

Slutrapport

Medicinsk IoT: En fallstudie kring tekniska, kliniska och regulativa krav på IoT i akut- och intensivvården

Carl-Oscar Jonson, Katastrofmedicinskt centrum (KMC), Region Östergötland
Magnus Bång, SICS East Swedish ICT AB, Institutionen för datavetenskap (IDA), Linköpings universitet
J Jacob Wikner, Institutionen för systemteknik (ISY), Linköpings universitet

Sammanfattning

Internet of Things (IoT) har stor potential att stödja beslutsfattande samt förbättra arbetsflöden i sjukvården. De medicinska kraven är dock stora på teknik och användbarhet för att inte riskera patientsäkerhet och sekretess. Vidare måste IoT-lösningar skapa reella värden för patient (dvs komfort) och klinik (dvs utfall och ekonomi) vid olika kliniska tillämpningar.

I denna rapport beskrivs kliniska behov och tekniska möjligheter/krav på IoT i akutsjukvården. Målet har varit att generera kunskap i nära samarbete med sjukvårdpersonal inom akutsjukvården vid Region Östergötland. I en arbetsplatsundersökning, workshops samt intervjuer med vårdgivare har ett antal behov framkommit. Huvudscenariot har varit hantering av trauma vid en allvarlig händelse där tekniken, utöver de rent medicinska aspekterna, även måste stödja patientidentifiering, triage och logistikaspekter under tidspress vid skadeplatsen.

Rapporten beskriver praktiska/medicinska behov på IoT i akutsjukvården samt tekniska krav. Rapporten innehåller en diskussion kring möjliga kommunikations- och sensorlösningar samt beskriver även en demonstrator som förkroppsligar krav som identifierats i denna studie.

Projektet har utöver denna rapport bidragit till fem akademiska publikationer samt två beviljade forskningsanslag från Myndigheten för samhällskydd och beredskap.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	2
2. Metoder	2
3. Resultat	3
3.1 IoT-Scenarion	3
Busskrach på länsväg.....	3
Två bilar i kollision.....	4
3.2 Intervjuer & Workshops.....	4
Strategier för omhändertagande	5
Triage och prioritering.....	5
Advanced Trauma Life Support.....	5
Multiple Early Warning System.....	6
4. Teknisk demonstratorutveckling.....	8
4.1 Demonstrator: Mjukvarudel	8
MODUS/EMS.....	8
4.2 Demonstrator: hårdvarudel	10
Central enhet för kommunikation med andra enheter	10
5. Akademiska resultat.....	12
Källor	13

1. Introduktion

Internet of Things (IoT), dvs sakernas internet, har en stor potential att förbättra arbetsprocesser i sjukvården. Detta ställer dock mycket höga krav på tekniken. Sensor- och kommunikationsteknik i sjukvården måste klara strikta krav på elektromagnetiska störningar (EMC) och vara säker avseende patientintegritet (Patientdatalag 2008:355, 4:1-6). Icke-invasiva biomedicinska sensorer bör vara självkonfigurerande, klara desinficering och inte smitta patienter. Engångssensorer som kasseras efter användning ska ha liten miljöpåverkan. Vid kommersialisering måste tekniken även certifieras enligt olika regulativa ramverk.

IoT måste även skapa mervärde för sjukvårdspersonalen genom att erbjuda effektiviserade arbetsprocesser och bättre ergonomi. Det är naturligtvis även mycket viktigt att tekniken ger reella fördelar för patienter i form av minskad morbiditet, ökad komfort och förbättrad patientsäkerhet. Det finns även en mängd relaterade tekniska frågor som har att göra med t.ex. energiförbrukning och standardisering av sensorer och radionätverk.

Forskning inom området är önskvärd då det finns relativt få stora bioteknikföretag i Sverige. Mellanstora bolag som Gambro, Elekta, och Getinge är undantagna. I sammanhanget kan även arbetet med standardiserade protokoll för kommunikation mellan sensorer nämnas, Telia Healthcare och Ericssons satsning på kroppskopplad kommunikation samt framsteg och praktiska tillämpningar inom IoT som skulle vara till gagn för deras satsningar.

I projektet har vi studerat generella frågor för IoT i sjukvården genom att skissera konkreta fallstudier. Målet var att generera kunskap - i nära samverkan med sjukvårdspersonal - och utveckla en IoT-demonstrator och biomedicinsk sensor specifikt för akut- och intensivvården behov.

2. Metoder

En etnografisk arbetsplatsundersökning genomfördes under två veckor enligt DiCoT-metoden (Blandford, Furniss 2006; Rybing et. al., 2015) vid Akutmottagningen på Universitetssjukhuset i Linköping (US). Utöver detta gjordes ett antal intervjuer med personal på Brännskadeavdelningen (BRIVA, US), Intensivvårdsavdelningen (IVA/US), Kirurgklinikerna på US och Sankt Görans Sjukhus samt intervjuer med personer arbetande inom ambulanssjukvården. Utöver detta arrangerades en workshop med personal på Akutmottagningen på US. Baserat på ovanstående information har scenarion samt ett demonstrationssystem skapats. Demonstrators syfte är att exemplifiera hur IoT kan förbättra arbetsprocesser och vård i en reell sjukvårdssituation.

Demonstratordelen bestod dels av en teknisk omvärdsanalys om hur IoT-lösningar skulle kunna användas inom sjukvården samt en beskrivning av en gateway-lösning för IoT-tillämpningar. Utöver detta beskrivs i rapporten MODUS/EMS som är ett prototypsystem för att hantera patienter och sensordata vid en skadeplats.

3. Resultat

3.1 IoT-Scenarion

Busskrach på länsväg

En länstrafikbuss har kört av vägen och ligger på sidan av en landsväg. Bussen har 10 passagerare och en chaufför. Sju av dessa är skadade, tre allvarligt. Chauffören och en passagerare till är två av de allvarligt skadade de är dessutom fastklämda. En av de oskadade passagerarna påbörjar enklare första hjälpen åtgärder och ringer SOS112 med sin smartphone.

SOS 112 larmar ut polis, räddningstjänst och ambulans och meddelar samtidigt landstingets Tjänsteman i Beredskap (TiB). Under framkörningen får räddningstjänst och ambulans uppgifter om bussen och de skadade. Detta har med SOS vägledning samlats in av inringaren och innehåller bilder samt av smartphonens sensorer uppskattade puls- och andningsfrekvenser på de tre mest allvarligt skadade. Räddningstjänsten anländer först till platsen och ställer upp en av sina bilar som skydd för arbetet på vägen. En första räddningsstyrka avdelas att inventera säkerhet i bussen och placera vitalparameter-sensorer på samtliga skadade. Polisen och ambulansen anländer och de tre samverkande myndigheternas ledningspersoner tar ett kort möte för att utarbeta en inriktning för insatsen. Det beslutas om en uppsamlingsplats för gående skadade och en för oskadade samt att fokus ligger på att inom 15 minuter stabiliserat och evakuerat de tre svårt skadade.

Räddningsstyrkan bedömer att bussen ligger stabilt och tar sig in i bussen. Där möts de av den oskadade som gett livräddande första hjälpen och visas till de tre allvarligast skadade. Två brandmän tar sig fram till dessa för att säkerställa korrekta första hjälpen-åtgärder utförts samt placera ut sensorer på de skadade. De andra två placerar sensorer på övriga inblandade i händelsen samt planerar evakueringsväg för de svårt skadade.

Vartefter de skadade märks upp med sensorer får Sjukvårdsledningen tillgång till vitalparametrar i realtid. Varje sensor och således, patient, har ett nummer och i väntan på att ambulanspersonalen ska få klartecken att det är säkert att gå in i bussen bekräftar de att de tre allvarligt skadade är triagefärg röd, samt tilldelar gul och grön status till de övriga.

Två nya ambulanser har nu kommit fram och den ena tilldelas arbetsplats inuti bussen och den andra på uppsamlingsplats samt uppgift att visuellt bekräfta triagen som utförts baserat på sensordata. Den allvarligt skadade som inte var fastklämd tas nu upp till uppsamlingsplats och sjukvårdsledaren meddelar ambulans nummer fyra som är på ingående att de när de är framme ska lasta patient ID07 utan dröjsmål. Ambulans fyra bekräftar uppgiften och får dessutom tillgång till patientens sensordata från första mättillfälle och framåt.

Sjukvårdsledaren har i dialog med TiB och Särskild sjukvårdsledning på regional nivå, som har tillgång till sensordata, beslutat att samtliga röda patienter ska skickas till det närmaste akutsjukhuset, medan gula och gröna fördelas mellan fler sjukhus i landstinget.

Medicinskt ansvarig och ambulanspersonalen som arbetar inuti bussen har beslutat att patient ID 08 är den av de fastklämda som är mest prioriterad och räddningstjänsten har därför koncentrerat sina resurser på att få loss den individen. Ambulans nummer fem får nu denna patient tilldelad och vet

att även om patienten fortfarande är kvar i bussen så ska de inte påbörja något annat arbete när de kommer fram utan stå redo av avtransportera.

Ambulans fyra har nu endast några minuter kvar till akutsjukhuset och har fått bekräftat att ett traumateam står redo för mottagande i traumarum 2. Sjukhuset har alltsedan de fick patienter preliminärt tilldelade till sig kunnat följa patientens tillstånd, behandlingar samt lokalisation. Traumaledaren har baserat på uppgifterna om de tre svårt skadade bedömt att sannolikheten för kirurgiskt behov är så stort att en planerad operation har skjutits upp och två operationsteam har förvarnats om att de kan komma att behövas om ca 45 minuter.

Från att bussen körde av vägen har det nu gått 60 minuter. Samtliga skadade är på sjukhus eller på väg till sjukhus, två av de allvarligt skadade opereras och den tredje behandlas och övervakas på en intensivvårdsavdelning.

Några dagar efter händelsen kommer sjukvård, räddningstjänst och polis att samlas för att med stöd av loggdata genererat bland annat från sensorer genomföra en så kallad after action review. Kunde någon del av arbetet utföras mer effektivt? Fanns det några särskilda framgångsfaktorer som gjorde att arbetet med att rädda de skadade skedde så effektivt? Resultatet från denna utvärdering inarbetas i organisationernas PM och övningsplaner för att kunna möta liknande händelser med bästa tänkbara utfall för de skadade.

Två bilar i kollision

Två bilar har krockat på en landsväg. I den ena bilen finns två passagerare, föraren är vid medvetande men klagar över nacksmärtor och förardörren är ihoptryckt. Passageraren bredvid är tillsynes oskadad. Den andra bilen har större skador och hjulet närmast föraren har trängt in i kupén och klämt fast förarens ben. Han har också slagit i huvudet i sidan av bilen och är medvetslös.

När räddningstjänsten anländer till skadeplatsen skapar de säkerhet runt bilarna samt placerar ut sensorer för att börja mäta vitalparametrar. Ambulansen som har dryga kilometern kvar diskuterar att de när de kommer fram delar upp sig så Sjukvårdsledaren börjar samverka med räddningstjänst och polis, medans medicinskt ansvarig ska titta in bilen med två passagerare i för att bekräfta sensorernas uppskattade triage och sedan fokusera sitt arbete i bilen med den svårast skadade fram tills att nästa ambulans anländer. Under tiden hon behandlar den medvetlösa kan hon i sitt hjälmvisir kontinuerligt se de andra skadades vitalparametrar och vet att hon blir varnad om deras tillstånd plötsligt förändras.

Några minuter senare anländer två ambulanser till och de tar nu över den vårdande funktionen. Tio minuter senare är samtliga skadade lastade i ambulanser och på väg mot sjukhus.

3.2 Intervjuer & Workshops

Nedan beskrivs praktikerkrav från prehospital personal, personal på akutmottagning samt kirurger vi intervjuat i projektet. Texten beskriver även strategier och metodik som används på skadeplatser och akutmottagningar i Sverige. Generellt visar intervjuerna att skulle vara värdefullt att - på akutmottagning samt på en större skadeplats/opsamlingsplats - kunna prioritera (triagera) och övervaka en mängd patienters med försämrade tillstånd. System och sensorer bör kunna anpassas till etablerad praktik för prioritering och medicinska patientscoringsystem (Bang, Danielsson,

Rybing, Jonson, 2016). Viktig anses även vara att inte ersätta den medicinska bedömningen med helautomatiserade system och processer (ibid.).

Strategier för omhändertagande

Vad gäller omhändertagandet på skadeplats finns två strategier; Stay and Play (S&P) och Scoop and Run (S&R). Den vetenskapliga konklusionen är att en strategi närmast S&R är mest framgångsrik med avseende på mortalitet, i alla fall i urbana miljöer där transporttiden till akutsjukhus är relativt kort (Smith & Conn, 2009). Under reella förhållanden kan en hybridansats bli aktuell, till exempel att avdela besättningen från de första tre ambulanserna till livräddande åtgärder på skadeplats medan samtliga efterkommande ambulanser endast stannar till för att lasta tilldelad högst prioriterade patient. I detta sammanhang brukar man prata om Golden Hour - tiden det tar från traumatillfället till att adekvat medicinsk vård erhålls på sjukhus. Rollen IoT kan ha i detta sammanhanget är att stödja övervakning, triage och dokumentation från tiden att räddningsaktörer kommer på plats och tills den skadade lastas i en ambulans. Andra tillfällen där förlängd tid på skadeplats med behov av övervakning kan bli aktuell är exempelvis vid trafikskadehändelser med fastklämda eller där en ambulansbesättning är ensam med skadade i två olika bilar.

Triage och prioritering

Vid händelser med flera svårt skadade och otillräckliga initiala resurser måste sjukvården prioritera sina åtgärder. Triage används då som en process för att sortera och prioritera patienter för att mest allvarliga och brådskande fall ska få transport eller behandling först. Prioriteringen bygger på en bedömning av den drabbades fysiologiska status vid ett visst tillfälle, s.k. fysiologisk prioritering. Processen ska återupprepas med jämna mellanrum för att bedöma effekten av behandlingar och justeras efter att exempelvis fler resurser anländer till skadeplatsen.

För att stödja detta arbete finns flera olika triagesystem, men det saknas evidens för vilket som är bäst. I Sverige har man inte antagit något nationellt system utan det kan variera mellan olika landsting, i de fall det finns något uttalat system. Gemensamt för samtliga är dock att de baserar sig på en kombinerad bedömning av Vitalparametrar (VP), framförallt puls, andningsfrekvens och medvetandenivå. IoT-lösningar bör stödja etablerad metodik och kommer sannolikt att påverka den då sensorer kan vara behjälpliga i bedömningen.

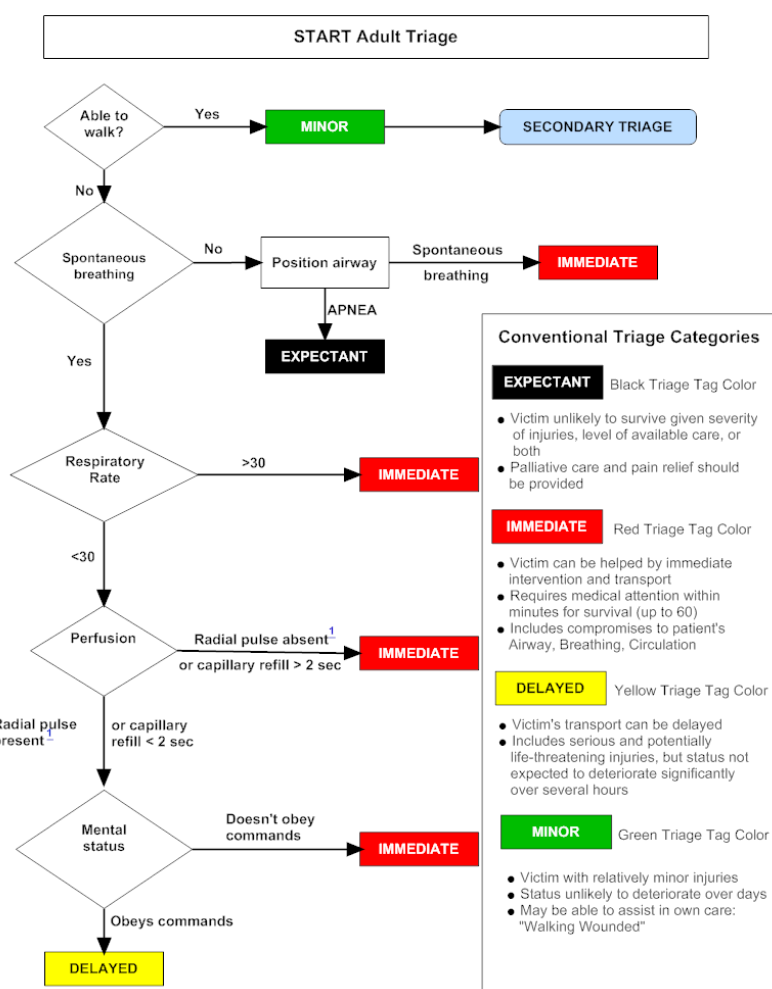
Advanced Trauma Life Support

Advanced Trauma Life Support (ATLS) samt Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) är världsomfattande program för vård av traumapatienter som består av både kurser och metodiker utvecklat av American College of Surgeons (ACS). En ansats som används för att bedöma och stabilisera patienter inom ATLS är ABCDE-metodiken. Metodiken beskriver ett antal steg för prehospital personal att utföra för att bedöma och stabilisera en traumapatient:

- A - Airway (Luftvägsbehandling)
- B - Breathing (Andning och ventilation)
- Circulation (Cirkulation och blödningskontroll)
- Disability (Funktionshinder / Neurologiska bedömning)
- Exposure (Exponering och miljökontroll)

Rapid Triage and Treatment System

På svenska akutmottagningar har triagesystemet Rapid Triage and Treatment System (RETTS) stor spridning (97%, 2010) (Farrokhine & Göransson 2011). Systemet som bygger på Manchester Triage System är en process-orienterad triage-skala med fysiologiska parametrar. Sjukdomssymtom/sökorsaker tillsammans med vitalparametrar (andningsfrekvens, saturation, puls, blodtryck, medvetandegrad och temperatur) genererar en triagefärg: Grön-Gul-Orange-Röd. Triagefärgen resultat översatt i maximal väntetid till att läkare bedömer patienter. I stora delar av landets ambulanssjukvård tillämpas även en prehospital version av RETTS för triagering. I sammanhanget bör även nämnas det sk START-systemet (Simple Triage And Rapid Treatment) som fått stor internationell spridning som enligt förespråkare bör tillämpas på händelser med flera allvarligt skadade. Systemet behöver dock kompletteras för barnpatienter. På senare år har SALT (Sort-Assess-Lifesaving interventions-Treatment/transport) samt det digitala varianter som Sacco Triage Model utmanat START (Cross & Cicero 2013). Figur 1 visar START-algoritmen.



Figur 1: Flödesdiagram på anpassad START-algoritm (<http://www.remm.nlm.gov/startadult.htm>)

Multiple Early Warning System

Multiple Early Warning System (MEWS) är ett etablerat instrument som används för att bedöma överlevnad (Stenhouse et al., 1999). MEWS använder sig av sex vitalparametrar för att beräkna ett sannolikhetsmått för överlevnad: (1) andningsfrekvens (2) hjärtfrekvens (3) systolisk blodtryck (4)

medvetenhetsnivå (5) temperatur samt (6) timurinmängd senaste två timmarna. MEWS baseras på antagandet att subtila förändringar i ett antal vitalparametrar har betydelse för överlevnad samt att stora förändringar inom en enda variabel har betydelse. Ett score på 5 eller högre har visat sig vara förknippat med en högre sannolikhet för antagning till en intensivvårdsavdelning eller död. Skalan är kalibrerad till olika befolkningsgrupper och ibland utvidgas till att omfatta ytterligare parametrar. Eftersom systemet kan användas för att identifiera patienter med deteriorerande tillstånd, kan det vara intressant för IoT-tillämpningar där man mäter vitalparametrar.

Det finns även andra vitalparametrar som kan vara av intresse att mäta icke-invasivt på en skadeplats, exempelvis saturation SpO₂ samt data som indikerar huvudtrauma (Michaeli, Rappaport 2002), förlorad blodmängd och inre blödning (ultraljudsundersökning in situ). Icke-invasiva sensorer som kan mäta blodtryck skulle underlätta bedömning av patienter där trycket varierar upp och ner. Generellt menade respondanterna att det är ytterst viktigt att mätmetoderna är tillförlitliga och validerade och att den trådlösa tekniken är robust.

En upplevd svag länk är överrapporteringen mellan ambulanssjukvårdare till sjukhusvård vid akutmottagning. Exempelvis är det värdefullt att veta exakt hur mycket vätska en patient fått. I dagsläget används minnesmnemoniken MIST (Mechanism, Injury, Symptom, Treatment) vid överrapportering. Teknikstöd kan här förbättra situationen genom att mäta vitalparametrar samt visa vilka läkemedel som getts patienten.

Merparten av alla patienter på en akutmottagning kommer själva eller med ambulans/sjuktransport. På Universitetssjukhuset i Linköping kommer endast 2% av dessa patienter från en skadeplats. Oftast får patienter stanna i väntrummet långa perioder och system för självtriagering och övervakning i väntrummet kan diskuteras. Här kan smarta IoT-lösningar bli viktiga. Ett sådant system kan baseras på självskattning av symptom i kombination med mätning av vitalparametrar.

Patienter som mår bra kan skickas hem efter besök på akutmottagning även om det kan kvarstå viss oro hos både patient och personal. I denna situation kan tryggheten för båda parter öka med medicinsk övervakning på distans. En risk med sådana möjligheter är att man skickar hem patienter tidigare än idag, vilket skulle motverka syftet. En övergripande idé är således att man kan flytta ut delar av akutens ansvarsområde till patientens hem; en princip att flytta diagnostik och behandling och i viss mån diagnosticering närmare den skadade eller sjuka.

Under workshopen på akutmottagningen framkom att det skulle kunna finnas vinster med sensorteknik som mäter vitalparametrar även i urbana miljöer under vanliga icke-akuta ambulanstransporter och vid vårdboenden. I detta scenario har vårdpersonalen med sig sensorer som sätts på patienten och läkare på akutmottagningen kan därmed ta beslut om vissa tillstånd akutnivå. Vid vissa fall skulle ambulanspersonalen kunna administrera en första behandling och patienten lämnas med en sensor för övervakning och ett planerat vårdcentralsbesök. Detta skulle innebära att vissa onödiga transporter till akutmottagningen undviks och patienten stannar hemma med telemedicinsk observation.

4. Teknisk demonstratorutveckling

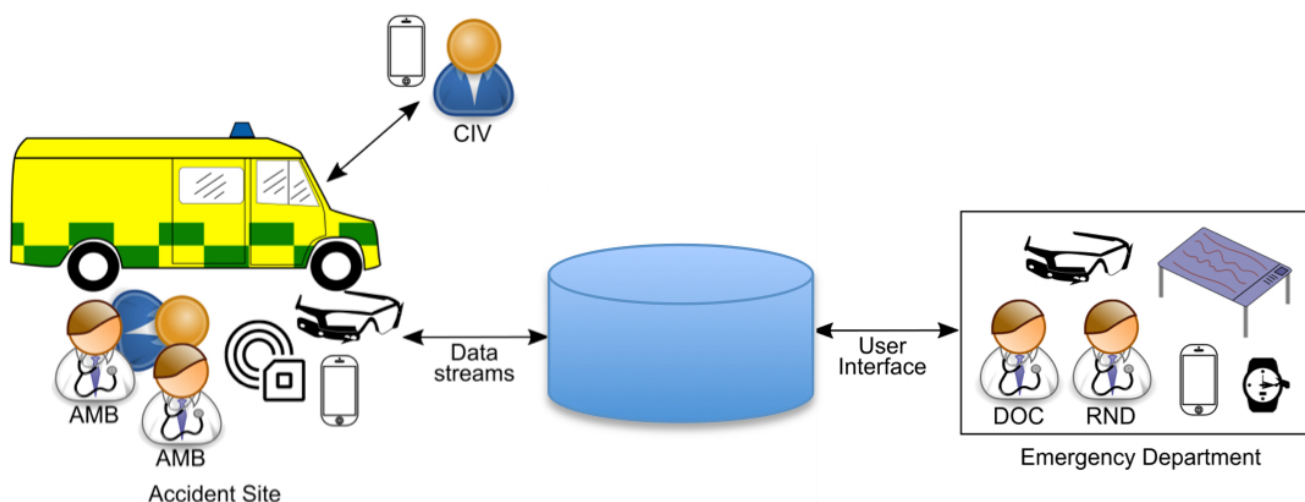
Den tekniska demonstratorutvecklingen gjordes för att driva insamlingen av krav och bestod av en mjukvarudel och en hårdvarudel samt en teknisk omvärldsanalys. Dessa delar beskrivs var för sig nedan.

4.1 Demonstrator: Mjukvarudel

MODUS/EMS

MODUS är ett system samt infrastruktur med central databas för att övervaka patienter inom akutsjukvården, specifikt på akutmottagningen och inom intensivvården. MODUS/EMS är en ny prototypkomponent, som utvecklats som en del i detta projekt, som förkroppssliggar en delmängd av de IoT-krav som diskuteras i denna rapport. Systemet består av en mängd olika enheter för att samla in och övervaka patienter; övervaknings-skärmar för prioritering och rondning på akutmottagning, handenheter för triage på skadeplats, smarta klockor (Bång et. al., 2015) för övervakning på skadeplats samt olika sensorer och övervakningsutrustning som kan kopplas till systemet. Utöver detta har vi skapat en app för smarta glasögon av typen Google Glass som stödjer prioritering enligt ATLS (Bang, Danielsson, Rybing, Jonson, 2016).

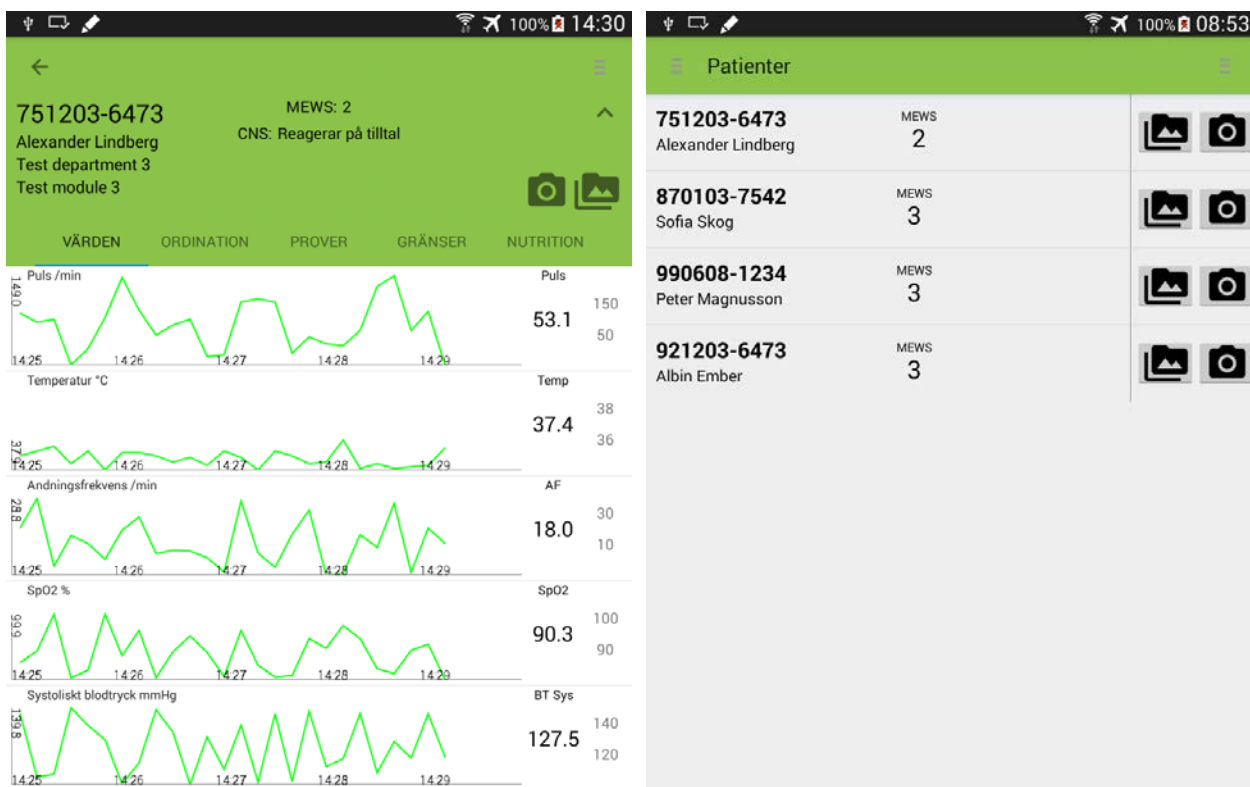
Den trådlösa kommunikation mellan sensorer och sjukvårdspersonalens handenheter (smartphones) görs för närvarande via Bluetooth. Data strömmar sedan från dessa smartphones till en central server via 4G/LTE. All trådlös kommunikation är krypterad. Figur 2 visar MODUS/EMS och dess komponenter.



Figur 2: MODUS/EMS består av en databas där vitaldata kring patienter på skadeplatsen samlas samt ett antal olika enheter för att prioritera och övervaka patienter på en skadeplats och under transport. Informationen strömmas i realtid till akutmottagningen.

Sjukvårdspersonalen har tillgång till olika gränssnitt för att triagera och övervaka patienter under olika faser i omhändertagandet. Sjukvårdsledare på plats (CIV) använder, i nuvarande version av systemet, en pekplatta för att kunna övervaka en mängd patienter (Figur 3 visar gränssnitten). Den enskilda sjukvårdaren (AMB) använder, i prototypsystemet, en smart klocka, alternativt smarta

glasögon, för att direkt observera en enskild patients vitalparametrar (Figur 4). Utöver detta skickas informationen i realtid till akutmottagningen samt till landstingets tjänsteman i beredskap som kan dirigera transporter baserat på inläggningsgrad och kirurgiska resurser på respektive sjukhus.



Figur 3: MODUS/EMS tillhandahåller ett antal prototypgränssnitt för att övervaka och prioritera patienter i en akutsituation. Till vänster ses patientvyn med ett antal vitalparametrar. Till höger ses prioriteringsvyn med ett antal patienter som triageras med hjälp av MEWS.



Figur 4: Till vänster ses MODUS/EMS smart watch app som visar patientens vitalparametrar samt ger alarm då tröskelvärden överskridits. I en mindre tekniktest integrerades MODUS/EMS med 8 stycken Polar H7 pulsmätare (till höger) som placeras runt kroppen på patienten.

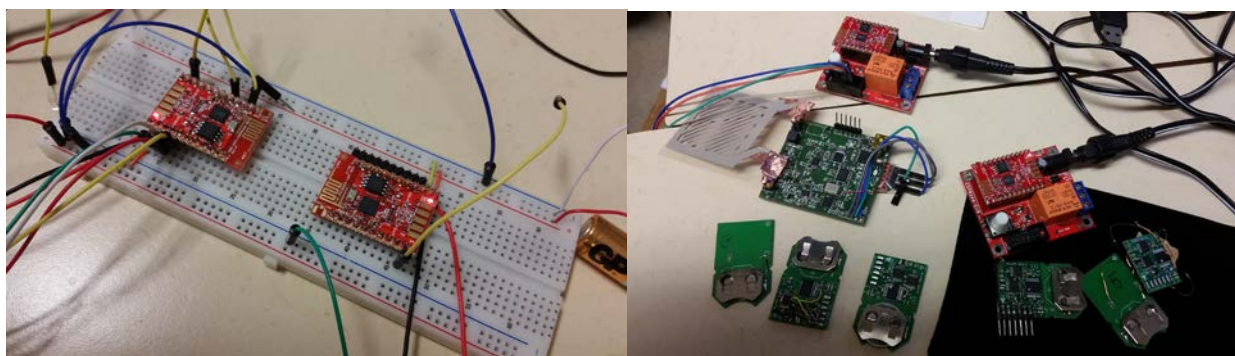
4.2 Demonstrator: hårdvarudel

Inom tidsramen för projektet nådde vi inte ända fram med att producera en hårdvara som kunde integreras med MODUS/EMS. Men givet den information vi fick fram av intervjuer och tekniska experiment har vi studerat sätt att koppla samman många enheter (sensorer, lägespositionering, kommunikation) på ett praktiskt sätt med en gateway. För detta ändamål valde vi kapacitiv koppling, Bluetooth och WLAN; en enhet som nu är under utveckling på SICS East Swedish ICT och vid ISY/LiU.

Central enhet för kommunikation med andra enheter

Som lämpliga kandidat till gateways, dvs knypunkterna mellan sensorer och kommunikationshårdvara, har vi bland annat undersökt Intels Edison-plattform. Den erbjuder uppkoppling via Wifi och Bluetooth 4.0 (lågeffektsbluetooth). Effektförbrukningen ligger runt 10 till 50 mW beroende på användandegrad. Enheten erbjuder också anslutningar av ett flertal sensorer via standardiserade protokoll. Vi utförde experiment där vi kommunicerade med enheten via mobiltelefon och kunde läsa av värden från en sensor som anslöts till Edison. Edison kan relativt enkelt konfigureras för kommunikation direkt till internet eller i ett nätverk av flera noder, dvs andra Edisonmoduler. Edisonförsöken implikerar att det är möjligt att bygga upp systemet kring en liknande plattform.

Vi valde dock - av bland annat kostnadsskäl - att undersöka billigare komponenter då Edison visar sig vara överdimensionerad för vårt ändamålet (den har t.ex. en 32-bitars 500-MHz CPU). Sannolikt behövs nedskalade enheter i en framtida lösning. Därför har vi utfört försök med bland annat ESP8266, en lågkostnadsmodul som kommunicerar via Wifi till vilken vi också kan koppla sensorer och externa Bluetooth-moduler (Figur 5).



Figur 5: Fyra ESP8266-moduler kopplade i ett s.k. meshnätverk. Bilden till höger illustrerar även de enheter som kan användas för att koppla ett kapacitivt nätverk till ESP-modulerna.

Med denna relativt flexibla enhet har vi implementerat ett protokoll för självorganiserande nätverk som gör att sjukvårdspersonal, som förflyttar sig på skadeplatsen, kan koppla om sig mot externa IoT-enheter i miljön. Vidare vill vi att enheten ska kunna vara hermetiskt tillsluten för att kunna desinficeras och tåla vätskor och stötar. Laddning av hermetiskt tillslutna (och tvättbara) moduler får nog anses inte vara några problem numera. Redan de första pacemakers som implanterades i

Sverige på 1950-talet kunde laddas upp via en induktiv slinga. Nu tillåter till exempel Qi-tekniken oss att göra detta och det finns kommersiellt tillgängliga produkter för denna type av laddning. Wireless power consortium (WPC) har de senare åren standardiserat tekniken och flera mobiltelefon-tillverkare och batteritillverkare erbjuder nu laddning via en induktiv slinga där telefonen läggs på en yta som i sig innehåller en spole. Även aktörer som IKEA har under året lanserat möbler där dylika laddningsstationer är inbäddade i materialen vilket indikerar tillgängligheten i framtiden.

Tillsammans med ESP-modulerna konstruerar vi en laddningskrets som kan använda sig av Qi-tekniken. Enligt beräkningar kommer vår gateway att kunna leva ungefär 7 timmar på ett laddat batteri som håller sig inom rimlig formfaktor. Det bör nämnas att även om laddningsproceduren kan utvecklas så att den blir förhållandevis enkel för sjukvårdspersonalen så är det inte alltid naturligt att vi kan ladda om enheterna hur ofta som helst, framförallt inte på en skadeplats långt från sjukhuset. Vi måste fortfarande lösa problemet att tillverka enheter som är extremt strömsnåla.

5. Akademiska resultat

Nedan presenteras akademiska resultat från projektet och de medfinansierande aktiviteterna.

- 1) Bang M, Danielsson O, Rybing J, Jonson C-O. TriGo: Design of an augmented reality application for mass casualty triage. Submitted to the 13th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), Rio de Janeiro, Brazil, May 22-25, 2016.
- 2) Bang M, Solnevik K, Eriksson H. The Nurse Watch: Design and Evaluation of a Smart Watch Application with Vital Sign Monitoring and Checklist Reminders. American Medical Informatics Association Annual Fall Conference (AMIA 2015), Nov 15-20, San Francisco, USA.
- 3) Muhammad Irfan Kazim, "Variation-Aware System Design Simulation Methodology for Capacitive BCC Transceivers", Linköping Studies in Science and Technology, Thesis No 1721, Dec 2015.
- 4) Muhammad Irfan Kazim, Muhammad Imran Kazim and J Jacob Wikner, "An efficient full-wave electromagnetic simulation for capacitive body coupled communication," International Journal of Antennas and Propagation, Volume 2015 (2015), Article ID 245621
- 5) Prakash Harikumar, "Low-Voltage Analog-to-Digital Converters and Mixed-Signal Interfaces", Linköping Studies in Science and Technology, Dissertations, No. 1728, Jan. 2016
- 6) Presentation vid seminarium om utvecklingen av Internet of Things, Munchenbryggeriet, April 23, 2015
- 7) Framtidens skadeplats beviljades av MSB med 20 MSEK till 2020 (KMC/IDA)

Källor

1. Bang M, Danielsson O, Rybing J, Jonson C-O. TriGo: Design of an augmented reality application for mass casualty triage. Submitted to the 13th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), Rio de Janeiro, Brazil, May 22-25, 2016.
2. Pablo Picazo-Sanchez, Juan E. Tapiador *, Pedro Peris-Lopez and Guillermo Suarez-Tangil. Secure Publish-Subscribe Protocols for Heterogeneous Medical Wireless Body Area Networks, *Sensors* 2014, 14, 22619-22642; doi:10.3390/s141222619
3. IEEE Spectrum, mfl.
4. Stenhouse C, Coates S, Tivey M, Allsop P, Parker T. Prospective evaluation of a modified Early Warning Score to aid earlier detection of patients developing critical illness on a general surgical ward. *Br J Anaesth.* 1999;84:663.
5. Smith RM, Conn AK. Prehospital care - scoop and run or stay and play? *Injury.* 2009 Nov;40 Suppl 4:S23-6.
6. Farrokhine N, Goransson KE. Swedish Emergency Department triage and interventions for improved patient flows: a national update. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2011, 19:72 doi:10.1186/1757-7241-19-72
7. Cross, K. P., & Cicero, M. X. (2013). Head-to-head comparison of disaster triage methods in pediatric, adult, and geriatric patients. *Annals of Emergency Medicine*, 61(6), 668–676.e7. <http://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2012.12.023>
8. Rybing J, Nilsson H, Jonson CO, Bang M. Studying distributed cognition of simulation-based team training with DiCoT. *Ergonomics.* 2015 Sep 2:1-12.
9. Kate Curtis, Clair Ramsden. *Emergency and Trauma Care for Nurses and Paramedic*, 2011.
10. Jayaraman, S; Sethi, D; Wong, R (Aug 21, 2014). "Advanced training in trauma life support for ambulance crews.". *The Cochrane database of systematic reviews.*
11. Michaeli D, Rappaport ZH (June 2002). "Tissue resonance analysis; a novel method for noninvasive monitoring of intracranial pressure. Technical note". *J. Neurosurg.* 96 (6): 1132–7
12. Blandford, A; Furniss, D; (2006) DiCoT: A methodology for applying Distributed Cognition to the design of teamworking systems. In: Gilroy, SW and Harrison, MD, (eds.) *INTERACTIVE SYSTEMS: DESIGN, SPECIFICATION, AND VERIFICATION.* (pp. 26 - 38). SPRINGER-VERLAG BERLIN.
13. Bång M, Solnevik K, Eriksson H. The Nurse Watch: Design and Evaluation of a Smart Watch Application with Vital Sign Monitoring and Checklist Reminders. *American Medical Informatics Association Annual Fall Conference (AMIA 2015)*, Nov 15-28 San Francisco, USA.