| DELETE | /auth/gateway/remove | Removes a user that a gateway can use to authenticate. | 🔒 | ▼ |

| | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| Schemas ^ | | | | |
| InternalServerError > | | | | |
| NotFoundError > | | | | |
| BadRequestError > | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Schemas ^ | | | | |
| InternalServerError > | | | | |
| NotFoundError > | | | | |
| BadRequestError > | | | | |
| UnauthorizedError > | | | | |
| ConflictError > | | | | |
| Status <small>▼ string</small> | | | | |
| The status of the room. Can be "available", "occupied", "booked" or "unknown". If the status is "unknown", no updates have been received from the sensor for a while. | | | | |
| Enum: | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> [available, occupied, booked, unknown] | | | | |
| Room > | | | | |
| AddRoom > | | | | |

**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Göteborg, Sverige

www.chalmers.se



CHALMERS