

Intelligenta miljöer i smarta hem

Benjamin Biström

36656

Kandidatavhandling i datateknik, inbyggda datorsystem

Åbo Akademi

Fakultet för naturvetenskap och teknik

Handledare: Luigia Petre

6.4.2016

Referat

Intelligent miljö (*eng. Ambient Intelligence, AmI*) är en växande vetenskapsgren där ständigt föränderlig teknik sprider sig in i våra hem och gör dem smarta. Genom att samla data via välutvecklade sensornätverk, som är installerade i våra hem, är det möjligt att skapa bitströmmar av data så att vi kan styra hemmet utan mekaniska strömbrytare och manuella verktyg.

Intelligenta miljöer i hus är baserade på datoranvändning, sensorer, sensornätverk och artificiell intelligens. Det huvudsakliga målet med en intelligent omgivning bör vara en förbättrad vardag genom att göra en omgivning flexibel, anpassningsbar och idealt kontrollerbar på distans. Detta görs med hjälp av ett antal olika applikationer. I denna avhandling ges en översikt över det huvudsakliga konceptet med en intelligent miljö, några av de implementationer som finns i dag, samt utmaningar och risker.

Nyckelord: ambient intelligence, smart homes, sensors, sensor network distribution, sensor technology, binary sensors

Innehåll:	sida
1 Introduktion	5
1.1 Intelligent miljö (AmI)	5
1.2 Smarta hus	5
1.3 Sensorteknologi	6
2 Sensornätverk för dataanskaffning	6
2.1 Sensortyper	7
2.2 Sensornätverket	7
2.2.1 Sensorer i omgivningen	7
2.2.2 Sensorer för infrastruktur	8
2.3 Trådbundet eller trådlöst nätverk	8
2.3.1 Trådlösa sensorer	8
2.3.2 Trådbundna sensorer	9
3 Applikationer	9
3.1 Anpassningsbar belysning	10
3.2 Acklimatisering	12
3.2.1 Luftkonditionering	12
3.2.2 Uppvärmning	13
3.3 Optimal energianvändning	13
3.3.1 Belysning	14
3.3.2 Värme	15
3.4 Säkerhet	16
3.4.1 Smarta lås	16
3.4.2 Övervakning	16
4 Distributionsmodeller för data	17

3.1 Arkitektur i smarta hem; mellanprogramsarkitektur	17
3.2 Överföring av data till server	20
3.3 Intelligent algoritmer och metoder	21
3.4 Resonemang	23
5 Risker och utmaningar	24
5.1 Automationsutmaningen	24
5.2 Designöverväganden	24
5.3 Framtida möjligheter, utmaningar och potentiella risker	24
6 Sammanfattning	25

1 Introduktion

1.1 Intelligent miljö (AmI)

Intelligent miljö är förknippad med konceptet av en osynlig eller gömd dator i människors vardagsmiljö. Essentiella drag för ambient intelligens är teknik som är intelligent, känslig, mottaglig, anpassningsbar, osynlig och som finns överallt runtomkring oss. En intelligent omgivning är en miljö där man är omringad av ett nätverk av inbyggda intelligenta datorsystem och datorenheter som samarbetar för att uppnå specifika mål. Omgivningen kan känna till ens närvaro och position samt förutse och även anpassa sig till människors behov. Intelligenta miljöer förlitar sig på algoritmer som använder sensordata från vardagslivet och svarar med intelligenta metoder, vilket innebär att effektiv användning av sensorer är mycket avgörande för intelligenta miljöer. En AmI bör vara en digital miljö som stöder människor i deras vardagsliv på ett icke-störande sätt; den intelligenta tekniken bör försvinna i omgivningen och underlätta möjligheterna till ett lätt och underhållande liv. [1]

1.2 Smarta hem

Ett smart hem är en byggnad fylld med sensorer för att observera miljön och dagliga aktiviteter. Till förfogande finns datorenheter, manövreringsorgan samt avancerade automationssystem som är till för att förse husets invånare med högt utvecklad och elegant övervakning samt kontroll över byggnadens olika funktioner och hushållsapparater. Ett smart hus kan med hjälp av digital information från sensorer till exempel kontrollera belysning, temperatur, multi-media, säkerhet, fönster samt dörrfunktioner såväl som många flera applikationer. Konceptet med ett smart hus är främst att ge bekvämlighet, förbättra säkerheten och att spara energi. Egenskaperna i ett smart hus sköts främst av ett nätverk av ett stort antal billiga, energisnåla sensorer, radiofrekvensidentifierbara chipp och inbyggda mikroprocessorer [2, 3]. I regel behöver ett hus egentligen endast tre saker för att göra det smart: det behövs ett internt nätverk av sensorer, apparater eller chipp, trådlöst eller trådkopplat, en intelligent kontrollpanel för att styra husets olika funktioner och applikationer. Sist och slutligen behövs automatisering, vilket gäller

applikationer innanför och utanför huset [4]. Automatisering innebär att miljön har kapacitet att anpassa sig enligt inlärd mönster och erfarenheter.

1.3 Sensorteknologi

En sensor är en elektronisk apparat eller enhet vars mening är att samla in och distribuera någon slags signal eller data. Konceptet med en sensor är en sammanställning av elektriska komponenter som krävs för att detektera och kommunicera en specifik händelse. Sensorer är i allmänhet väldigt små i storlek och kan därför användas i vilken AmI som helst. Sensorer kan vara designade för noggranna mätningar av kemikalier i luften, luftfuktighet, ljusstyrka, strålning, temperatur, ljud, belastning, tryck, position, rörelse, hastighet, riktning och fysiologisk data för att känna av en människas hälsotillstånd [1].

Tre tillämpningar av sensortekniker har visats passa för utmaningarna av att observera mänsklig vardaglig aktivitet [3]. Kroppsburna eller bärbara sensorer som husets invånare har på sig, sensorer distribuerade runt omkring huset för att observera miljön samt sensorer för att sköta husets redan installerade infrastruktur. Kroppsburna sensorer kan integreras i armbandsur, kläder, skor, glasögon eller till och med direkt på kroppen. De sensorer som mest används för detta är sensorer som mäter rörelse och det fysiologiska stadiet på kroppen, till exempel pulsen är ett bra verktyg för att ta reda på ifall kroppen är i vila eller i rörelse.

Den miljöintegrerade sensorteknologin är ett stort nätverk av trådslutna eller trådlösa sensorer som överför data till en centraliserad serverenhet som sammanfogar sensordata från aktiviteter runtomkring i huset. Sensorer som förmedlar information om infrastrukturen installeras främst i elnätverket och VVS-teknik, d.v.s. system som svarar för elförsörjning samt system för uppvärmning, (ventilation, luftbehandling) och luftkonditionering(klimatkyla). Sensorteknologin i smarta hus följer konceptet av att ha överallt förekommande känslighet och mottaglighet, där ett stort nätverk av integrerade sensorer och processerande enheter producerar en rik ström av data som är karakteriserad av närvaro samt flera olika lägen, aktiviteter och händelser[3]. Alla sensorer har en gräns för hurdana data de kan uppta och distribuera, vilket gör att ett nätverk av olika sensorer och intelligenta system blir essentiellt i ett smart hus.

2 Sensornätverk för dataanskaffning

Sensorer är nyckeln till beräkningskraft för att göra fysiska applikationer. Utan fysiska sensorer skulle en intelligent miljö inte vara möjlig [3]. När det gäller sensorer så skrapar man endast ytan av vilka möjligheter det finns och vad man kan åstadkomma med dem i dag.

2.1 Sensortyper

De tre typerna av sensortekniker kan vidare delas in i olika sensortyper. Olika sensortyper förser omgivningen samt infrastrukturen med ett antal olika möjligheter till att ta upp data. Genom att ha flera alternativ för att registrera olika aktiviteter eller sammankoppla data från olika sensortyper, kan man få en värdefull inblick i vad för slags aktivitet eller händelse som sker. [3]

Belastnings- och trycksensorer används typiskt för dörrar, i golv, sängar och soffor. Sensorer för att mäta position, riktning, avstånd och rörelse används främst för att lokalisera och följa invånarens rörelse i huset. Sensorer som mäter ljusstyrka, strålning och temperatur kan användas i säkerhetssyften, för energieffektivitet eller för att lokalisera rörelse. Sensorer för att mäta ämnen i fast form, vätskeform eller gasform används t.ex. för säkerhet, hälsa, övervakning eller för applikationer såsom simbassängsunderhåll och sprinklereffektivitet.

En annan tillgänglig teknologi är en så kallad iButton. Det är en liten knapp med ett litet datorchipp som är försedd med en realtidsklocka, och som kan sända ut ett antal olika output. En iButton kan användas för att identifiera människor eller objekt.

Mikrofoner och videokameror kan även användas för ett antal olika funktioner, t.ex. säkerhetsprotokoll, volymkontroll, röststyrda funktioner och röstigenkänningsapplikationer. [3]

2.2 Sensornätverket

Samarbete mellan två olika kombinationer av sensornätverk behövs för att styra huset. Det ena sensornätverket behövs för att kontrollera och övervaka infrastrukturen i huset och det andra för att samla data om invånarnas aktivitet och rörelse.

2.2.1 Sensorer i omgivningen

Omgivningssensorerna är de som registrerar data från invånarnas rörelser, aktiviteter och händelser. Omgivningssensorer är främst enkla binära sensorer som är distribuerade runtomkring huset och som ger ett digitalt värde "1" eller "0" beroende på ifall sensorn registrerar rörelse,

ljud, tryck, kontakt eller dylikt. Några exempel på binära sensorer som är mest använda i hus är break-beamströmbrytare, rörelsedetektorer, tryckkänsliga mattor, kontaktströmbrytare och RFID-avläsare. RFID är en teknik som använder sig av radiovågor för att kommunicera eller utbyta data mellan en avläsare och ett elektroniskt chipp, och RFID-chipp kunde även förses med ett batteri för att förstärka avläsningsmöjligheten. I hus kunde man använda dem för att identifiera samt lokalisera ett objekt eller en person. Ett antal andra sensorer kan även installeras i hem för att ge viktig information om omgivningen eller för att utlösa automatiserade funktioner. Dessa sensorer skulle ge andra värden än binära. Exempel på sådana sensorer är temperatursensorer, fuktighetssensorer, sensorer som mäter ljusstyrka, mikrofoner och lufttryckssensorer. Videokameror är ett annat effektivt verktyg för att få rik analyserbar information om människors aktivitet. Speciellt viktigt är det ifall accelerometrar och andra binära sensorer ger falska värden; då kan videoanalys t.ex. förhindra ett falskt alarm som orsakats av ett möjligt olycksfall eller annat falskt sensorvärde. Dessa videokameror behöver effektiva bildbehandlingsalgoritmer för att analysera videoinspelningen [3].

2.2.2 Sensorer för infrastruktur

Till skillnad från omgivningssensorer som är enkla binära sensorer distribuerade överallt i huset, behövs det endast ett fåtal sensorer för att kontrollera och övervaka infrastruktur. Dessa sensorer skulle installeras på redan existerande infrastruktur för att övervaka bland annat elektricitetkonsumtion, luftventilation, vattenkonsumtion och uppvärmning. [3]

2.3 Trådbundet eller trådlöst nätverk

För att samla upp data med hjälp av sensorer kan man använda antingen trådlösa eller trådbundna protokoll för att skicka data vidare till den centraliserade datorenheten som analyserar materialet. Både trådlösa och trådbundna protokoll används för att uppnå olika syften i ett smart hus, eftersom protokollen skiljer sig bland annat i dataöverföringshastighet används de för olika saker.

2.3.1 Trådlösa sensorer

Trådlösa sensorer har en tendens att vara dyrare och är inte lika robusta som trådbundna sensorer. De behöver även oftast batterier för att kunna skicka data och i vissa enheter kan det

vara opraktiskt att behöva byta batterier. Det positiva är att de är trådlösa, vilket gör det möjligt att ha kroppsburna sensorer som till exempel skickar data om en persons kroppsliga tillstånd[1]. De trådlösa sensorerna behöver även ett kommunikationsprotokoll som de kommunicerar över med den centraliserade datorenheten. De protokoll som är mest använda och accepterade idag är Wi-Fi, ZigBee och Bluetooth. Dessa protokoll är bra eftersom de är energisnåla och har passlig räckvidd[6]. De är alla olika och är lämpliga för olika saker. Wi-Fi är det bästa för att uppnå bra signalstyrka mellan enheter och påverkas minst av möjliga störningar, men det är det dyraste alternativet att implementera i ett smart hus. Bluetooth är ett annat radiofrekvensprotokoll som är billigt och energisnålt, men det har svag signalstyrka och en relativt kort räckvidd på omkring 10 meter, vilket i det flesta hus inte är tillräckligt för att nå den centraliserade kontrollenheten. Bluetooth har även en tendens att påverkas mycket av störningar från andra apparater. Balansen mellan dessa två protokoll skulle vara ZigBee-protokollet, som gör det möjligt att koppla ett väldigt stort antal noder. ZigBee är ett energisnålt, trådlöst kommunikationsprotokoll som skulle förse ett smart hus med en väldigt passande datahastighet för kontroll- och övervakningsegenskaper[7].

2.3.2 Trådbundna sensorer

Trådbundna sensorer är billigare, men man måste betala för kabeldragning och elektriska ledningar till sensorerna. Trådbundna sensorer är oftast mera robusta och mera kraftfulla än trådlösa, men de behöver en strömkälla från en ledning[1]. Trådbundna sensorer använder sig av Ethernet eller bredband genom elnätet (*eng. PLC; power-line communication*), vilket innebär att man kan nå mycket högre bittakt, det vill säga en högre överföringstakt av data än de trådlösa protokollen[8]. När det gäller ljud och video vill man ofta ha en hög bittakt av data, eftersom högre bittakt betyder bättre kvalitet. Bittakt mäts i bit per sekund.

3 Applikationer

Denna del av avhandlingen kommer att redogöra för några olika applikationer som man kan utnyttja med en intelligent omgivning och hur de fungerar.

3.1 Anpassningsbar belysning

Det som kanske är mest vanligt i semi-intelligenta och intelligenta byggnader idag är anpassningsbar belysning. En anpassningsbar belysning innebär att lamporna i ett hus reagerar med hjälp av olika slags sensorer, vilka är kopplade till centraliserad serverkontrollenhet som implementerar algoritmer för att göra anpassande funktioner. Kontrollenheten har även ofta ett användargränssnitt för att användaren skall kunna styra lamporna manuellt. Syftet med anpassningsbar belysning är att med hjälp av sensorer och algoritmer uppnå en optimal belysning som är energisparsam och framför allt optimerad för bekvämlighet i hemmet. Studier från 2003 av de Nederländska vetenskapsmännen van Bommel och van den Beldav från Philips har påvisat att rätt belysning är mycket viktigt för kroppens olika funktioner; dagsrytm, humör och produktivitet[11]. Enligt studien kan rätt belysning i en arbetsmiljö öka produktiviteten med 20 %, där produktiviteten mättes på basis av arbetsprestationer, minskad mängd fel och minskade olycksfall. Genom att implementera en anpassningsbar belysning som justerar ljusstyrka samt färgspektrum är det alltså möjligt att åstadkomma signifikanta förbättringar i vardagliga aktiviteter. [11]

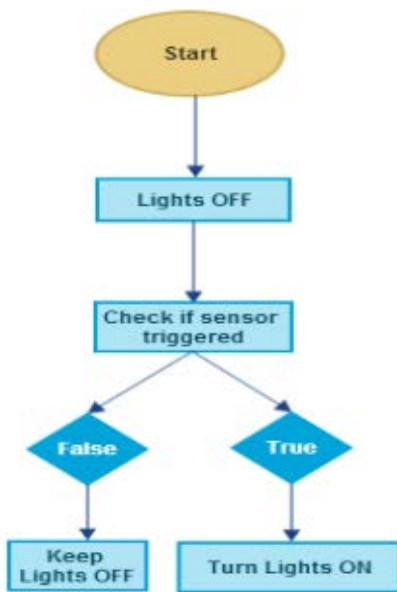
När man bygger ett smart hus är det viktigt att tänka på vilken slags hårdvara och elektronik man använder för att få ett bra resultat. Man måste även tänka på hurdan slags service det krävs för att uppehålla systemet. Figur 1 visar den typiska arkitekturen i ett hemautomationssystem, där sensorer är kopplade till en processenhet som skickar signaler till kontrollenheter som kontrollerar en elektronisk enhet. [12]



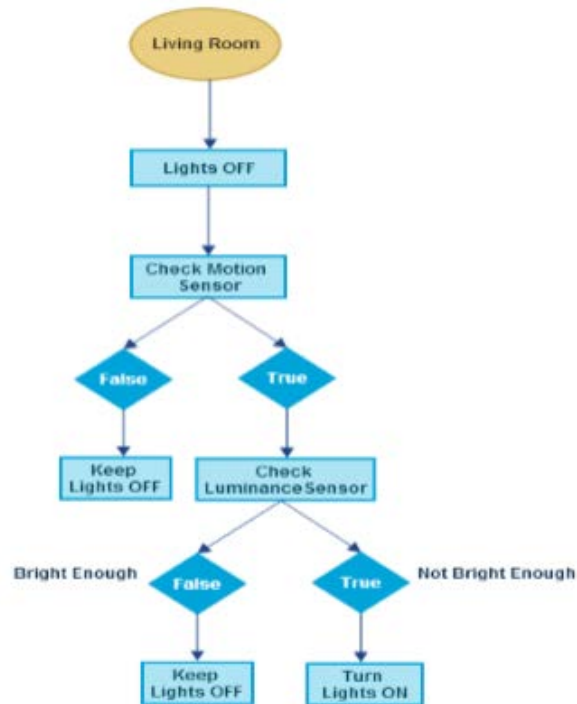
Figur 1: Den typiska arkitekturen för ett hemautomationssystem. [12]

I applikationen anpassningsbar belysning, kommunicerar de olika komponenterna för att göra specifika uppgifter baserade på invånarnas aktiviteter.

Figur 2 visar det enklaste sättet att kontrollera belysningen i ett smart hus och skulle fungera bra i ett hus som inte till exempel har några fönster där solljus kan komma in. I ett sådant hus skulle lamporna antingen vara på eller av beroende på om en sensor är utlöst. Detta system kan dock vara besvärligt gällande vardagsrum, eftersom invånare inte alltid vill att lamporna skall gå på, till exempel på natten. Figur 3 visar ett mera optimerat system som även tar i beaktande belysningsnivån utifrån med hjälp av en sensor som mäter ljusstyrkan. Olika algoritmer verkar vara nödvändiga för att optimera belysningen i ett hus, eftersom det finns rum som kanske inte har några fönster. Det behövs även olika algoritmer till belysning för sovrum, korridorer, vardagsrum, toaletter, arbetsrum och garage. Ett optimalt system skulle vara ett system som automatiskt modifierar sina algoritmer och lär sig genom erfarenhet. Då skulle man inte behöva anställa tekniker och programmerare för att ändra på belysningen.



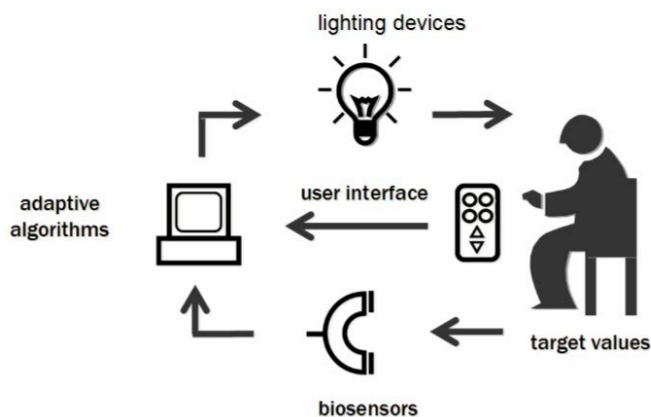
Figur 2: Simpelt schema [12]



Figur 3: Optimerat schema [12]

Ett exempel på anpassningsbar belysning är från det europeiska ALADIN-projektet, vars mål är att forska i hur man gör ett optimalt belysningsystem för att underlätta äldre människors liv och samtidigt göra en kostandseffektiv lösning på detta. ALADIN står för Ambient Lighting

Assistance for an Ageing Population(omgivande belysningshjälp för en åldrande population). Det anpassningsbara belysningsystemet består av intelligent kontroll av en öppen slinga (*eng. open-loop control*) samt ett bioresponssystem. Dessa system kan anpassa ljusparametrar, det vill säga ljusstyrka, färgspektrum och lampornas riktning, från psykisk-fysiologisk data som systemet kontinuerligt emottar och registrerar med hjälp sensorer. Detta anpassade belysningsystem har även ett kontrollsystem för att manuellt nollställa belysningsparamterarna till deras ursprungliga värden. I Figur 4 visas konceptet av ALADIN-projektet.



Figur 4: Ursprungliga konceptet av ALADIN-projektet [9].

Det finns även belysningsystemstillverkare som redan erbjuder dynamiska belysningsystem, till exempel Philips [9].

3.2 Acklimatisering

En optimal temperatur i hemmet är en av de applikationer som ett smart hem skulle göra väldigt bra med anpassande algoritmer. Till temperaturjusteringen hör luftkonditionering och uppvärmning.

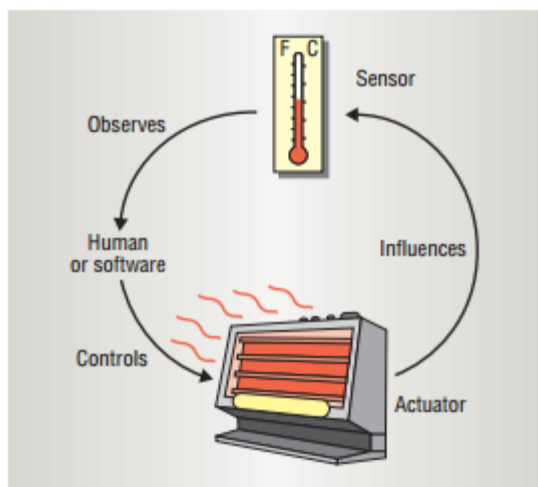
3.2.1 Luftkonditionering

Som Figur 1 visade, styrs även luftkonditioneringen på samma sätt som lamporna. Sensorerna registrerar aktivitet och överför det till processenheten som kan lära in mönster och anpassa sig till erfarenheter, så att temperaturen justeras enligt hur invånarna tycker det är mest bekvämt. Processenheten har tillgång till temperaturvärden runtomkring huset och reglerar luftkonditioneringens effekt utgående från hurdana värden som registreras. Luftkonditioneringen

kan vara ett problematiskt fall om det finns många invånare, eftersom olika personer är bekväma i olika temperaturer.

3.2.2 Uppvärmning

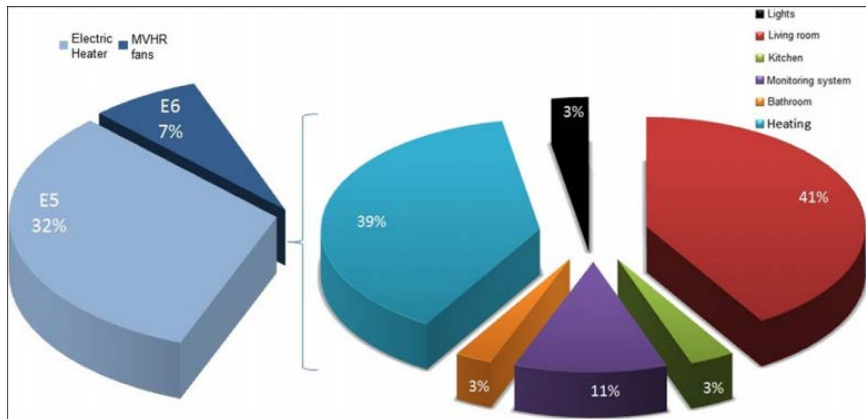
I kallare länder behöver man även andra metoder för att värma upp huset än endast luftkonditionering. Dessa metoder skulle regleras på samma sätt som luftkonditioneringen.



Figur 8: Interaktion mellan sensor och aktuator [16] Gator Tech

3.3 Optimal energianvändning

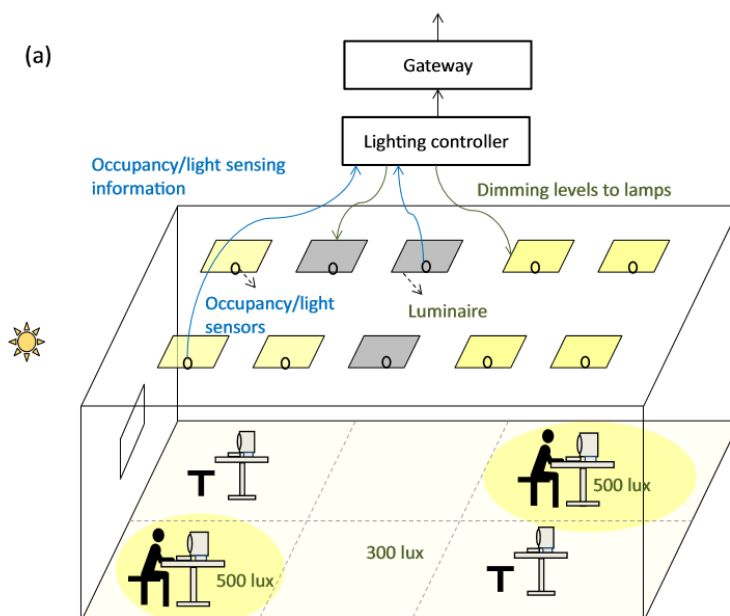
Optimal energianvändning gäller i stort sett alla elektriska apparater i vardagsrum, kontor, kök, badrum samt även luftkonditionering, vattensystem och uppvärmning. Figur 5 visar en graf från en undersökning gjord av Mihail-Bogdan Carutasiu et al. där man undersökte energikonsumtionen i ett lågenergihus. I huset gick bland annat 39% av energin till uppvärmning och 41% till vardagsrumsaktiviteter som TV-tittande och användning av bordsdatorer. [13]



Figur 5: Graf över energianvändning i ett energisnålt hem.

3.3.1 Belysning

Enligt studier från 2008 utförda av Roy F. Hughes et. al. så resulterade en anpassningsbar belysning i att man sparar 69 % av den energi det skulle gå till ett statiskt belysningssystem[10]. Belysningen står för en stor del av den globala energikonsumtionen. I stora kontorsbyggnader kan 40% byggnadens energiförbrukning gå till belysningen. Intelligent kontroll av belysningen skulle vara väldigt effektivt för att skära ner på elektricitetskostnader. Det smarta belysningssystem som Ashish Pandharipande et al. undersökte för Philips kunde motsvara ett intelligent belysningssystem i ett smart hem [14]. Konceptet med undersökningen visas i Figur 6.



Figur 6: Smart belysningsystem [14]

Belysningsystemet skulle fungera med sensorer som mäter ljusstyrka och närvaro för att samla data om invånarnas aktivitet och justera lampornas styrka som en PWM(*eng. Pulse Width Modulation*) enligt var invånarna befinner sig. Som figuren visar så skulle sensorerna meddela belysningsstyrenheten om närvaro och eventuell belysningsnivå som redan finns i rummet för att ljustera en LED-lampa som en PWM för att åstadkomma en viss luminans. I figuren belyses invånarna av 500 lux medan resten av rummet belyses av 300 lux, och eftersom det är ljusare närmare fönstret så behöver lamporna bak i rummet inte lysa så starkt för att åstadkomma rätt luminans. Lamporna i mitten av rummet stängs av eftersom 300 lux kommer från solljuset genom fönstret. [14]

3.3.2 Temperaturjustering

Temperaturjusteringen sker med hjälp av många distribuerade termometrar i huset. För att spara energi kan huset till exempel sänka uppvärmningen eller nedkylningen ifall ingen befinner sig i huset. Processenheten kan även genom erfarenhet ge förslag över hur man skall spara energi på bästa möjliga sätt. Optimalt skulle huset gå i energisparläge när ingen befinner sig i huset, vilket inte bara är att stänga av alla oanvända elektriska apparater, utan även att sänka (om det är en uppvärmande luftkonditionering) eller höja temperaturen (om det är en avkylande luftkonditionering). När huset vet att man är påväg hem, vilket huset kan registrera från telefonens GPS eller enbart genom inlärd erfarenheter, så börjar huset återgå till normal temperatur igen. [15]

```
HOME_STATE (variables):
home_occupied = yes;
alarm_system = disarmed;
temp_setpoint = 21.0;
TEMP_INCREMENT = VACANT_TEMP_SETPOINT / 2;

RULES:
WHEN alarm_system IS armed_away
  SET home_occupied = no AND
  SET temp_setpoint = VACANT_TEMP_SETPOINT AND
  SET ambient_displays.send_cmd = 'turn off' AND
  SET automation.send_cmd = 'set away profile';
WHEN alarm_system IS armed_away AND
  WHEN home_occupied 95% yes WITHIN_TIME - 30 MIN
  SET temp_setpoint += TEMP_INCREMENT
WHEN alarm_system IS disarmed
  SET home_occupied = yes AND
  SET temp_setpoint += TEMP_INCREMENT AND
  SET ambient_displays.send_cmd = 'turn on' AND
  SET automation.send_cmd = 'set at home profile';
```

Figur 7: State-schema för uppvärmningssystem med hemmaprofil.

3.4 Säkerhet

I allmänhet är smarta hem sårbara. Sårbarheten beror ofta på dåliga autentiseringsprotokoll mellan användare och apparater. Säkerhetsproblem kan förhindras genom att använda många olika slags säkerhetsmekanismer, som till exempel bra krypering av data och bra autentiseringsprotokoll. Säkerheten i smarta hem bör vara väldigt bra och bör även vara väldigt användarvänlig [4]. Till säkerheten hör många olika applikationer och protokoll, två av de mest signifikanta tillämpningarna är smarta lås och övervakning.

3.4.1 Smarta lås

Smarta hem i framtiden bör designas så att de är mycket behagliga att använda och gör livet lättare för användaren. Smarta lås handlar om att välja ett autentiseringsprotokoll för att få access till en byggnad. Det finns väldigt många alternativ till autentiseringsprotokoll, till exempel fysisk nyckel, lösenord, pin-kod, fingeravtrycksläsare, RFID-kort, röstigenkänningsalgoritmer. Låsmekanismer kan programmeras på många olika sätt, men syftet är att det skall vara så praktiskt som möjligt. Idealt skulle låset även vara kontrollerbart på distans, till exempel för att släppa in någon annan.

Det smarta huset Gator Tech i Gainesville, Florida, har en smart huvudingång[16]. Huvudingången har en radiofrekvensläsningsmekanism för access utan nyckel. Den har även en mikrofon, kamera, LCD-skärm, automatisk dörr, elektriskt lås, samt högtalare för att kommunicera med möjliga besökare.

3.4.2 Övervakning

Ett smart hus skulle ha videoövervakning som vilket som helst hus, men ett smart hus skulle även kunna göra beslut från denna övervakning. Dessa beslut skulle programmerade och skulle ske på basis av vilket husets stadie är. Övervakning av huset skulle vara utanför samt innanför huset. I Figur 7 har huset till exempel variabler som definierar husets profil. Dessa variabler är boolska parametrar eller värden för till exempel temperaturen i ett rum. I figur 7 används till exempel variablerna *home_occupied* = "yes"/"no" och *alarm_system* = "armed"/"disarmed" som definierar om det finns någon i huset eller om alarmsystemet är aktiverat .[15, 17]

Intelligent övervakning skulle även kunna åtskilja temperaturer med hjälp av en värmekamera. Övervakningssystemet kan då alarmera till exempel om man i misstag har lämnat spisen på så att maten börjar brinna. Intelligent övervakning kunde även användas för att känna igen många olika olyckor. Äldre personer och personer med hälsoproblem skulle till exempel behöva extra övervakning för att försäkra att

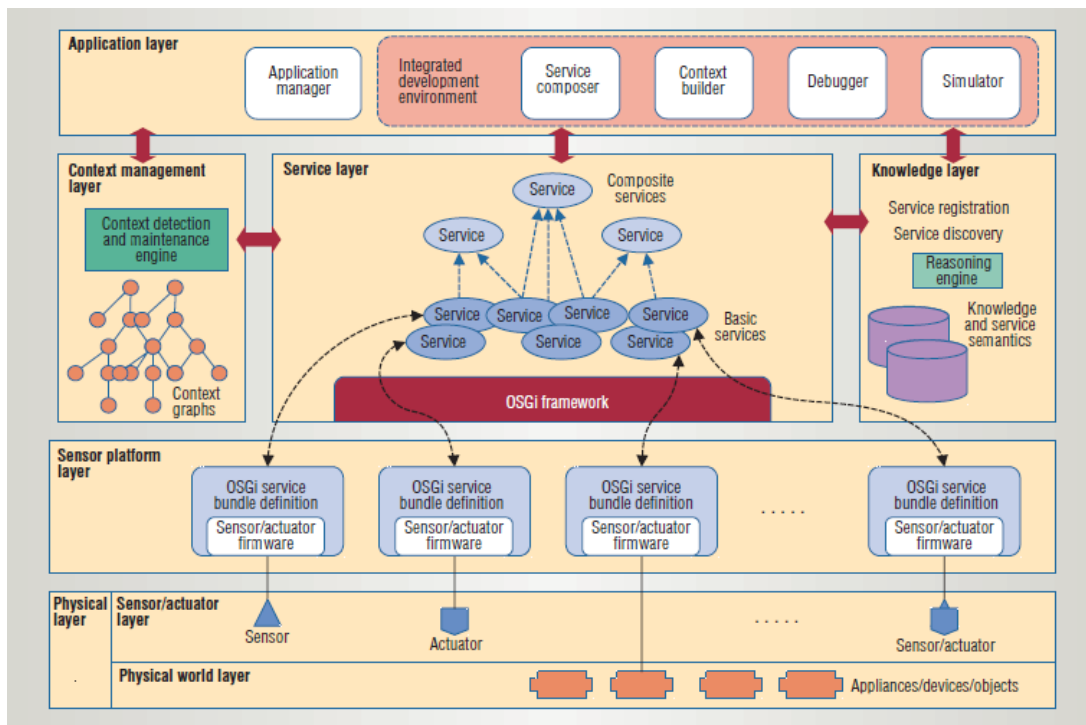
inget illa sker. Hemsäkerhetssystemet i Gator Tech-huset i Florida kontrollerar kontinuerligt alla dörrar och fönster ifall de är öppna eller stängda, och meddelar vid behov användaren om det[16].

4 Distributionsmodeller för data

Denna del av avhandlingen kommer att ge en överblick över hur arkitekturen ser ut i smarta hem, vilka alla komponenter som är nödvändiga för en intelligent miljö och hur uppsamlingen samt behandlingen av data sker i ett smart hus.

3.1 Arkitektur i smarta hem; mellanprogramsarkitektur (middleware architecture)

Arkitekturen kan skilja sig från varandra i olika smarta hus, men konceptet är liknande i de olika husen.



Figur 8: Mellanprogramsarkitektur [16]

Det smarta huset Gator Tech i Florida har implementerat en arkitektur som är applicerbar i vilket som helst smart hem. Det innehåller följande [16]:

1) Fysiskt lager

Det fysiska lagret innehåller fysiska komponenter, hårdvarugränssnitt och fysiska apparater, enheter samt objekt som invånarna i ett hus använder. Typiska saker för detta lager är till exempel lampor, TVn, klockradion och dörrklockor. Sensorer och manövreringsorgan som till exempel brandvarnare, luftkonditionering, termometrar och säkerhetsenheter ingår även i det fysiska lagret. Dessutom ingår betydliga objekt som används mycket, som till exempel soffor, bord och stolar i det fysiska lagret.

2) Sensorplattformlager

Varje sensorplattform definierar gränser för ett utrymme i det smarta huset och uppfångar de apparater, enheter eller manövreringsorgan inom det området. Sensorplattformar kan kommunicera med många andra apparater, enheter och manövreringsorgan. På detta sätt kan sensorplattformarna representera de olika enheterna för resten av mellanprogrammet, vilket får huset att kommunicera och fungera på ett enhetligt sätt. Sensorplattformen överför vilka som helst sensorer i det fysiska lagret till mjukvara som är programmerbar. Utvecklare kan med hjälp av sensorplattformen definiera olika tjänster utan att behöva förstå det fysiska lagret.

3) Tjänstlagret

Detta lager innehåller ett OSGi-ramverk. OSGi står för *Open Services Gateway Initiative*. OSGi-ramverket är till för att koppla olika tjänster till varandra. Så kallade *bastjänster* representerar den fysiska världen genom sensorplattformar, vilka har lagrade buntdefinitioner för vilka som helst sensorer eller manövreringsorgan som är representerade i OSGi-ramverket. När en sensor blir påslagen, så registrerar sensorplattformen sig med OSGi-ramverket genom att sända sin OSGi-tjänsts buntdefinition. Utvecklare skulle sedan skapa *kompositjtjänster* genom att koppla olika existerande tjänster till varandra. Dessa kompositjtjänster är vad olika applikationer i ett smart hus motsvarar. Även så kallade *standardtjänster* skulle vara tillgängliga för att öka utvecklarens möjligheter. Standardtjänster skulle kunna motsvara till exempel röstigenkänning, text-till-tal-konvertering, schemulering och mediastömning.

4) Kunskapslagret

Kunskapslagret innehåller semantik eller ontologi för de olika tjänsterna, processerna, kopplade apparater och enheter, vilket gör det möjligt att göra resonemang för tjänster. Semantik och ontologi är sätt för att namnge och definiera tjänster, händelser och processer. Ett resonemang för en tjänst skulle till exempel vara att översätta utdata från en sensor som mäter Celsius till Fahrenheit, och sedan mata ut det till en annan tjänst. För tjänstannonserings- och upptäckningsprotokoll krävs både tjänstdefinitioner och semantik

för att upptäcka en tjänst. Resonemangmotorn bestämmer ifall vissa kompositttjänster är tillgängliga.

5) **Innehållshanteringslager**

Innehållslagret låter applikationsutvecklare skapa och lagra innehåll som skulle vara betydelsefullt. Varje innehåll består av en graf som är implementerad som ett OSGi-tjänstanslutningsprogrammeringsgränssnitt, som kopplar ihop olika sensorer, vilket betyder att olika innehåll är delade inom gränssnittet. Ett innehåll kan definiera och begränsa tjänstaktivering för vissa applikationer. Innehållet kan också till exempel ange tillstånd för tjänster som ett område inte kan få tillträde till i vissa sammanhang.

Innehållsmotorn ansvarar för att upptäcka och aktivera olika tillstånd.

6) **Applikationslager**

Applikationslagret består av en applikationshanterare som aktiverar och avaktiverar tjänster, samt ett grafiskt integrerad utvecklingsmiljö för att skapa smarta miljöer. Med innehållsbyggaren (*eng. context builder*) kan man visuellt bygga en graf som associerar beteende med innehåll. En programmerare kan också använda innehållsbyggaren för att definiera innehåll som otillåtet och definiera tjänster som aktiveras om något fel händer. *Tjänstkompositören* används för att utvecklaren ha möjlighet att bläddra igenom och upptäcka existerande tjänster och även för att bygga och registrera nya tjänster. Andra verktyg som finns i applikationshanteraren är en avbuggare och en simulator. [16]

3.2 Överföring av data till server

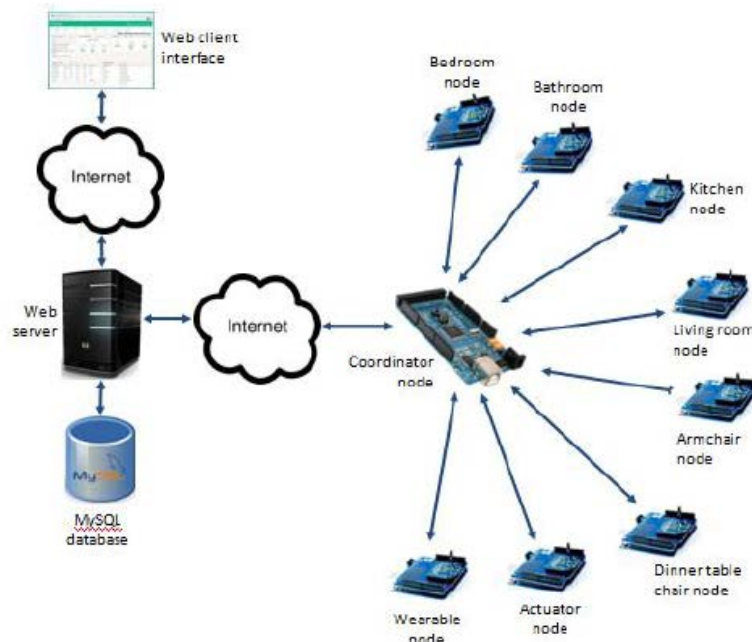
Överföring av data skulle ske på olika sätt beroende på vilken nätverksarkitektur man använder, även en kombination av flera nätverksarkitekturer kunde användas. I artikeln *Communication Network Architectures for Smart-House with Renewable Energy Resources* har Mohamed A. Ahmed et al. övervägt 3 olika arkitekturer för detta:

- a) Ethernet
- b) WiFi
- c) ZigBee.

I Ethernetarkitekturen är sensornoder kopplade med Ethernetlänkning till en datauppsamlingsenhet (*eng. Data Collection Unit, DCU*). DCU:n är en switch och skulle vara kopplad med samma Ethernetlänkningskapacitet till en server, som den skickar all data till.

I WiFi-arkitekturen har man övervägt två topologier, med eller utan en accesspunkt (*eng. access-point, AP*). Med en accesspunkt skulle alla noder vara konfigurerade så att de skickar data till accesspunkten. Accesspunkten för sedan vidare data trådlöst till servern. Utan accesspunkt så skulle all sensordata skickas direkt till servern.

I ZigBee-arkitekturen skulle topologin vara som WiFi-arkitekturen, men istället för en accesspunkt så har ZigBee-nätverket en koordinationsnod, och alla sensorer skulle fungera som ZigBee ändenheter.



Figur 9: Överföring av data till server [18]

I figur 9 visas konceptet över det ZigBee-kompatibla systemet som Athanasios Dasios et al. använde i ett experiment för att göra ett hemtjänstsystem (*eng. ambient-assisted living, AAL*). För projektet användes mjukvara skriven i Arduino-programmeringsspråket för att skräddarsy alla de olika noderna till att samla och skicka data med det trådlösa protokollet. Sensorinformationen processerades sedan av koordinationsenheten, som skickar vidare information om händelser till den anslutna webbservern. Mjukvaran på webbservern var skriven i PHP och tillät användare att

från distans övervaka personer i huset. Mjukvaran använde sig även av en MySQL-databas, som användes för att lagra statistik och konstruera grafer. [18]

3.3 Intelligent algoritmer och metoder

Det är med hjälp av algoritmer och maskininäring som man skapar en intelligent miljö. Det finns bland annat positionsidentifieringsalgoritmer som samlar data om en invånares position. Bland annat förutsägelse-, klassificerings- och sammanfattningsalgoritmer används för att spåra beteende och olika aktiviteter. Några använda algoritmer och metoder i smarta hus är[4]:

1. C4.5-algoritmen

C4.5 är en populär maskininlärningsalgoritm som används för att skapa sammanhang för användaren i rum och tid. Algoritmen fungerar på följande sätt:

- i. Algoritmen klassificerar data enligt olika attribut.
- ii. Algoritmen förutspår sedan framtida beteende enligt hurdana attribut som vanligtvis följer efter varandra.

C4.5 algoritmen fungerar genom att skapa har använts i smarta hem för att koppla ihop beteendemönster med tidigare mönster för att känna igen olika tillstånd och aktiviteter.

Nackdelen med denna algoritm är att den upptar mycket minne och processortid.

2. Bayesiska filteringsmetoder

Bayesiska filteringsmetoder används för att bestämma invånares positioner. Bayesiska filteringsmetoder är statistiska algoritmer som förutspår en invånares rörelse genom att använda sig av senaste kända sensordata om invånares position. Bayesiska algoritmer använder sig av ett hierarkiskt igenkänningschema. Metoderna hämtar data från en statistisk slutsats, som är baserad på regelbaserad samling, filtrering och klassificering av

information. Bayesiska metoder utgår endast från det senaste tillståndet för att förutspå nästa tillstånd.

3. Graderad logik

Graderad logik (*eng. Fuzzy logic*) är väldigt effektivt för att kontrollera hushållsapparater. Istället för binär logik så används graderad logik, som tillåter system att använda flervärdig logik för att göra logiska slutsatser. Graderad logik kan till exempel användas för att känna igen rutiner eller styra belysningen i ett hus.

4. Multiagent-system

Multiagent-system är effektiva när man har många enheter och medel (*eng. agents*) som kommunicerar och samarbetar med varandra. I ett multiagent-system är varje enhet ansvarig för sin egen domän och information, vilka har stor påverkan på resten av systemets prestationsförmåga. Multiagent-system är det bästa alternativet för att göra en intelligent miljö, eftersom det möjliggör en rik ström av information.

5. Hidden Markov-modell

Hidden Markov-modeller (HMM) används för att skapa och välja mellan beteendemodeller. HMM använder sig av många tidigare tillstånd för att förutsä ett framtida tillstånd. HMM använder sig av statistik för att optimera algoritmerna, så att modellen med bra träffsäkerhet kan evaluera nästa tillstånd.

6. Bildbehandlingsmetoder

Bildbehandlingsalgoritmer används för att identifiera människor och mänsklig aktivitet i ett smart hem. Bland annat handrörelser och ansiktsfärg på en digital bild kan analyseras och resultera i olika utdata i smarta hem. Bildbehandlingsalgoritmer är högst antagligen tagna i användning först i framtiden, eftersom det är väldigt svårt att implementera dessa algoritmer.

7. CBR och förutsägningsalgoritmer

CBR är tillståndsbaserat resonemang (*eng. Case-based reasoning*) och används för att göra beslut med hjälp av föregående tillstånd. CBR är en bra metod för att ett smart hem skall bli kontextmedveten, vilket är essentiellt i ett smart hus.

8. FPAM-algoritmen (*eng. Frequent and Periodic Activity Miner, FPAM*)

FPAM-algoritmen är utvecklad för att upptäcka ofta förekommande eller periodiska mönster av aktiviteter.

9. Artificiella nervnätverk (ANN)

Artificiella nervnätverk kan förutsäga olika framtida tillstånd genom att upptäcka användningsmönster av flera hushållsapparater. Man kan även använda ANN för att göra

modeller av annan mänsklig aktivitet . ANN behöver stor processeringskapacitet och mycket lagringsutrymme, dessutom behövs det väldigt mycket information för att lära upp ett artificiellt nervnätverk. [4]

3.4 Resonemang

Ett smart hem behöver bra hantering av innehåll och bör även vara medvetande om olika kontext. Detta medför många olika resonemang, det vill säga hur man på bästa sätt hanterar olika kontext. Tillsammans med algoritmerna så är det många olika resonemang som gör ett hem intelligent.

I denna del av avhandlingen presenteras några resonemang som är viktiga i smarta hem[17]:

1) Rum-tid-resonemang (*eng. spatio-temporal reasoning*)

Aktiviteter och applikationer i ett smart hus är endast drivna genom uppfångad sensordata. För att ett hus skall fungera på ett intelligent sätt är det mycket viktigt att huset vet exakt när en händelse sker, var händelsen sker och hur länge det tar att utföra händelsen. Detta kallas för rum-tid-resonemang.

2) Temporär granularitet (*eng. Temporal Granularity*)

Olika aktiviteter kan analyseras på olika nivåer av så kallad granularitet, vilket betyder att information kan vara olika specifik och noggrann beroende på sammanhang. Att välja rätt temporär granularitet för information är viktigt i ett smart hus för att öka prestandan på systemet. Det är även viktigt i sammanhanget för vad systemet kan uppnå.

3) Orsaksmässigt resonemang (*eng. Causal Reasoning*)

Relationen mellan en invånarens uppträdande och resulterande tillstånd i hemmet är mycket viktigt i ett automatiserat system. Att göra orsaksmässiga resonemang betyder att man definiera komplexa händelser, så att inga möjliga misstag eller olyckor kan ske. När man gör orsaksmässiga resonemang är även relevant att kunna identifiera komplexa händelser.

4) Planering

Planering kan och bör även tillämpas i smarta hem. Planering innebär att det är möjligt att konstruera en plan som invånaren skall följa, till exempel att en sjuk patient skall ta sina mediciner, äta och dricka regelbundet samt gå och sova i tid.

5) Inläring

Inläring av en invånarens beteende är viktigt för att ett system skall ställa in sig självt på att vara så bekväm som möjligt för invånaren. Vid inläring används datautvinning (*eng.*

Data Mining), som förlitar sig på tidigare lagrad statistik för att förutspå invånarens beteende. Inlärningsförmåga i ett hus är essentiellt för att göra det till ett smart hus.

6) Tillstånds-baserat resonemang (*eng. Case-based reasoning, CBR*)

Tidigare nämndes CBR-algoritmer. Tillstånds-baserat resonemang kan användas för att identifiera mönster i en invånarens beteende. På basis av detta kan systemet göra en diagnos och analysera vilka situationer som skulle behöva uppmärksamhet. Systemet skulle alltså lära sig i vilken ordning byten av tillstånd sker och på det sättet förutsäga någon form av aktivitet.

7) Beslutsträd (*eng. Decision Trees*)

Beslutsträd kan användas för att övervaka serien av händelser och låta systemet reagera enligt en beslutsmodell. I smarta hem repeteras händelser ofta och med beslutsträd kan man alltså med noggrannhet förutsäga hurdan händelse kommer ske till näst. Ju längre systemet har övervakat invånaren, desto mera komplexa händelser kan det förutsäga. [17]

5 Risker och utmaningar

5.1 Automationsutmaningen

Smarta hem är ofta svåra att hantera. Även tekniskt intresserade människor kan tycka att smarta kontrollsystem är besvärliga att använda, och det blir ännu besvärligare när systemet fungerar regelbaserat. Regler fungerar dåligt, eftersom de inte alltid motsvarar det som invånaren egentligen vill ha. I automation finns två typer för att hantera systemet, det ena är för att användaren själv skall kunna kontrollera systemet med lågnivåverktyg, det andra är regelbaserad kontroll som sköts av systemet. Dessa typer av kontroll är vanligen svåra att hantera, eftersom de baseras på komplexa definitioner. [15]

5.2 Designöverväganden

Det är väldigt tydligt att kontextmedvetna system med intelligent distribuerade sensornätverk och anpassande beteende är mycket lovande. Men fördelarna av ett smart hem blir ofta utklassade av för komplexa system, det vill säga människor blir mera irriterade än vad de uppskattar systemets nytta. Därför bör man designa ett hem så att det endast assisterar människor i deras dagliga aktiviteter och beteende, istället för att designa huset så att systemet tar hand om all verksamhet. Människors liv är väldigt komplexa händelser och ännu finns det inte bra funktionalitet för att kunna göra ett smart hem utan några som helst oirriterande egenskaper. Utmaningen i design är alltså att balansera systemets ansvar för vad det endast bör erbjuda för hjälpmedel och vad systemet omedelbart automatiskt bör göra utan att behöva en användares interaktion. [15]

5.3 Framtida möjligheter, utmaningar och potentiella risker

Intelligenta miljöer är en vetenskapsgren som kan erbjuda nästan vilka som helst tjänster. Smarta hem attraherar även många investerare, eftersom människor spenderar mycket tid i sina hem. Smarta hem har otrolig potential, några framtida utmaningar i smarta hem är:

- Röst- och bildbehandling
- Standardisering för smarta hem, riktlinjer för intressenter
- Att skydda användares privatliv
- Hälsovårdstjänster
- Utbildning
- Smart infrastruktur för elektricitetsförmedling
- Naturkatastrofhjälp
- Telemedicintjänster [1]

Några risker som medföljer dessa utmaningar skulle till exempel vara säkerhet och felsäkerhet. Vad händer till exempel om någon lyckas hacka sig in i ett system eller om något grovt regel-baserat fel sker så att det skulle resultera i dödsfall, och hur skulle det påverka industrin?

6 Sammanfattning

I denna avhandling har en översikt getts om vad en intelligent miljö är i ett smart hem, det vill säga vilka applikationer man kan implementera, hur arkitektur med hårdvara och mellanprogram skulle kunna se ut, samt hurdana metoder som är essentiella för att skapa en intelligent miljö.

Referenser:

[1] Diane J. Cook , Juan C. Augusto, Vikramaditya R. Jakkula (2009) **Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities**. *Pervasive and Mobile Computing* 5 (2009) 277–298

[2] What is a “smart home”? <http://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home> [Online] Refererat 19.2.2016

- [3] Dan Ding, Rory A. Cooper, Paul F. Pasquina, Lavinia Fici-Pasquina (2011) **Sensor technology for smart homes.** *Maturitas* 69 (2011) 131-136
- [4] Muhammad Raisul Alam, Student Member, IEEE, Mamun Bin Ibne Reaz, Member, IEEE, and Mohd Alauddin Mohd Ali, Member, IEEE (2012) **A Review of Smart Homes—Past, Present, and Future.** *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 42, NO. 6, NOVEMBER 2012*
- [5] D.H. Wilson and C. Atkeson (2005) **Simultaneous Tracking and Activity Recognition (STAR) Using Many Anonymous, Binary Sensors** *H.W. Gellersen et al. (Eds.): PERVASIVE 2005, LNCS 3468, pp. 62–79, 2005. ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005*
- [6] Hemant Ghayvat, Jie Liu, Subhas Chandra Mukhopadhyay, Xiang Gui (2015) **Wellness Sensor Networks: A Proposal and Implementation for Smart Home for Assisted Living** *IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 15, NO. 12, DECEMBER 2015*
- [7] Chih-Yung Chang, Chin-Hwa Kuo, Jian-Cheng Chen, Tzu-Chia Wang (2015) **Design and Implementation of an IoT Access Point for Smart Home** *Appl. Sci.* 2015, 5, 1882-1903
- [8] Mohamed A. Ahmed, Yong Cheol Kang, Young-Chon Kim (2015) **Communication Network Architectures for Smart-House with Renewable Energy Resources** *Energies* 2015, 8, 8716-8735
- [9] Lajos Izsó (2009) **Appropriate Dynamic Lighting as a Possible Basis for a Smart Ambient Lighting** *C. Stephanidis (Ed.): Universal Access in HCI, Part II, HCII 2009, LNCS 5615, pp. 67–74, 2009. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009*
- [10] Roy F. Hughes, Sunny S. Dhannu (2008) **Substantial Energy Savings through Adaptive Lighting** *2008 IEEE Electrical Power & Energy Conference*
- [11] Ir W J M van Bommel, Ir G J van den Beld (2003) **Lighting for work: Visual and biological effects** *April 2003 Philips Lighting, The Netherlands*
- [12] Taha Mehrabi, Alan S. Fung, Kaamran Raahemifar **Optimization of Home Automation Systems Based on Human Motion and Behavior,** *CCECE 2014 Toronto, Canada*
- [13] Mihail-Bogdan Carutasiua, Vladimir Tanasieva, Constantin Ionescu, Alexandra Danua, Horia Neculaa, Adrian Badea (2015) **Reducing energy consumption in low energy buildings through implementation of a policy system used in automated heating systems** *Energy and Buildings* 94 (2015) 227–239
- [14] Ashish Pandharipande*, David Caicedo **Smart indoor lighting systems with luminaire-based sensing: A review of lighting control approaches** *Energy and Buildings* 104 (2015) 369–377
- [15] Stephen Makonin, Lyn Bartram, Fred Popowich (2013) **A Smarter Smart Home: Case Studies of Ambient Intelligence** *PERVASIVE computing 2013 IEEE* 58-66

[16] Sumi Helal, William Mann, Hicham El-Zabadani, Jeffrey King, Youssef Kaddoura, Erwin Jansen (2005) **The Gator Tech Smart House: A Programmable Pervasive Space** *IEEE Computer Society (2005) IEEE 50-60*

[17] Juan C. Augusto and Chris D. Nugent (2006) Smart homes can be smarter *Designing Smart Homes, LNAI 4008, pp. 1–15, 2006*

[18] Athanasios Dasios, Damianos Gavalas, Grammati Pantziou, Charalampos Konstantopoulos (2015) **Hands-On Experiences in Deploying Cost-Effective Ambient-Assisted Living Systems** *Sensors 2015, 15, 14487-14512*