



# **KANDIDATEXJOBBS-KATALOG**

Kandidatexjobb Elektroteknik  
Degree project Electrical Engineering  
(Bachelor of Science)

15 högskolepoäng

Vår 2011

## **Innehåll:**

Kandidatexjobben utföres individuellt eller i grupper om två. Omfattningen på arbetet är 10 arbetsveckor på heltid, och arbetet skall vara avslutat enligt innevarande års kurs-PM. Varje kandidatexjobb är del av en större helhet, i år har vi projekt under 5 olika kontext. Dessa är:

- A. Månbas**
- B. Räddningspersonal i kris/katastrof**
- C. Framtidens Energibärare**
- D. Smarta Hem**
- E. Sondraketexperiment**

För mer information om varje projekt, se beskrivningarna i detta dokument. De exakta kraven på arbetet fastställs i samband med första mötet med er uppdragsgivare.

## **Val av uppgifter:**

Valet av projektuppgift sker på kursens hemsida <http://www.ee.kth.se/kandidatexjobb/>, antingen individuellt eller i grupp om 2. Observera att ni bara kan välja en gång, antingen själva eller som medlem av en grupp. Ni ska välja tio olika projekt med prioritering 1-10.

**Sista valdag är onsdagen den 15. December klockan 12.00.**

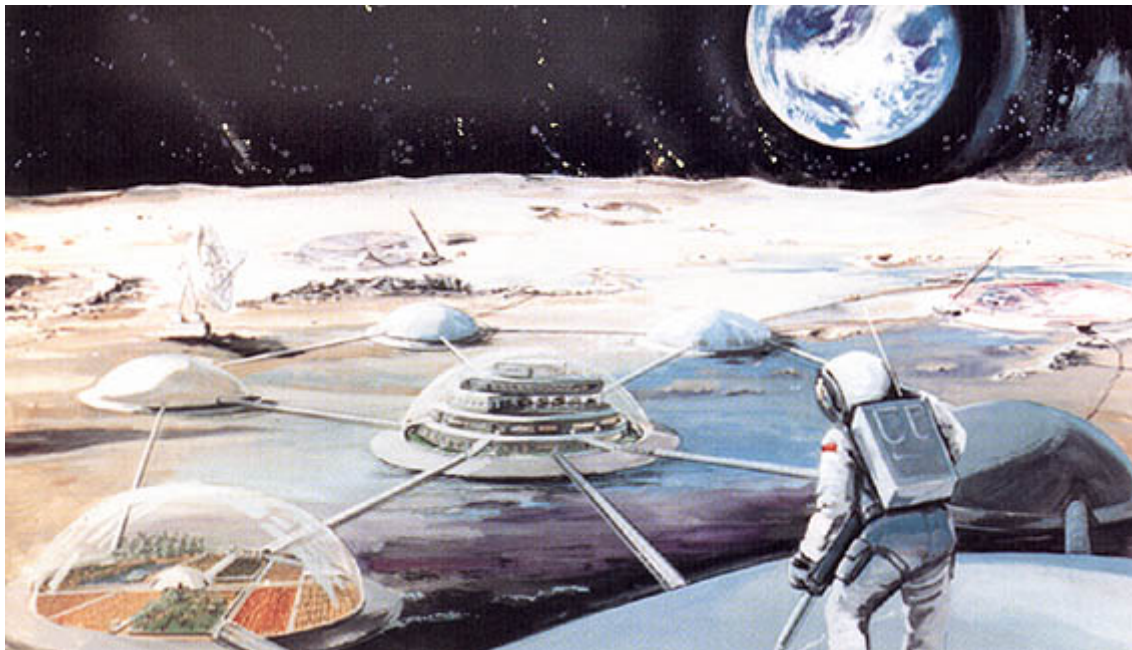
Listorna med projektgrupper kommer att anslås innan jul på kursens hemsida samt i Bilda. När listan är anslagen skall gruppen ta kontakt med sin handledare/koordinator för att boka tiden för första mötet.

Lycka till !

*Kandidatexjobb i Elektro- och systemteknik, 2011*

*Elektrofysik*

# Projekt Månbas



Elektroteknisk teori och konstruktion

Fusionsplasmafysik

Rymd- och plasmafysik

# Introduktion

Inga bemannade missioner till månen har ägt rum sedan den sista Apollo-missionen 1972. Emellertid har intresset ökat nyligen för kolonisering av månen, framförallt av tre skäl: som övning för framtida kolonisering av Mars, som forskningsbas, och för utnyttjande av Månens naturresurser.

De mognaste planerna på etablering av månbas är den amerikanska rymdstyrelsen NASAs *Neil A. Armstrong Lunar Outpost* [1], som enligt dagens planer kommer att byggas mellan 2019 och 2024. Detta kommer att vara en bas i liten skala med 6-12 personer, men ännu ambitiösare baser har diskuterats, t ex i ett symposium anordnat av NASA och National Academy of Sciences [2], där baser av storleksordningar 2 – 100 000 personer diskuteras [3]:

Table 1. Stages of Lunar Development

Stages	Population
<i>Automated Surface Exploration/Site Preparation</i>	Robotic
Detailed surface exploration	2-5 people (semi-permanent)
Subsurface exploration	
Site preparations for initial lunar base	
<i>Initial Lunar Base</i>	6-12 people (permanent)
Initial scientific base	
Expanded resource exploration	
Extraterrestrial materials experiments	
<i>Early Lunar Settlements</i>	100-1000 people
Expanded research activities	
Prototype lunar materials processing	
Start of lunar agriculture	
Materials source for space station industrialization	
<i>Mature Lunar Settlement</i>	1000-10,000 people
Large scale mining and materials processing	
Manufacture products	
Cislunar trading	
Limited food production	
<i>Autonomous Lunar Civilization</i>	10,000-100,000 people
Self-sufficiency in raw materials and manufactured goods	
Self-sufficiency in food production	
Lunar fuel cycle	
Radioisotope generators and reactor fuel	
Lunar waste repository	

Delprojekten nedan tar upp ett antal frågeställningar som kommer att bli aktuella för framförallt de typer av baser som ovan kallas *Early Lunar settlements* och *Mature Lunar settlements*, och inkluderar system för radiokommunikation med jorden, utnyttjande av en unik naturresurs på månen; solvindsinducerat He<sup>3</sup> för användning som bränsle i fusionsreaktor, system för kraftförsörjning och risker för tekniska system och människor i samband med exponering av högenergetiska laddade partiklar i form av kosmisk strålning. Alla dessa delprojekt behandlar områden där ingenjörer med kunskap om elektro- och systemteknik kan göra en avgörande insats.

## Referenser

1. NASA Unveils Global Exploration Strategy and Lunar Architecture" (2006-12-04),

[http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/dec/HQ\\_06361\\_ESMD\\_Lunar\\_Architecture.html](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/dec/HQ_06361_ESMD_Lunar_Architecture.html),  
besökt 2008-10-21.

2. Mendell, W. W. (ed.), Lunar Bases and Space Activities of the 21<sup>st</sup> Century, The Lunar and Planetary Institute, Houston, ISBN 0-942862-02-3, 1984.

3. Buden, D, and J. A. Angelo, Jr., Nuclear Energy – Key to Lunar Development, in Lunar Bases and Space Activities of the 21<sup>st</sup> Century, The Lunar and Planetary Institute, Houston, ISBN 0-942862-02-3, 1984.

# Delprojekt A1

## Elförsörjning med solpaneler för månbas

**Handledare: Tomas Karlsson, Lars Blomberg, SPP**

Ett kritiskt system i en framtida månbas är naturligtvis energiförsörjningen. En viktig kandidat för ett energiförsörjningssystem är ett system av solpaneler, bl a för att de kan tillverkas med råmaterial från månen. Ett problem med solenergin är den långa natten på månen (ca 14 dagar), vilket gör att man kan behöva system för effektiv lagring av energi. Ett alternativ till stationära solpaneler på månytan är att ha satelliter med solpaneler i omloppsbanan runt månen och stråla ner energin i form av mikrovågor eller laserljus.

Ett antal frågeställningar behöver utredas:

- Uppskatta totala energibehovet för basen för olika storlekar på befolkningen. Viss input kan behövas från Delprojekt 2-3 (effektkrav från kommunikationssystem).
- Hur stor yta av solpaneler behöver man på olika latituder?
- Kostnad för transport av material från jorden?
- Finns det alternativa typer av solenergiproduktion?
- Vad gör man på natten? Batterier? Bränsleceller? Andra idéer?
- Är satelliter utrustade med solpaneler, som strålar ner energi ett realistiskt alternativ? Energiförluster? Kostnad?
- I samarbete med Delprojekt 4 bör något om effekterna av solpanelernas exponering för kosmisk strålning beaktas. Påverkas t ex livslängd och kostnad?

## Delprojekt A2-A3

# Utformande av system för kommunikation mellan månen och Jorden

**Handledare: Martin Norgren, ETK**

(Projektets omfattning gör att det kan genomföras som två kandidatexjobbprojekt)  
Månen vänder alltid samma sida mot jorden. Således har en månbas på framsidan alltid fri sikt mot jorden, varigenom kommunikationen då kan ske medelst ett antensystem placerat vid månbasen.

För en månbas på baksidan (som kan bli aktuell t ex pga stora fyndigheter av metall eller andra råvaror), och långt ifrån randen mot framsidan, blir däremot förutsättningarna betydligt sämre. Detta kandidatexamensarbete handlar om att utreda möjligheterna för kommunikation mellan en bas på månens baksida och jorden, samt att ge några förslag på hur kommunikationssystemen för detta ändamål kan realiseras.

Vid utredandet skall bl.a. följande beaktas:

- Krav på överföringshastigheter och datamängder (storleken på månbasen).
- Frekvensområden.
- Inverkan av jordens atmosfär och magnetfält.
- Systemens energiförbrukning och energiförsörjning.
- Systemens tålighet mot miljön: temperaturskillnader, strålning, meteoritnedslag.
- Krav på skyddsåtgärder, underhåll och redundans i systemen.
- Kostnader för uppbyggnad och underhåll.

Exempel på alternativ att utreda:

- Markväg som följer månyttans krökning och kontinuerligt läcker ut i rymden. Frekvensområden? Antenntyper? Effektkrav? Möjliga avstånd från randen?
- Länksystem, innehållande flera antenner, vilket sträcker sig från månbasen fram till randen. Lämpliga avstånd mellan antennerna? Antenntyper? Effektkrav?
- Markbundet system genom kablar eller optiska fibrer från månbasen till randen.  
Vilka krav ställs på dämpningsförluster och avstånd mellan förstärkare?
- Satellitesystem, dvs kommunikationssatelliter i banor runt månen.
- Kombinationer av olika typer av lösningar.

## Delprojekt A4

# Brytning av månbaserat $\text{He}^3$ för användning som fusionsbränsle

**Handledare: Jan Scheffel, FPP**

En viktig fråga för en framtida månbas kommer att vara hur man tillgodoser energibehovet. Fusionkraftverk är ett alternativ som är särskilt intressant på månen, eftersom det finns god tillgång på  $\text{He}^3$ . Stora fördelar kan nämligen uppnås genom att i använda deuterium och  $\text{He}^3$  som bränsle, istället för deuterium och tritium som kommer att användas i den första generationen av fusionskraftverk på jorden.

$\text{He}^3$ -isotopen har deponerats på månytan av solvinden, eftersom månen inte är skyddad av vare sig atmosfär eller magnetfält, i motsats till jorden, och solvinden därför kan växelverka direkt med månytan. På månen finns tillräckligt med  $\text{He}^3$  för att täcka jordens hela energibehov under 1000 år. Därmed uppkommer frågorna: hur skall brytningen gå till och blir den verkligen lönsam?

- Beskriv fusionsprocessen och förklara varför D- $\text{He}^3$  kan vara att föredra framför D-T.
- Sök reda på studier inom området och föreslå hur brytningen skall ske på månbasen.
- Föreslå olika sätt att transportera  $\text{He}^3$  från månen till jorden; diskutera speciellt plasmadrivna raketer som exempelvis VASIMR.
- Bedöm kostnaderna för D- $\text{He}^3$  brytning och jämför med kostnaderna för D-T fusion.



## Delprojekt A5

# Magnetisk skärmning av kosmisk strålning för månbas

**Handledare: Tomas Karlsson, SPP**

Månen har varken atmosfär eller magnetfält, två system som skyddar oss på jorden från skadlig, högenergetisk partikelstrålning i form av kosmisk strålning. Den kosmiska strålningen är höggradigt joniserande och kan orsaka allvarliga skador, både på mänsklig vävnad och på elektronikkomponenter och solpaneler. Effekterna beror på strålningens energispektrum, flöde och sammansättning. Man skiljer på två typer av kosmisk strålning: galaktisk kosmisk strålning bestående av protoner och andra atomkärnor med ursprung utanför solsystemet och SEP (Solar Energetic Particles), med sitt ursprung i solaktivitet som protuberanser och solar flares. Den senare typen av strålning påverkar främst dagsidan.

För att minska effekterna av den kosmiska strålningen krävs någon form av artificiell skärmning, ofta i form av plast eller aluminium. Ett intressant alternativ är att använda magnetisk skärmning, för att artificiellt simulera jordens magnetfälts förmåga att böja av den kosmiska strålningen med hjälp av Lorentz-kraften.

Detta examensarbete syftar till att med en enkel simulering studera hur banorna för de högenergetiska partiklarna i den kosmiska strålningen böjs av i ett artificiellt genererat magnetfält, och hur strålningsdoserna påverkas av detta.

Exempel på frågeställningar:

- Är magnetisk skärmning effektiv vid realistiska magnetfältsstyrkor?
  - Utred om biologiska risker reduceras tillräckligt.
  - Utred om effekter på solpaneler och elektronik reduceras tillräckligt. (I samarbete med Delprojekt 1 kan särskilt effekterna på solpanelers effektivitet och livscykel beaktas.)
- Vilken magnetisk konfiguration är mest effektiv?
  - Jämför effekterna för några föreslagna konfigurationer
  - Undersök om nya konfigurationer kan bli aktuella.
- Skillnader dag/nattsida, och månen i/utanför magnetosfären
  - Jämför effekt av SEP och galaktisk kosmisk strålning (natt/dagsida).
  - I samarbete med Delprojekt 6 kan effekter från jordens magnetosfär inkluderas

Vana vid programmering i t ex MATLAB är nödvändig. Simuleringsmetoden kan ev. utvecklas i samarbete med Delprojekt 6.

## Delprojekt A6

# Det geomagnetiska fältets påverkan på månens strålningsmiljö

**Handledare: Tomas Karlsson, SPP**

Månen har varken atmosfär eller eget magnetfält, två system som skyddar oss på jorden från skadlig, högenergetisk partikelstrålning i form av kosmisk strålning. Den kosmiska strålningen är höggradigt joniserande och kan orsaka allvarliga skador, både på mänsklig vävnad och på elektronikkomponenter och solpaneler. Effekterna beror på strålningens energispektrum, flöde och sammansättning. Man skiljer på två typer av kosmisk strålning: galaktisk kosmisk strålning bestående av protoner och andra atomkärnor med ursprung utanför solsystemet och SEP (Solar Energetic Particles), med sitt ursprung i solaktivitet som protuberanser och solar flares. Den senare typen av strålning påverkar främst dagsidan.

För att minska effekterna av den kosmiska strålningen krävs någon form av artificiell skärmning, ofta i form av plast eller aluminium. På jorden är detta inte nödvändigt, eftersom på atmosfären och jordens magnetfält i magnetosfären (det område i rymden där jordens magnetfält är det dominerande) skyddar mot strålningen.

Under en del av sin omloppsbanan runt jorden passerar månen genom magnetosfären, och skyddas därigenom delvis från den kosmiska strålningen. Detta examensarbete syftar till att utreda hur stora effekterna av detta skydd är, för att kunna utvärdera hur eventuell skärmning ska utformas (detta kan ske i samarbete med Delprojekt 5), och hur stora möjligheterna är att riskfritt vistas på månytan under dessa perioder. Metoden för undersökningen är att genomföra en enkel simulering av de banor partiklarna i den kosmiska strålningen följer, och beräkna hur detta påverkar strålningsdosen både för människor och solpaneler och elektronik.

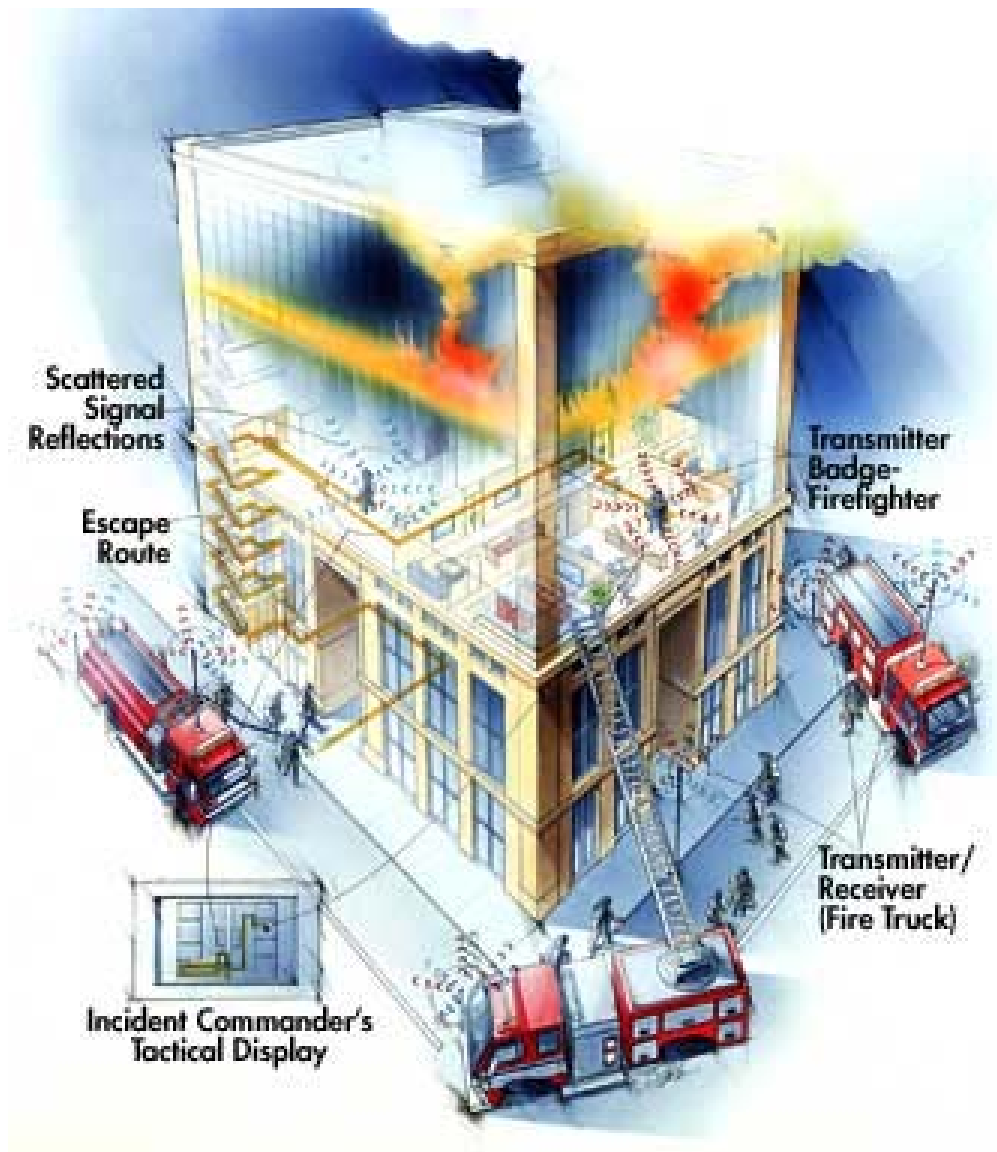
Exempel på frågeställningar:

- Hur stor blir reduktionen i strålningsdos i olika delar av magnetosfären?
- Hur varierar reduktionen mellan olika områden på månen?
- Vad är skillnaden i effekt på SEP och galaktisk kosmisk strålning (natt/dagsida).
- I samarbete med Delprojekt 5, kan utredas vad skillnaden blir i effekten på biologiska risker, resp. risker för elektronik och solpaneler?

Vana vid programmering i t ex MATLAB är nödvändig. Simuleringsmetoden kan ev. utvecklas i samarbete med Delprojekt 5.

# Kontext B

## Räddningspersonal i kris/katastrof

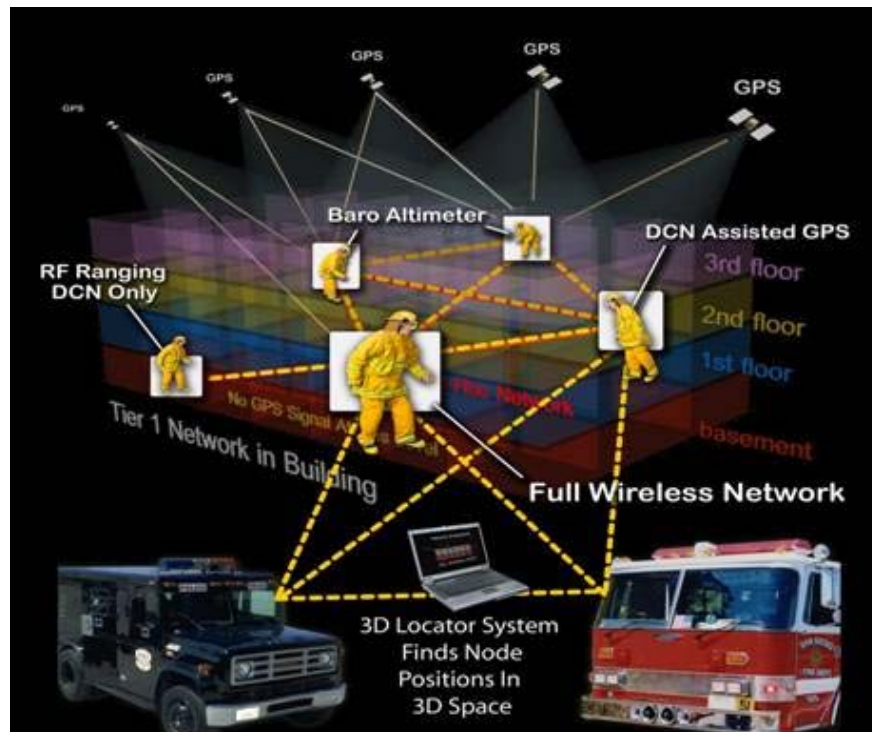


Signalbehandling  
Ljud- och bildbehandling  
Kommunikationsnät  
Kommunikationsteori

## Introduktion

### Bakgrund

Räddningspersonal utsätts ofta för farliga och krävande situationer under utryckningar. T ex, vid bränder i stora byggnader, så kanske räddningsteamet måste ta sig fram i en okänd omgivning med dålig eller ingen sikt, under operationen. Ytterligare information och stöd till räddningsarbetarna kan därför vara till stor hjälp.



Påtänkt scenario [1].

Tänk er att räddningspersonalen stöddes av en ledningsgrupp som hade en ritning över byggnaden och hela tiden kunde följa var alla befann sig. Tänk er dessutom att räddningsteamet kunde kommunicera, inbördes och med ledningscentralen, både med tal, bilder och video. Många misstag skulle då kunna undvikas och det vore mycket lättare att ta rätta beslut och att orientera sig.

Ytterligare en viktig förbättring vore om räddningspersonalen bar sensorer som kunde samla in data både om omgivande miljön, såsom temperatur, och om personerna själva, t ex andning, puls och kroppstemperatur. Detta skulle tillåta ledningscentralen att avbryta uppdraget om situationen blir alltför farlig.

Hur kan detta åstadkommas?

## *Projektet*

I detta projekt, antar vi ett scenario, där räddningspersonalen är utrustad med mobila enheter, som erbjuder

- Positionering
- Sensorer för omgivningen och för att övervaka vitala kroppsfunktioner
- tal- video- och bildkommunikation mellan räddningspersonalen och ledningscentralen.

Tillsammans med några yttre enheter (såsom enkla basstationer och/eller reläer), skapas ett kommunikationsnät.

För att implementera ett sådant här komplext system, måste många olika problem lösas. Projektet och dess delprojekt fokuserar därför på följande aspekter:

- 1. Positionering av räddningspersonal och utrustning**
- 2. Tal- och bildkodning för räddningsoperationer**
- 3. Utformning av kommunikationsnätverket, för räddningsoperationer**
- 4. Robust punkt till punkt-kommunikation i kommunikationsnät**

Alla dessa aspekter är lika viktiga för att projektet ska lyckas – de första två handlar direkt om önskad funktionalitet i systemet, medan det tredje och fjärde behandlar den nödvändiga infrastrukturen, för att kunna implementera hela konceptet.

## **Referenser**

- [1] Jouni Rantakokko, Peter Händel (redaktörer):  
”Positionering av krishanteringspersonal vid räddningsinsatser - redovisning av genomfört seminarium”, Technical report TRITA-EE 2007:038, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

# Delprojekt B1

## Positionering av räddningspersonal och utrustning

**Koordinator:** Per Zetterberg, Signalbehandling

I en räddningsaktion, såsom släckning av bränder, när brandmän går in i byggnader, skulle det vara till stor hjälp om räddningsledningen kunde lokalisera brandmännen i sin samordning av operationen. Det vore även av stort intresse att kunna lokalisera utrustning som avsiktligt eller oavsiktligt lämnats kvar av räddningspersonalen.

Det är välkänt att lägesbestämning med hjälp av GPS inte är möjlig inuti de flesta byggnader. Ett av skälen till detta är den svaga mottagna signalen. Därför kommer vi här att inrikta oss på ett system som snabbt skulle sättas upp i eller utanför byggnaden samtidigt som räddningspersonalen går in i byggnaden. Genom att sända kända signaler från ett antal olika sändare, kan en mottagare bestämma sin position genom att först skatta tidsfördröjningarna för signalerna som kommer från de olika sändarna.

Målet med detta delprojekt är att designa ett system för lägesbestämning av personer och utrustning i en byggnad. Projektet kan innehålla delmoment som.

- Positionera en person eller ett objekt med en noggrannhet på 1 m
- Redogöra för krav på utrustningen för ovan givna noggrannhet.
- Redogöra för hur detta system skiljer sig från andra befintliga positioneringssystem. För och nackdelar.

En arbetsplan för att uppnå detta kan vara utformat enligt:

- En litteraturstudie för huvudkoncepten inom positionering.
- Inhämtande av nödvändiga signalbehandlings-kunskaper.
- Preliminär beskrivning av systemet.
- Implementering av systemet i en simulerad miljö.

## Delprojekt B2

### Tal- och bildkodning för räddningsoperationer

**Koordinator:** Bastiaan Kleijn, Markus Flierl, Ljud- och bildbehandling

För att kunna lyckas väl med en räddningsoperation, är det viktigt att kommunikationen fungerar väl, både för tal och bilder. Medlemmarna i räddningsstyrkan ska kunna kommunicera med varandra med hands free-utrustning men också kunna se bilder över räddningsområdet, på handburna enheter. Därför behövs lämpliga kodningsmetoder för att representera och komprimera tal- och bildsignaler så att den upplevda kvaliteten är tillräcklig trots att datahastigheten hos radiokommunikationen är begränsad.

I detta delprojekt kommer studenterna att lära sig grundläggande begrepp inom källkodning, både s.k. oförstörande och förstörande kodning. När projektet är avslutat kommer studenterna att kunna förstå varför effektiva källkodningsmetoder är en viktig ingrediens för att moderna digitala kommunikationssystem har blivit så framgångsrika.

I arbetsplanen för detta delprojekt, ingår:

- (1) En litteraturstudie om grundläggande källkodningsmetoder.
- (2) Definiera ett urval av nödvändiga källkodningsmoduler.
- (3) Implementering av de valda metoderna.

# Delprojekt B3

## Design av kommunikationsnätverk för nödsituationer

Koordinator: Emre Altug Yavuz (Kommunikationsnät)

Eftersom de flesta moderna kommunikationsnät är baserade på fast infrastruktur, som t.ex. trådlösa LAN och cellulära nätverk, är det sannolikt att dessa nätverk kommer haverera i nödsituationer som olyckor eller naturkatastrofer. Därför är det viktigt att det finns nätverkslösningar som under dessa omständigheter kan komma i gång snabbt med minimal konfiguration för att stödja räddningsmanskaper. Ad hoc nätverk är att föredra för användning i sådana fall på grund av sin decentraliserade struktur och oberoende av förinstallerad, fast infrastruktur. I dessa nätverk deltar varje nod i *routing*-processen genom att vidarebefordra uppgifter till andra och fastställa vilka noder som bör vidarebefordra uppgifter.

Att upprätta kommunikation i en nödsituation, t.ex. på en av våningarna i ett brinnande lägenhetskomplex, är en utmaning, inte bara för att infrastruktur-baserade nät kan misslyckas, men också på grund av att räddningsmanskaper kan befinna sig i en radiomässigt komplex miljö med korridorer, tjocka väggar mm. Ad hoc nätet måste också vara dynamiskt anpassningsbart eftersom räddningsmanskaper kan vara i högsta grad mobilt. Målet med detta projekt är att utvärdera en routing-funktion för ad hoc nätverk för olika rörelsemodeller och visa hur olika rörelsemodeller påverkar effektiviteten.

Analysen kan omfatta följande:

- Tillämpning av representativa modeller för datatrafik för att genomföra sensor data / video-kommunikation
- Användning av grupp-baserade rörelsemodeller för räddningsteamet vars rörelser ibland är beroende av varandra
- Utvärdering av resultatet av en ad hoc routing-funktion för flera olika rörelsemodeller.

En arbetsplan för delprojektet kan formuleras som:

- Utarbetande av en litteraturstudie för grundläggande begrepp inom ad hoc nätverk samt en kartläggning av kända routing-funktioner att välja mellan
- Presentation av ett antal rörelsemodeller föreslagna i litteraturen
- Genomförande och utvärdering av några av dessa funktioner med hjälp av en nätverks-simulator.



## Delprojekt 4

# Robust punkt till punkt-kommunikation i Kommunikationsnätverk

**Koordinator:** Ragnar Thobaben, Lars Rasmussen (Kommunikationsteori)

Kommersiell installation av kommunikationsnätverk baseras på omfattande nätverksplanering. För att uppnå bra prestanda i nätverket måste placeringen av sändarna optimeras, och överföringsteknikerna väljas så att vi kan garantera en grundläggande tjänstekvalitet (*quality of service*), även i ett värsta falls-scenario. Prestandan i ett nätverk kan till exempel mätas i termer av:

- hur robust överföringen är för att undvika fel
- hur stor area nätverket täcker, och
- hur mycket data som kan överföras inom ett givet tidsintervall

I detta projekt tänker vi oss att nätverket installeras av räddningspersonalen, vilket innebär att placeringen av nätverkskomponenterna måste bestämmas inom ett fåtal sekunder och planeringen (positioneringen) av nätverket kommer att bero på snabba pragmatiska beslut av räddningsledningen, snarare än baserat på optimal nätverksplanering.

Följaktligen krävs det att kommunikationsteknikerna som används för kommunikation mellan olika enheter i nätverket måste vara:

- mycket robusta, så att nätverket fungerar även under mycket svåra förhållanden, och
- adaptiva för att få ut hög överföringshastighet om förhållandena är tillräckligt goda

I det här delprojektet kommer du studera grundläggande överföringstekniker för digitala kommunikationssystem, som t.ex. enkla kodningsscheman och moduleringstekniker som kan anpassas till de dynamiska förhållandena i kommunikationskanalen.

Arbetsplanen för det här delprojektet innefattar:

- litteraturstudie om grundläggande kodnings och moduleringstekniker
- implementering av valda tekniker för enkla kanalmodeller, och
- utvärdering av enklare adaptiva modulerings och kodningsscheman.

När detta projekt är slutfört kommer du att kunna visa hur adaptiva överföringstekniker för punkt-till-punkt kommunikation kan förbättra prestandan av ett helt nätverk.

## Kontext C

# Framtidens energibärare

Förslag till kandidatarbeten inom området  
elkraftteknik



ABB Network Manager system. Illustrationen av Lasse Widlund

## **Delprojekt: Användning av elektrisk energi**

Elkraftteknik är den teknik som producerar elektricitet och överför den över långa avstånd till elkonsumenter. Denna teknik har blivit ryggraden i det moderna samhället och kommer att spela en mycket stor roll i det fortsatta arbetet för en hållbar miljö. Enligt ordförande i KVA:s energiutskott kommer elektricitet mer och mer att ersätta flytande energibärare och att elproduktionen i världen mer än fördubblas till 2050 – från dagens 20 000 TWh per år till 45 000 TWh [1].

Under 2007 svarade hushållen och offentlig service samt handel för 22% respektive 28% av förbrukningen av elektrisk energi i Sverige [2]. En majoritet av förbrukningen inom dessa sektorer sker inom fastigheter för t.ex. uppvärmning, ventilation, elektrisk utrustning och belysning. Som en följd av debatten i samhället kring klimatförändringarna är det för tillfället starkt fokus på ”energibesparing” och inte minst då i hushållen och inom handel och offentlig service.

Att spara energi kan i vissa fall innebära att använda andra former av energi där verkningsgraden i hela kedjan från ”råvara” till slutlig tjänst är högre. T.ex. kan det i vissa fall vara förnuftigare att använda el som drivmedel i stället för diesel. Ett annat sätt att spara är att använda utrustning som ger lägre förluster eller som kan göra energiutnyttjande flexibla. Energi i elektrisk form är väldigt lämpligt ur alla dessa perspektiv, och i framtiden kommer vi sannolikt att använda elektrisk energi i fler tillämpningar än i dag.

I detta dokument presenteras några olika tillämpningsområden för att använda elektrisk energi på ett kostnadseffektivare och flexibla vis.

### **Referenser:**

- [1] El är framtidens energibärare  
[http://www.nyteknik.se/nyheter/energi\\_miljo/energi/article659572.ece](http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article659572.ece)
- [2] Tillförsel och användning av el  
[http://www.scb.se/templates/tableOrChart\\_24270.asp](http://www.scb.se/templates/tableOrChart_24270.asp)

## **Delprojekt C1**

### **Solcellspaneler på hustak**

Det finns ett ökande intresse för att installera solceller i byggnader, antingen på taket eller som en del av fasaden. Idag görs detta främst av miljöskäl och för att ge fastighetsägaren god pr, eftersom el från solceller än så länge är betydligt dyrare än den övriga svenska elproduktionen. I framtiden kan det dock tänkas att priserna på solcellspaneler faller, samtidigt som elpriserna kan komma att öka och då kan solceller innebära att byggnadens elkostnader minskar. Detta delprojekt av kandidatexamensarbete handlar om att studera både ekonomiska och tekniska konsekvenser av att installera solcellspaneler på en byggnad.

Följande frågeställningar behöver studeras:

- Hur mycket energi får man per år från en solcellspanel?
- Hur stor andel av den årliga energin kan förbrukas inom byggnaden och hur mycket måste säljas till elnätet?
- Under vilka förutsättningar är det lönsamt att installera solceller i en byggnad? Hur mycket påverkas lönsamheten om priserna på solcellspaneler minskar och/eller elpriserna ökar?

**Ansvarig avdelning:** Elektriska Energisystem

**Kontaktperson:** Mikael Amelin, [mikael.amelin@eps.ee.kth.se](mailto:mikael.amelin@eps.ee.kth.se)

## Delprojekt C2

### Hemautomation – sparar man så kostar det!

Våra hem blir alltmer uppkopplade. Det senaste steget är att samtliga elmätare i hemmen från och med sommaren 2009 fjärravläses automatiskt från det lokala elnätbolaget. Införandet av dessa så kallade AMR system motiveras delvis av att elkonsumenterna skall bli mer medvetna om sin elkonsumention, och därigenom spara mer energi. Varje ingenjör inser, att för att uppnå denna effekt måste hemmen moderniseras och automatiseras, så att elförbrukningen inom hemmet kan mätas och styras i högre grad. Införandet av sådan hemautomation kostar trots lägre priser på teknik trots det mycket i form av ombyggnad av fastigheter och underhåll av systemen när de väl är på plats. Kanske kan dock automationsinvesteringen motiveras av de minskade energikostnader, samt indirekta vinster i form av minskad klimatpåverkan? För att säkerställa att automationssystemet byggs utifrån affärsmässigt relevanta skäl måste arbetet inledas med en förstudie där kostnader och nyttor med systemet studeras. Därefter måste systemutvecklingen baseras på relevanta funktionella krav – dvs. vad ska systemet göra? Till det kommer icke-funktionella krav – dvs. hur snabbt, säkert och tillförlitligt ska systemet vara? Givet dessa krav skall systemets arkitektur i form av ingående komponenter (datorer, kommunikationsnät, sensorer och styrdon) sedan designas, för att därefter utvecklas, funktionsprovas, driftsättas och framförallt underhållas under en lång tid.

Följande frågeställningar behöver studeras:

- Kostnads/nytta kalkyler för införande av automation för olika typer av tillämpningar.
- Utarbetande av kravspecifikation för ett hemautomationssystem med fokus på energibesparing.
- Design och dimensionering av strömförsörjning samt styrning och mätning av samtliga förbrukare i fastigheten.
- Dimensionering av kostnadseffektiv kommunikationslösning, val av systemarkitektur, kommunikationsmedia och överföringsprotokoll med hänsyn taget till användarkrav.
- Design och utveckling av lämplig styrning för energioptimering för olika årstider, tider på dygnet och förbrukningsmönster.
- Design och utveckling av användargränssnitt för automationssystemet.
- Design och utveckling av system för uppföljning av förbrukning och kostnader.

Uppgiften löses lämpligen genom att en fastighetstyp studeras utifrån hela bredden av frågor. Allt i från kostnads/nytta kalkyler till design och implementation av automationssystemet i fastigheten.

**Ansvarig avdelning:** Industriella Informations & Styrssystem

**Kontaktperson:** Lars Nordström, [lars.nordstrom@ee.kth.se](mailto:lars.nordstrom@ee.kth.se)

## Delprojekt C3

### Varför AC när det finns DC? - Ja det kan inte jag förstå!

Elektrisk energi genereras och överförs i form av växelström (AC) – det är ju allmänt känt. Likaså är det allmänt känt att en stor del av den utrustning i vilken elektrisk energi förbrukas arbetar med likström (DC). Det krävs då självklart likriktning av ström och spänning för att utrustningen skall fungera i ett AC-nät, ett exempel här är all hemelektronik med tillhörande transformatorer och spänningsaggregat. Till detta kommer den utrustning som idag drivs med växelström – t.ex. belysning och mindre drivsystem, som skulle kunna fungera lika väl om de försörjdes med likström. Det vore alltså, utifrån förbrukareperspektivet, fullt möjligt att ha ett likströmsnät.

Dessutom orsakar omvandling av AC till DC till ett flertal olika spänningsnivåer i varje enskild utrustning onödigt mycket förluster i form av värme. Om utrustningen för omvandling istället placerades centralt på en plats i en fastighet och ett DC-nät användes i fastigheten, så kunde värmeförlusterna minskas. Kanske kunde dessa till och med utnyttjas som del i uppvärmningen av fastigheten! Kostnaderna och nyttorna för att införa DC-nät skiljer sig självklart för olika tillämpningar, t.ex. kan olika fastighetstyper (enfamiljshus, flerfamiljshus, kontor, köpcentra, datahallar,...)

Följande frågeställningar behöver studeras:

- Vilka typer av utrustning finns som i dag drivs av DC, och hur stor andel av förbrukningen svarar dessa för i olika fastighetstyper?
- Vilka typer av utrustning finns som skulle kunna drivas av DC, och hur stor andel av förbrukningen svarar dessa för i olika fastighetstyper?
- Stockholm hade ett DC-nät vid 1960, hur såg det ut?
- Hur realiserar man lämpligen en strömbrytare?
- Dimensionering av ett DC-nät i olika typer av fastigheter.
- Kostnad-nytta kalkyler för införande av DC för olika typer av tillämpningar?
- Hur ser det ut med personsäkerheten i ett DC-nät? Vilka strömstyrkor är aktuella och vilka principer för säkring och anslutning skall gälla?

Uppgiften löses lämpligen genom att en(eller flera) fastighetstyper studeras utifrån hela bredden av frågor. Allt i från kostnads/nytta kalkyler till dimensionering av nätet i fastigheten ska göras med hänsyn taget till typer av förbrukare, personsäkerhet och maximalt utnyttjande av energi!

**Ansvarig avdelning:** Elektriska Maskiner & Effektelektronik

**Kontaktperson:** Hans-Peter Nee, [hansi@ee.kth.se](mailto:hansi@ee.kth.se)

## Delprojekt C4

### Miljövänligare system med elmaskiner

65% av elektricitet som används av industrin runt i världen förbrukas av roterande elektriska maskiner. I många system används också en elmaskin för att omvandla rörelse till elektricitet. Därför kan rätt val av elmaskin för varje applikation betyda mycket för elförbrukningen på en mer global nivå.

Elmaskiner har funnits sedan Faraday upptäckte att han kunde använda elektricitet för att få en roterande rörelse i 1821. Hans upptäckt ledde till DC-maskiner. Tesla tog fram asynkronmotorn i 1888. Den typen av motorn används idag i majoritet i industrin. Elmaskiner har förbättrats kontinuerligt sedan de tillkom. Med en livstid från några år (hushållsapparater) till några tiotal år (stora vattenkraft eller vindkraftgeneratorer), finns det stort utrymme för reduktion av elförbrukning i elmaskiner med state-of-the-art teknologi.

I detta delprojekt ska vi studera alla elmaskiner som finns i en tilltänkt byggnad. Följande frågeställningar behöver studeras:

- Vad finns för elmaskiner i byggnaden? Vilka hjälpsystem finns med (växellåda, kraftelektronik, reglering, etc...)?
- Vad är elförbrukningen av alla dessa system både i absolut värde och i % av elförbrukningen i byggnaden?
- Vad är den installerade effekten för varje applikation? Vilken typ av elmaskin används? Vad är verkningsgraden?

Från en rankinglista av de största elförbrukare, ska man försöka uppskatta den möjliga reduktionen av elförbrukning genom att studera följande alternativ:

- Kan man ersätta elmaskinen med en annan produkt av samma teknologi på marknaden med förbättrade prestanda?
- Kan man ersätta elmaskinen med en annan teknologi t.ex. permanentmagnetiserade maskin?
- Kan man förbättra systemet (introducera varvtalsreglering, ta bort växellåda, etc...)?

Kostnaden av investering i den nya utrustningen ska tas fram för att kunna bedöma ”return-on-investment” tid.

Framtagning av prestanda för motorer på den nuvarande marknaden stöds av EKC2 företag. Byggnaden eller byggnader som ska studeras ingår i Scania produktions anläggning vid Södertälje. Studien genomförs i ett samarbete med DynaMate som sköter fastighetsunderhåll för Scania. En del av arbetet ska göras i Södertälje på företaget. Projektet ska bygga vidare på resultat och erfarenhet från det 2010-projektet<sup>1</sup>.

**Ansvarig avdelning:** Elektriska Maskiner & Effektelektronik

**Kontaktperson:** Juliette Soulard, [soulard@kth.se](mailto:soulard@kth.se)

---

<sup>1</sup> H. Hollander, H. Sivard, ”Miljövänligare system med elmaskiner”, EJ111X kandidatexamensrapport, 2010, KTH.

## Delprojekt C5

### Lågenergilampor

Att använda elektrisk energi för att skapa ljus var en av de allra första tillämpningarna av elektriciteten. Fortfarande står belysning för en ansevärd del av den elektriska energiförbrukningen i vanliga hushåll, ca 20-25% enligt [Bennich, energimyndigheten]. En uppsjö av olika elektriska ljuskällor finns till hands i form av glödlampor, lysrör, halogenlampor, natriumlampor, lysdioder, lågenergilampor etc. Alla har de sina specifika användningsområden som motiverar dess existens. En av de senast tillkomna ljuskällorna är så kallade lågenergilampor. I lågenergilampor är ljusutbytet per inmatad aktiv effekt mycket högt - de bästa uppvisar 60 lumen per watt. En nackdel med lågenergilampor är att de även drar en viss mängd reaktiv effekt. Denna effektsdel som inte kan nyttjas för omvandling till annan energiform (ljus, värme, kinetisk energi (är det så?)) behöver vi heller inte betala för. Fast den reaktiva effekten som dras kan orsaka förluster i matande nät och ställa till andra oönskade konsekvenser i nätet. I detta delprojekt ska vi titta närmare på vad som händer om man bytte alla glödlampor mot lågenergilampor.

Följande frågeställningar behöver studeras:

- Förklara hur en lågenergilampa fungerar, genom att göra en modell som beskriver sambandet mellan ström och spänning på ett korrekt sätt. (Kommer det att bli övertoner?)
- Gör en modell som beskriver ljusflödet som funktion av tiden under de första minuterna. Obs! Det kan ta flera minuter innan maximalt ljusflöde uppnås.
- Gör mätningar för att verifiera modellerna.
- Varför fungerar lågenergilampor så dåligt vid lägre temperaturer. (Kan vi göra en modell som förklarar detta?)
- Varför måste den reaktiva effektkomponenten vara så hög? Kan den minskas på något sätt redan i lampdesignen?
- Finns det olika principer bakom lågenergilampor? Vad är skillnaden mellan lågenergilampor och lysrör?
- Antag att samtliga hushåll i en mindre svensk stad (Sandviken) bestämmer sig för att byta från glödlampor till lågenergilampor.
  - Vad får det för konsekvenser för nätägaren?
  - Kan man på ett enkelt sätt kompensera för den reaktiva effekten?
  - Var ska man sätta in kompenseringen?
  - Var är det optimalast att sätta in kompenseringen?
- Hushållen kommer i första skedet att tjäna på bytet genom minskade elkostnader. Totalkostnaden måste dock beakta att lamporna är dyrare i inköp men å andra sidan har en längre livslängd. Den minskade värmen kommer också kräva mer annan energi för uppvärmning etc.
  - Hur mycket kommer eldistributionsföretaget att förlora? Kan distributionsföretaget kompensera bort den reaktiva effekten och flytta problemet till överliggande nät?

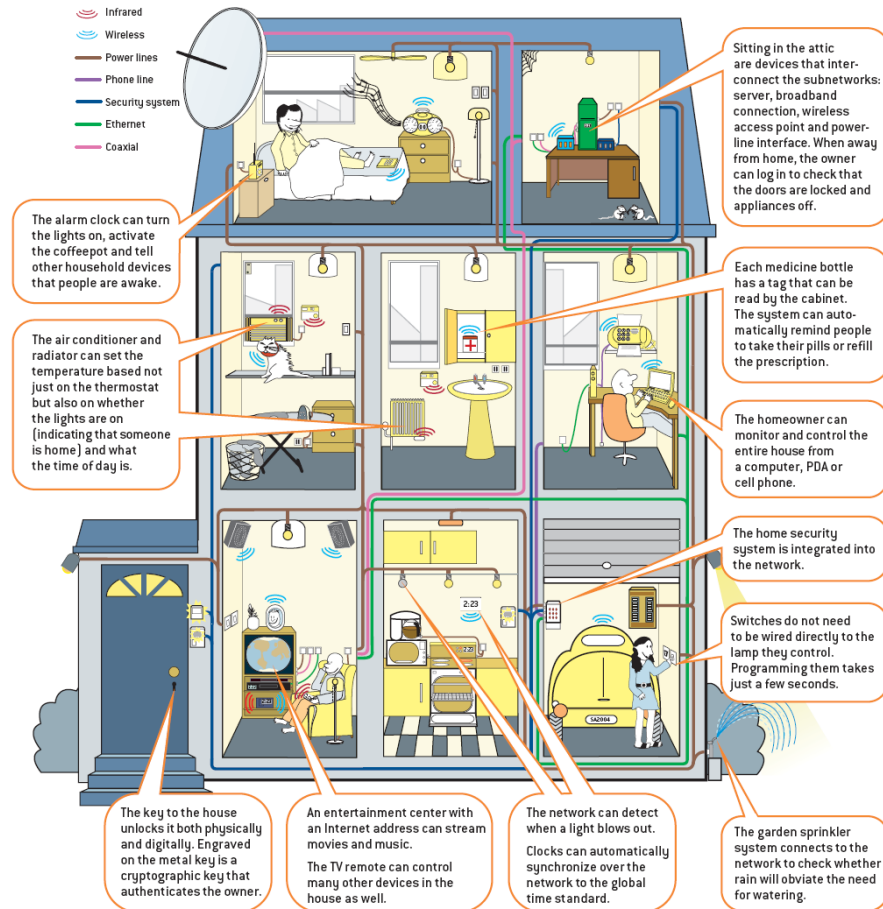
**Ansvarig avdelning:** Elektroteknisk Konstruktion och Design

**Kontaktperson:** Hans Edin, [hans.edin@ee.kth.se](mailto:hans.edin@ee.kth.se)



## The Smart Building

Our homes and buildings are today rich of many electronic appliances, such as computers, TV sets, thermostats, heaters and switches. Current way to build these appliances is to put them independently, after the building has been created. However, buildings can be equipped with an agile networked control infrastructure that make it possible the automatic or semi-automatic control of, for example, heating, lighting, climate doors and windows, healthcare, house plant watering, pet feeding, domestic robots, security and surveillance.



www.scientificamerican.com

By a networked control infrastructure, the smart building can sense the presence of people in the rooms, or recognize the needs of them, and adapt the heating, cooling, and lighting systems automatically. When people are not in the building, or during the nights, many appliances can be automatically turned off to save electricity, thus reducing the global warming. A networked control system can be used to secure the access to the building and prevent burglaries.

The subprojects offered in this course will address some fundamental topics for the design of smart homes and buildings. In particular, wireless networked control systems, health care security and surveillance systems, robotics, and building automation systems will be investigated.

## **Subproject 1: Wireless Networked Control Systems**

Wireless sensor and actuator networks are networks composed of small devices that can be easily embedded in the walls, doors, and electronic appliances in the house. These networks allow for control, actuation, and communication. For example, controlling monitoring physical variables such as temperature, humidity and light intensity, is a typical task performed by sensor networks. These networks are characterized by the lack of cabling and small batteries, which makes easy and relatively inexpensive the deployment in the buildings. Lights, switches and electronic appliances could be provided with these small sensing units that would allow a central controller of the house to control them automatically or by an interaction with the house owner.

Networked control system suffers from delay and packet losses. When a physical process or a plant is regulated by a controller that is far away and is connected by a wireless networks, the state information may reach the controller with some delays and there may be loss of information or low bandwidth due to interference with other systems. Some controllers can tolerate a certain degree of packet delays and losses introduced by the network, and other controllers need real-time communications, where the delay between the process and the controller is quite limited. Moreover, the sensor devices may be battery powered, which means that they must operate efficiently and transmit information only when there is the need of control actions.

The aim of this subproject is to study wireless networked control systems where sensors and actuator networks are deployed in the smart home. In particular, the following topics will be considered:

- Study the existing protocols for networked control systems, such as ISA100, Zigbee, WirelessHart and ROLL, and try to argue whether there is the need of new protocols for control applications.
- Which sensor network technology use for which control application?
- In collaboration with subprojects 2 and 3, identify which control applications can benefit from a wireless network.
- Some electronic devices need to be controlled less often than others or send more information than others. Identify the data rate to control the sensor/actuator applications you have listed above.
- Suppose that the protocol dynamics follow a linear model. Study an optimization-based control method to adapt the protocol parameters.
- Implement a simple sensor network with a controller running on computer connected to a node and a process running on a computer which is connected to another node. Investigate the effects of packet losses on the control performance.
- How to connect the wireless sensor and actuator network to internet and cellular networks (UMTS, LTE)?
- Propose a new control application of sensor networks for smart homes and discuss its potential impact in the society.

## Subproject 2: Building Automation

Buildings are usually outfitted during the construction phase, since it is easy to access the walls, outlets, and storage rooms. However, as new technologies are available and old ones quickly become obsolete, it is better to furnish the house with wireless communication systems, which offer the flexibility of rapid changes and introduction of new electronic components, such as new switches, lights, and stereo sets. A wireless system allows these electronic appliances to communicate via radio or infrared signals to a central controller.

Currently, there are many ad-hoc heterogeneous wireless control systems that are available for building automation. For example, the remote control of the TV or of the curtains is produced by different companies and used different control technologies. These systems are quite efficient but, being designed for specific purposes, are more expensive and lack of a more general and flexible application. If we would like to control a washing machine remotely, or a robot that is able to clean the house, it is in general difficult or expensive. It may be more convenient to control the home appliances over a unique network.

The aim of this subproject is to investigate the characteristics of home automation. Specifically, the following items should be addressed:

- Study the theory of PID controllers and how they can be used to control the temperature of a house.
- Implement on a simple test-bed the controller studied above, when the temperature sensor is remotely located with respect to the controller.
- How robots can be integrated, monitored, and controlled in a home automation system.
- In collaboration with subproject 1, pick an existing network protocol for home automation and describe it in detail.
- Discuss how to reduce the electrical power consumption by a home automation system.
- Identify the most important home applications for which doing an electrical power control.
- Investigate the frequency with which one has to sample the process of physical phenomena of the applications described above so that control actions can be made.
- Propose a new home automation application and discuss its potential impact in the society.

### **Subproject 3: Automatic Health-Care System**

Physical activity such as running, breathing, and heart rate can be monitored by small sensors attached to the human body. These sensors can be connected to the home network and to the internet so that health conditions and accidents such as falls can be quickly recognized by a monitoring center. The sport training could be performed at home and being monitored by an expert connected remotely so to achieve the maximum efficiency. The safety at home can thus be increased considerably.

Several networked control systems, such as motion sensors or camera systems, support home health care. Motion sensors can be placed in strategic positions in the house to detect movements. Body sensors can tell if we are maintaining a correct posture when we do the homework sitting at a desk, or when we watch TV. It is challenging to design automatic controllers for health-care systems. How to recognize that a sudden change of a position is an accident rather than a rush? How to make it possible that the posture is correctly monitored and maintained? Moreover, these systems may be vulnerable to cyber attacks. In particular, if a hacker is able to connect to the home network, then he could disable the control functionalities.

The aim of this subproject is to study a health-care control system for the smart home. In particular, the following issues should be considered:

- In collaboration with subproject 1, present and discuss a list of sensors and actuators that can be used to health care.
- Study the theory of hybrid control systems and propose a simple hybrid system model of the detection of the fall of a body as a result of an accident, and a control alert is notified.
- Implement a simple healthcare monitoring sensor network on an experimental hardware platform.
- Some of the sensors need to send periodic information to a central controller. Other sensors need to send event-trigger information. Discuss which sensors falls in the first category, and which one falls in the second.
- Study the sampling frequency needed for sensors used for motion detection, camera, and fire alarms.
- Propose how to install a system of sensors to monitor the health at home.
- Some of the sensors may give misdetection of events. Study the trade-off between installation cost and these misdetection events.
- The use of sensors for healthcare raises questions of security with respect to privacy. Discuss about these issues.
- Propose a new control application of sensor networks for health-care and discuss its potential impact in the society.

#### **Subproject 4: Cooperative Networked Control of Autonomous Ground Vehicles**

Autonomous robots are useful assets when deploying missions in hazardous environments that are unreachable or dangerous for people. For instance, recent applications for autonomous robotics include search and rescue, surveillance, and recon missions, among others. Additionally, the use of external information from the environment improves the knowledge of the robots, which in turn translates into a better performance.

Looking at the specific scenarios of indoor-environment surveillance and save and rescue missions, one of the targets of the autonomous robots is to gather information about the status of the building and people inside of it. To this end, the robots need to navigate through a possibly unknown environment where people may interact with them. Thus the use of an existing camera system inside the building can be very valuable to help coordinating the robots and complete the mission.

In this subproject, the aim is to study how to coordinate a team of Autonomous Ground Vehicles (AGV) based on on-board cameras, odometers, accelerometers, and external global position information.

The following items should be addressed:

- Study the characteristics of available sensors on a two wheels AGV, how they can be used to control the robot and possible problems associated with specific sensors;
- Study the details of closed-loop control of an AGV with two wheels;
- Study how to perform trajectory planning of an AGV;
- Investigate the benefits of using AGVs for building monitoring and security;
- In collaboration with subproject 6, propose a method to fuse the data from the on-board sensors and vision-based inputs from the WSN cameras;
- Provide a simple implementation of the control and trajectory planning tools devised;
- In collaboration with subproject 6, integrate the proposed solution with a WSN camera system for a common mission, as, e.g., search and rescued, tracking of an object, etc.
- Propose a new application of AGVs for smart homes and discuss its potential impact in the society.

## **Subproject 5: Cooperative Networked Control of Unmanned Air Vehicles**

The use of autonomous robots for real life missions is increasing and becoming essential in many everyday situations. Robots allow performing search and rescue missions, surveillance and security monitoring of buildings and homes. Especially, the use of Unmanned Air Vehicles (UAVs) is becoming popular due to their flexibility to fly and to sense several physical quantities. On board sensors include cameras, temperature and humidity sensors. Small UAVs are tactical tool for building surveillance and security.

Small UAV are supposed to navigate through environments with potential moving obstacles. There may be an interaction with people. To help such a complex navigation, the use of an existing camera system deployed inside the building can be quite valuable to help coordinating the UAVs and complete missions.

In this subproject, the aim is to coordinate a team of Unmanned Air Vehicles (UAV) based on on-board cameras, accelerometers, and external global position information.

The following items should be addressed:

- Investigate the benefits of using quadrotors UAV for building monitoring and security
- Study the characteristics of the available sensors in a quadrotor UAV, how they can be used for control of the aircraft, and possible problems associated with each specific type of sensor;
- Study how to control a quadrotor UAV;
- Study how to perform trajectory planning of one quadrotors UAVs;
- How can automatic control of the quadrotor UAV be made when using the on-board vision cameras and accelerometers;
- In collaboration with subproject 4, propose a method to fuse the data from the on-board cameras and accelerometers and vision-based inputs from the WSN cameras;
- Propose a simple implementation of the control and trajectory planning tools devised;
- In collaboration with subproject 4, suggest how to integrate the proposed solution with AGVs and the WSN camera system for a common mission, as, e.g., search and rescued, tracking of an object.
- Propose a new application of UAVs for smart homes and discuss its potential impact in the society.

## **Subproject 6: Movement Detection and Tracking using Wireless Camera Networks**

Accurate estimation of the position of network nodes is essential for many applications, including robot and appliance localization in smart buildings. Accurate position information is crucial for emergency personnel and first responders. While being relatively low-cost and easy to deploy, the commonly used global navigation satellite systems (GNSSs) provide us with an accuracy of about 5 to 10m, which in indoor or electromagnetically challenged environments is not of a sufficient accuracy.

In the scenarios described above, several alternative methods and technologies have been proposed. Cameras deployed in the building can be effectively used to track the movement of objects. However, affordable cameras may give low resolutions. When nodes are mobile and their mobility pattern is unknown, it is challenging to track accurately the movement. To improve the performance of a tracking system in terms of reliability of the estimates, accuracy, and availability, it is appealing to integrate information obtained from a number of camera sensors by means of fusion techniques.

The aim of this subproject is to deploy and use a wireless camera system to detect and track moving objects in indoor-environments, thus providing position information to the nodes of the smart building.

The following items should be considered:

- Study how to perform image processing in low power wireless sensor network (WSN) camera system;
- Study how to detect fixed objects using vision information;
- Study the differences between 2D and 3D localization. In particular, characterize how many cameras are needed to perform 2D and 3D localization. Compare the results you find with human vision;
- Different localization information may be obtained from multiple cameras. Analyze how the different localizations can be fused together. Propose a method to perform 3D localization of fixed objects using multiple cameras;
- Besides the information obtained from the camera, a model or description of the movement can be used to refine the localization and tracking. Discuss examples where this is evident;
- In collaboration with subproject 1 and 4, propose a method to fuse the WSN camera data with the on-board sensor data from the AGV;
- Propose a new application of wireless camera networks for smart homes and discuss its potential impact in the society.

*Kandidatexjobb i Elektro- och systemteknik, 2011*

*Elektrofysik*

# Projekt Sondraketestexperiment



Rymd- och plasmafysik



## Introduktion

Sondraketer används i rymd- och atmosfärsforskning för att på plats studera olika fenomen samt mäta parametrar av intresse. Till skillnad från satelliter når inte sondraketer inte en omloppsbanan utan faller ner på marken efter en relativt kort flygning. Trots den korta flygtiden, finns det fördelar med sondraketestexperiment jämfört med satelliter. Dels kan sondraketer utföra mätningar på höjder där stabila satellitbanor inte är möjliga (under 200 km). Dels kan uppskjutningens tidpunkt väljas så att raketerna flyger när fenomenen i fråga är på gång (t.ex. norrsken). Inte minst är projektlängden kortare och kostnaden mycket lägre än för satelliter, som möjliggör snabba tester av ny teknik mm.

Svenska Rymdstyrelsen och dess tyska motsvarighet DLR anordnar ett program (REXUS – Rocket Experiments for University Students, se [www.rexus-bexus.net](http://www.rexus-bexus.net)) i samarbete med europeiska rymdstyrelsen ESA som går ut på att studentgrupper ges en möjlighet att konstruera, framställa och genomföra experiment på en sondrakete som skjuts upp årligen från Esrange nära Kiruna. KTH har anmält ett projekt till programmet, som är just nu i slutskedet av urvalsprocessen och därmed finns det chans att det kommer att genomföras skarpt med uppskjutningen i februari 2012. Experimentet går ut på att mäta atmosfärstemperatur med hjälp av noggranna mätningar av fallhastighet hos mindre mätsonder som kastas ut från raketerna, samt samla aerosolpartiklar under sondernas nedfärd.

Under våren kommer experimentet konstrueras, och delsystemlösningar tas fram, dess utvärderas sedan Rymdbolagets, DLRs och ESAs experter. Ett studentteam från olika program på KTH arbetar med projektet nu, och det finns ett fåtal platser kvar att arbeta med elektriska system för experimentet inom ramen för kandidatexamensarbete på Elektroteknik. (Projektet har tidigare under hösten annonserats och en del platser är tillsatta).

## **Delprojekt E1**

### **Strömförsörjning för raketexperimentet**

**Handledare: Nickolay Ivchenko, SPP**

Mätsonderna samlar data under nedfärden som lagras i ombordsminne. Efter landningen skickar sonderna sin position genom en trådlös länk samt via satellitmodem. Under tester på marken samt innan sonderna kastas ut från raketen kommer de strömsättas från en extern strömkälla för att spara på batterikraften.

Strömförsörjningssystem på varje sond måste dimensioneras utifrån behov av olika delar av experimentet, i avseende spänningar och strömmar som krävs, samt hög effektivitetsgrad.

I delprojekt E1 ingår framtagning av en konstruktion av strömförsörjningssystem för experimentet utifrån behov av mätsystem och lokaliseringssystem, samt omfattande utvärdering av lösningen. Detta innebär framtagning av schemat, kretskortslayout, lödning och elektriska tester av systemet i sin helhet.

## **Delprojekt E2-3**

### **GPS experimentet**

**Handledare: Nickolay Ivchenko, Torbjörn Sundberg, SPP**

En central del i projektet är GPS experimentet, som går ut på att noggrant bestämma fallhastigheten hos sönerna. Detta för att utifrån dragkraften kunna bestämma atmosfärstäthet och temperatur över hela banan från apogeum på ca 100 km nedåt.

Globala navigationssystem, såsom GPS, GLONASS och Galileo, bygger på signaler från ett antal satelliter för att noggrant bestämma avståndet till dem. Från detta kan positionen räknas fram genom triangulering. Det hela kräver att satellitsignal tas emot med en antenn, förstärks och avkodas (korreleras med känd kod för att få fram tidsinformationen som den innehåller). I vanliga GPS mottagare görs hela processen i en modul, och användare får färdiga uppgifter om positionen.

Signalen före avkodning innehåller mer information (t. ex. Dopplerförskjutning av bärfrekvensen från satelliter) som kan fås fram genom mer eller mindre avancerade analysmetoder på insamlade råsignalen. Detta är tanken bakom GPS experimentet: att samla in råsignal i sönernas minne för senare analys (efter att de upphittas på marken).

Delprojekten går på att ta fram hårdvara och mjukvara för denna lösning. En GPS mottagare (MAX2769) kommer att användas för att digitalisera signalen från en antenn med en samplingsfrekvens på några MHz. Digitala signalen kommer sedan analyseras i Matlab, för att avkoda signalen och få fram en navigationslösning samt Dopplerförskjutningen för olika satelliter.

Då det finns ett antal parametrar som ska väljas i hårdvara: olika antenner, filtrar samt uppsättning av mottagaren vad gäller samplingsfrekvensen mm, måste dessa utvärderas för att få bästa prestanda. Schemat och kretskortlayout kommer att tas fram, lödas och testas. Det finns det utrymme för två kandidatprojekt här.

## **Delprojekt 4**

### **Datainsamling och kommunikationssystem för sondraketestexperimentet**

**Handledare: Nickolay Ivchenko, SPP**

Varje mätsond ska ha ett pålitligt system för insamling av mätdata. Under tester samt då sondaerna är inmonterade i raketerna ska det gå att få information om sondaernas tillstånd och kommunicera med dem.

För detta ska en lösning för datainsamling och kommunikation tas fram, samt mjukvara för att lätt visualisera inkommande data, både i realtid samt efter minnesutläsning. Data kommer att samlas in från ett antal sensorer om acceleration, rotationshastighet, temperatur, spänningar och strömmar inom sonden mm. Dessa data sparas i ett Flash minne för senare utläsning. En del av data skickas i realtid genom serieporten (då sonden är kopplat till raketerna eller under tester).

Systemet kommer att bygga på tidigare lösningar för diverse experiment som gjordes vid vår avdelning. Dessa bygger på FPGA som central styrelement. FPGA funktionen beskrivs i hårdvarubeskrivningsspråk VHDL. Delprojektet går ut på att ta fram konceptet av systemet, hårdvara och mjukvara för insamling av data, samt mjukvara för visualisering och analys av insamlade data.