



# HUOLTOMIEHEN PÄÄTE BACnet YMPÄRISTÖÖN

Ari Helmijoki

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
Sähköinen talotekniikka

HELMIJOKI, ARI  
Huoltomiehen pääte BACnet-ympäristöön

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Opinnäytetyössä kehitettiin huoltomiehen pääte BACnet-ympäristöön, kohdejärjestelmänä Sauterin EY-modulo 5. Usein pienissä kiinteistöissä käytetään ulkopuolista kiinteistöhoitajaa. Pienissä järjestelmissä ei ole omaa valvomoa, eikä niitä ole kytketty keskitettyyn valvomoon. Vikatilanne ilmaistaan esimerkiksi merkkivalolla tai robottipuhelimen välityksellä huoltohenkilölle häiriöstä. Sauterin laitteissa on BACNet/IP-liityntä (liitin RJ45), jota hyödynnetään tässä työssä. Pääkäyttötapaukset ovat hälytysten luku ja kuittaus. Päätelaitevaatimus oli tabletti ja käyttöjärjestelmäksi valittiin vähintään Android Jelly Bean-tason käyttöjärjestelmä 4.1, API 16.

Työssä perehdyttiin BACnet-järjestelmän BACnet/IP:n sanomaliikenteeseen ja sanomien rakenteeseen verkosta löytyvien dokumenttien ja esimerkkien pohjalta. Tältä pohjalta kehitettiin sovellus, jossa sanomat koostetaan lähetettäväksi automaatioasemaan ja vastaavasti puretaan automaatioasemasta saapuneet sanomat. Työn tuloksena syntyi prototyyppi sovelluksesta huoltomiehen päätteestä BACnet-ympäristöön.

Työssä käytettyä ohjelmistorakennetta voi soveltaa jatkokehityksessä. Suurimmaksi puutteeksi jäi lähtevien ja saapuvien sanomien käsittely BACnetin sanomien moninaisuuden vuoksi. Jokaiselle sanomatyypille tarvitaan oma käsittelijä. Jatkokehityksessä tulisi käyttää Androidin versiota 5.0 tai uudempaan, jolloin saadaan käyttöön uusi suoritusympäristö ja monipuolisempi kokoelma erilaisia valikko- ja muita rakenteita.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Building Service Engineering  
Electrical Building Service Engineering

ARI HELMIJOKI:

Title of thesis

Maintenance Man's Terminal in BACnet Environment

Bachelor's thesis 39 pages

April 2016

---

The work was to develop Maintenance Man's Terminal in BACnet Environment for Sauter EY-modulo 5 building automation system family. External property caretaker is often used to small premises. A small system does not have a control room and is not connected to a centralized control system.

A fault is expressed for example by an indicator light or through a robot phone reporting to service personnel disorder. Sauter devices BACnet / IP interface uses RJ45 physical connector. The terminal requirement was a tablet and an operating system to be at least Android Jelly Bean version 4.1.

The theoretical part investigates BACnet system's BACnet/IP message transport on the basis of material found online. Algorithms were developed to parse messages sent and received. The result of the work is a prototype for the application.

Developing environment was Android Studio development tool based on IntelliJ IDEA platform which became the official development tool for Android on December 2014 when version 1.0 was published.

The structure used in the software can be applied to further development. The biggest shortcoming was handling incoming and outgoing messages, due to the diversity of BACnet messages; each message type requires its own treatment. Further development should be focused on Android version 5.0 or later, to give a new execution environment and a diverse collection of different menus and other structures.

---

Key words: building automation, android, bacnet

## SISÄLLYS

TERMIT .....	6
1 JOHDANTO.....	8
2 BACnet.....	9
2.1 BACnet-laitteet .....	9
2.2 Laitteiden yhteistoiminta .....	9
2.2.1 Objekti.....	10
2.2.2 Ominaisuus.....	10
2.2.3 Palvelu.....	11
2.3 BACnet verkko .....	11
2.4 BACnet/IP.....	12
2.4.1 Sanoman rakenne .....	12
2.5 Yhteistoiminta-alueet.....	13
2.5.1 Tiedonvälitys.....	14
2.5.2 Hälytys- ja tapahtumahallinta .....	14
2.6 Yhteensopivuusmääritelmä.....	14
2.7 Tiedonsiirron rakennuspalikat (BIBBs).....	15
2.7.1 Tiedonjaon BIBB pari – luokka DS .....	15
2.8 BACnet testauslaboratorio (BTL).....	16
3 ANDROID.....	17
3.1 Virstanpylväästä Vaahtokarkkiin.....	17
3.2 Käyttöjärjestelmän rakenne .....	18
3.2.1 Linux ydin .....	18
3.2.2 Kirjastot.....	19
3.2.3 Android suoritusympäristö.....	19
3.2.4 Ohjelmistokehys.....	19
3.2.5 Sovellukset .....	19
3.3 Android ohjelmointiympäristö.....	19
4 Sauter EY-modulo 5 – järjestelmän kuvaus .....	20
4.1 Modulo 5.....	20
4.2 Ecos 5.....	21
5 SUUNNITTELU .....	22
5.1 Käyttötapaukset .....	23
5.2 Sovelluksen säikeistetty suoritus .....	25
5.3 Sovelluksen rakenteesta.....	25

5.4 Käyttöliittymän ulkoasu .....	26
6 HUOLTOMIEHEN PÄÄTE .....	27
6.1 Sovelluksen käynnistäminen.....	27
6.2 Näytön osat .....	27
6.2.1 Päätetoiminnot.....	29
6.2.2 Tietokantatoiminnot .....	29
6.2.3 Sanomat.....	30
6.2.4 Sanoman yksityiskohdat .....	30
6.3 Tietokanta ja tietokantapalvelu .....	30
6.4 Verkkoyhteyspalvelu .....	31
6.5 BACnet sanomien kokoaminen ja purku .....	31
7 TESTAUS .....	32
7.1 Android Virtual Device .....	32
7.2 Verkkoprotokollan analysointi .....	32
7.3 Hercules SETUP utility .....	33
7.4 VTS.....	34
8 POHDINTA.....	35
LÄHTEET.....	36
LIITTEET .....	38
Liite 1. PICS Sauter EY-modulo 5 .....	38

## TERMIT

ANSI	Approved American National Standard
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Vuonna 1894 perustettu yhdistys, jonka tehtävänä on edistää rakennusten lämmitys-, ilmanvaihto-, ilmastointitekniikkaa. Se tuottaa teknisiä standardeja ja ohjeita HVAC alalle.
BACnet	Data Communication Protocol for <b>B</b> uilding <b>A</b> utomation and <b>C</b> ontrol <b>n</b> etwork
BACnet IP Addressing	IP osoite yksilöi kohteen IP verkossa. IP osoitetta käytetään sanoman reitittämiseen verkossa.  BACnetIP osoite yksilöi laitteen BACnet-verkossa. IP verkossa reititystä varten BACnetIP pitää muuttaa IP osoitteeksi. Muunnos tehdään BBMD yksikössä.
BACnet-laite	Todellisessa laitteessa oleva joukko BACnet objekteja.
BACnet objekti	Objekteja ovat binaari tulot ja lähdöt, analogia tulot ja lähdöt, ajastimet.
BBMD	BACnet/IP Broadcast Management Device. Käytetään kytkettäessä BACnet-verkkoja ja laitteita IP-verkkoon. Tarvitaan vain yksi laite IP domainia kohti, jolla on BBMD ominaisuus.
BIBBs	BACnet Interoperability Building Block. BIBB on määrittely niistä toiminnallisuuksista ja ominaisuuksista, jotka laitteen on toteutettava jotakin funktiota varten.
COV	Change of value, objektin arvon muutos. Ilmoitus lähetetään kun objektin arvon muutos on suurempi kuin etukäteen määritelty muutos. Itseisarvo.
instanssi	Olioluokasta luotu edustaja (ilmentymä)
IP	Internetverkon osoite v4/v6
objekti	BACnet-laitteista käytetään käsitettä objekti.
olio	Olio-ohjelmoinnissa olio on ohjelmiston perusyksikkö, joka sisältää jou-

	kon loogisesti yhteenkuuluvaa tietoa ja toiminnallisuutta.
MS/TP	Verkkoyhteyskäytäntö; Master/Slave vuoron siirto mekanismi
PICS	Protocol Implementation and Conformance Statement.
portti	Tietoliikenteessä käytössä oleva numeroitu liityntäpiste. Piste varataan tiettyä liikennettä varten. Esim http käyttää porttia 80. Portit numeroon 1024 asti vaativat pääkäyttäjän oikeudet.
socket	Tietoliikenneverkon pääte/alkupiste. Socketin osoite muodostuu IP-osoitteesta ja portista.  Esimerkiksi 192.168.100.12:8080. Socket tyyppejä : Datagram socket (UDP), Stream socket (TCP/SCTP), Raw socket (raw IP), Unix domain socket (UDS)
SSPC	Standing Standard Project Committee. ASHRAE organisaation osa, jonka tehtävänä on levittää ja edistää BACnetin käyttöä.

## 1 JOHDANTO

Aloite ja aihe työhön saatiin Sauter Finland Oy:stä. Yritys tuo maahan ja markkinoi sveitsiläisen Sauter AG:n kiinteistöautomaatio tuotteita. Maahantuonnin ohella yritys tekee automaatiojärjestelmien suunnittelua, ohjelmointia ja integrointia. Sauter AG:n EY-modulo 5 tuoteperheen komponentit tukevat BACnet/IP -rajapintaa ja BACnetille määritettyä protokollaa. Tuoteperheeseen kuuluu BACnet - automaatiokeskuksia, huonesäätimä ja verkkopalvelin (Web server).

Tarve kehitystyölle ovat pienet, itsenäiset järjestelmät, joita ei liitetä valvomoihin. Lähtökohtana oli kehittää kiinteistön huoltohenkilökunnan käyttöön pieni kokoinen, helposti kuljetettava ja hankintahinnaltaan edullinen päätelaite. Pääte lukee automaatiojärjestelmän lokitiedot, mahdollistaa luetun tiedon selaamisen ja hälytyksien kuittaamisen. Sovelluksen käytön tulee olla mahdollisimman suoraviivaista ja helppoa.

Työssä perehdyttiin BACnet järjestelmän BACnet/IP:n sanomaliikenteeseen ja sanomien rakenteeseen verkosta löytyvien dokumenttien ja esimerkkien pohjalta. Tältä pohjalta kehitettiin algoritmit, joilla sanomia kootaan lähetettäväksi ja puretaan saapuneet sanomat.

Androidin ohjelmistokehityksen perusteet ja itse ohjelmoinnin opettelu alkoi tyhjältä pöydältä. Materiaalina käytettiin verkosta löytyvää runsasta materiaalia. Materiaalin käytössä tuli esiin Androidin nopea kehitys ja muuttuminen strukturoituihin kieliin verrattuna. Materiaalin käytössä tuli seurata versioita sekä kehitystyökaluja, joille esimerkit on laadittu. Tärkeä tietolähde on Android Developers sivusto, jonka tärkein osa on API (Application Programming Interface) referenssin. Sivustolla on runsaasti itseopiskelu- ja esimerkkimateriaalia.

Työn alussa päätelaitteeksi valittiin tabletti (taulutietokone) Android käyttöjärjestelmällä, versio 4.1 (API 16). Tableteissa ei ole LAN liittimiä (RJ45), joten yhteys verkkoon muodostetaan WLAN yhteydellä.



## 2 BACnet

BACnet -standardi on protokollamäärittely rakennusautomaatiojärjestelmien tiedonsiirtoon ja ohjaukseen. Sillä yhdistetään eri toimittajien järjestelmät yhteisellä kielellä ja käsitteillä, niin että ne voivat kommunikoida keskenään ja hallintaan riittää yksi yhtenäinen järjestelmä. BACnet on valmistajista, tiedonsiirtoväylästä ja laitteistosta riippumaton. Standardia käytetään koko maailmassa. Standardissa määritetään palvelut, objektit ominaisuuksineen ja siirtoverkko.

Standardin kehitystyö alkoi kesäkuussa 1987 pidetyssä ASHRAEn vuosikokouksessa. Työn tulos julkaistiin ANSI standardina 135 vuoden 1995 vuosikokouksessa, joka pidettiin Tennesseeen Nashvillessä. Standardin ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa ASHRAEn työryhmä SSPC 135 (Standing Standard Project Committee). Vuonna 2003 BACnet sai ISO standardin statuksen, ISO 16484-5.

Lisäys J, (Annex J, "BACnet/IP"), 1/1999 määrittelee BACnet-laitteiden liittämisen IP-protokollaa käyttävään verkkoon. (Overview. Official Website of ASHRAE SSPC 135)

### 2.1 BACnet-laitteet

Useimmiten BACnet-laite on mikroprosessorin ja ohjelmiston muodostama kokonaisuus, joka kommunikoi muiden BACnet-laitteiden kanssa BACnet sanomilla. Laitteet ovat yleensä ohjainlaitteita (kontrollereita), yhdyskäytäviä (gateway) tai käyttöliittymiä. Jokaisella laitteella on laiteobjekti, joka kertoo laitteen tyyppin ja tunnuksen. Tunnus on ohjelmoitavissa ja ainutkertainen BACnet -verkossa, jossa laite sijaitsee. Selvyyden vuoksi tunnusta kutsutaan laitteen instanssitunnukseksi. Lisäksi jokaisessa laitteessa on tietoa, joka kuvaa laitetta, sen tuloja ja lähtöjä joita se monitoroi ja ohjaa. Laitteen ohjelmistoon sisältyy hallintaohjelmia, logiikkaohjelmia sekä dataa laitteen ohjausarvoista ja ohjattavista kohteista. Näitä kuvataan objekteilla.

### 2.2 Laitteiden yhteistoiminta

Laitteiden yhteistoiminta koostuu kolmesta erillisestä toiminnallisuudesta; objekteista (tietoa, information), palveluista (toimintapyyntöjä, action requests) ja välitysmekanismeista (transport systems). Standardissa määritellään metodit ja vaatimukset kullekin toiminnallisuudella.

### 2.2.1 Objekti

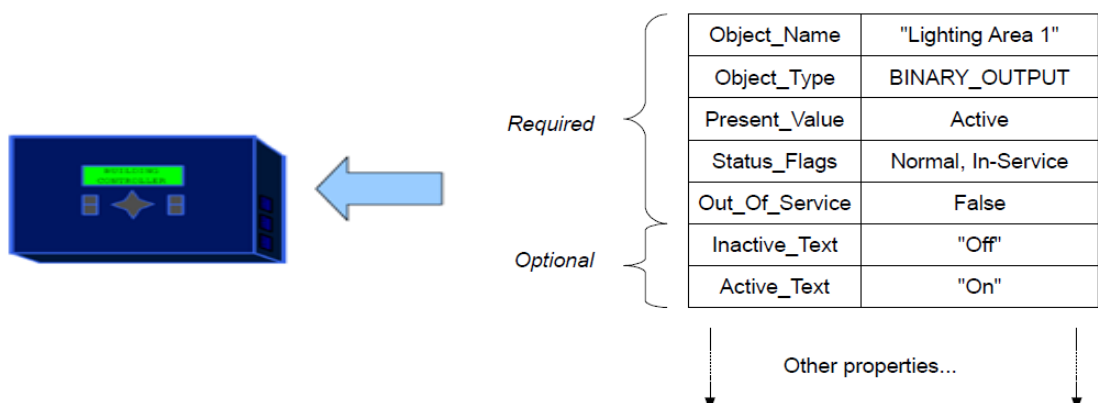
BACnet -verkon laitteiden välisen kommunikoinnin rajapinta on objekti. Objektilla mallinnetaan laitteen osaa, ohjausalgoritmeja tai laitteessa olevaa tietoa. Mallinnettavat kohteet voivat olla virtuaalisia, kuten algoritmit ja sovellukset (applikaatiot) tai fyysisiä, kuten I/O-pisteiden arvot ja tilat.

BACnet -standardi määrittelee 54 objektiä muun muassa laitteen lähdöille ja tuloille, päivämäärille ja ajalle, laitteen hallintaan ja käyttöön, verkon ominaisuuksille ja tapahtumien käsittelyyn. Standardoitujen objektien käyttö on perusteltua, sillä ne ovat hyvin määriteltyjä ja testattuja. Niitä toteutetaan ja testataan jatkuvasti ja johdonmukaisesti.

Standardi mahdollistaa epästandardien ja sovelluskohtaisten (priority) objektien luonnin ja käytön. Objektilla on yksilöllinen 32-bittinen tunnus, joka kertoo objektin tyyppin ja instanssin.

### 2.2.2 Ominaisuus

Ominaisuudet ovat tietoa joka perustuu laitteen toimintaan ja ominaisuuksiin (kuvio 1). Ominaisuus koostuu kahdesta osasta, ominaisuuden tunnisteesta ja ominaisuuden arvosta. Ominaisuudet voivat olla vain luettavia tai luettavia ja kirjoitettavia. Objektista riippuen siihen kuulee pakollisia ja valinnaisia ominaisuuksia, pakollisia ominaisuuksia ovat objektin tunnus/nimi, objektin arvo ja objektin tyyppi. Standardin määrittelemissä objekteissa ovat ominaisuuksien pakollisuus ja valinnaisuus annettu.



KUVIO 1. BACnet objekti ja siihen liittyviä ominaisuuksia. (BACnet Basics 2015, 20 & 22, yhdistelmä)

### 2.2.3 Palvelu

BACnet-laite lähettää toiselle BACnet-laitteelle sanoman, joilla se pyytävät tältä palvelua.

Palvelut jaetaan viiteen (5) ryhmään.

- objekteihin kohdistuvat palvelut; luku, kirjoitus, luonti ja poisto.
- laitteen hallintapalvelut; etsintä, ajan synkronointi, alustus, tallennus tietokantaan ja palautus tietokannasta.
- hälytys ja tapahtumapalvelut; hälytykset ja tilan vaihto.
- tiedoston siirto palvelu; trendidatan siirto ja ohjelman siirto.
- virtuaalipäänteen palvelut kehoitteiden ja valintojen kautta.

Palvelu määrittää jokaisen pyynnön sisällön ja sen vastauksen.

Palvelupyynnöt jaetaan kuitattaviin (acknowledged) pyyntöihin (yleensä yksilöity vastaanottaja) ja niihin, joita ei kuitata (yleensä ryhmälähetys).

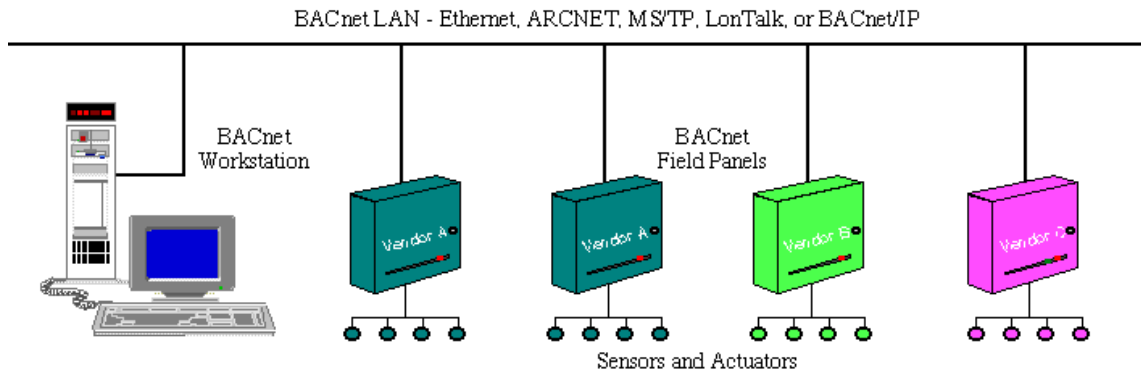
## 2.3 BACnet verkko

BACnetille on määritelty vuoden 2012 standardissa seitsemän (7) verkkotyyppiä, joita voidaan käyttää.

- BACnet/IP
- BACnet MS/TP
- BACnet ISO 8802-3 (Ethernet)
- BACnet ARCNETissa
- BACnet Point-to-Point (EIA-232 ja puhelinverkko)
- BACNET LonTalk
- BACnet ZigBee

Kuvio 2 esittää natiiviverkkoa, jossa laitteet käyttävät BACnet -protokollaa sanomaliikenteessä verkkotyypistä riippumatta. BACnet sanoman sisältö ja rakenne on välittäväs-  
tä verkosta riippumaton. Kokonaissanoma on verkkotyypistä riippuva.

Tässä työssä käytetään BACnet/IP -verkkoa, joka on kuvattu standardin lisäosassa J.



KUVIO 2. Natiivi BACnet verkko. (Newman, 26).

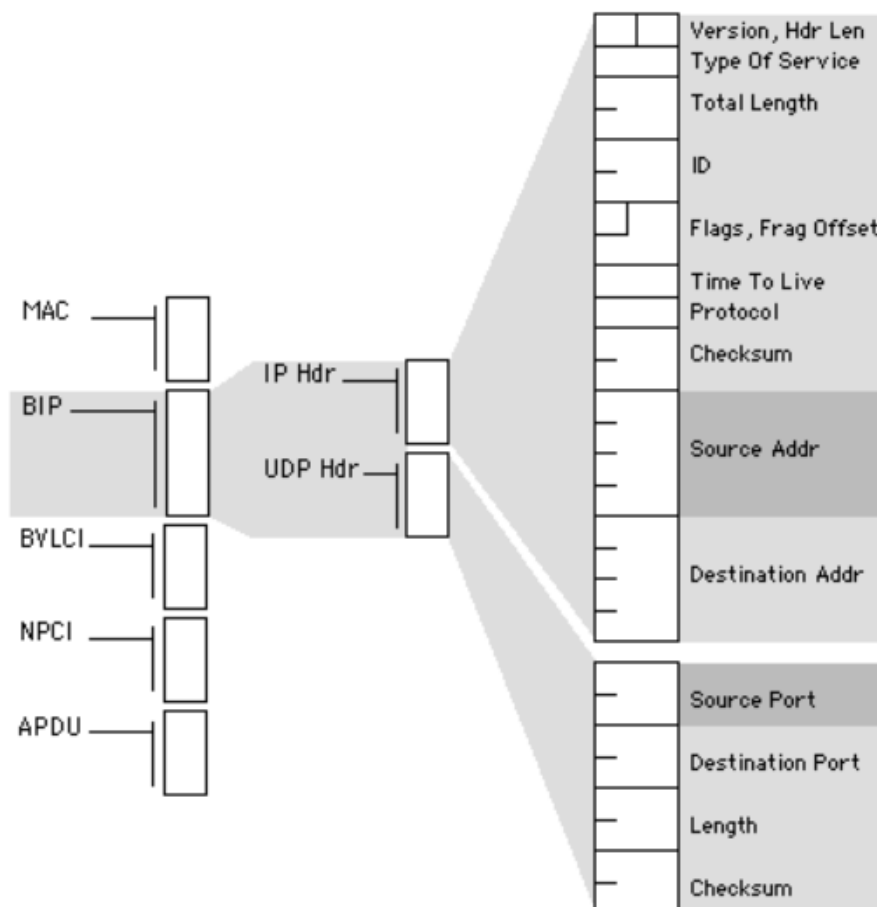
## 2.4 BACnet/IP

Verkko koostuu yhdestä tai useammasta IP aliverkosta (subnet), jotka osoitetaan BACnet verkkonumerolla.

BACnet/IP sanoma kapseloidaan UDP/IP sanomaan (BACnetPrimer, 6).

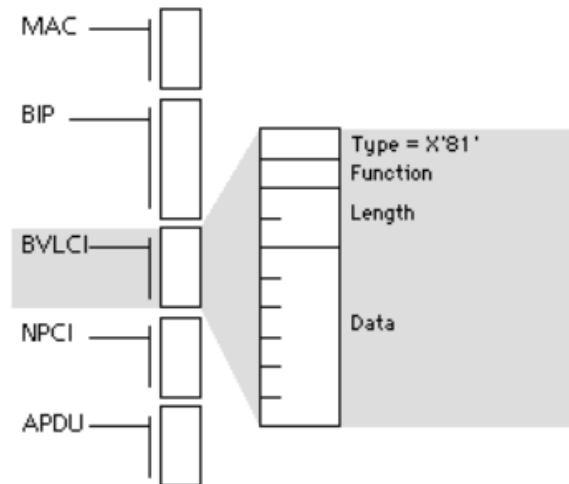
### 2.4.1 Sanoman rakenne

Sanoma muodostetaan paketoimalla sanoma kuvion 3 osoittamalla tavalla.



KUVIO 3. IP ja UDP otsikoiden paketointi B/IP otsikoksi (BACnet/IP, 3).

BVLCI määrittelee sanoman sisällön merkityksen. BVLCI sisältää vähintään 3 kenttää; BVLC tyyppi (X'81'), BVLC toiminnon (funktion) ja BVLC:n pituuden (length). Tyyppin arvo "X81" kertoo sanoman olevan BACnet/IP sanoma ja erottaa sen virtuaalisesta linkkisanomasta, jonka tyyppi on "X01" (kuvio 4).



KUVIO 4. BVLCI määrittelee BVLL sisällön merkityksen (BACnet/IP, 4).

## 2.5 Yhteistoiminta-alueet

Käyttämällä käsitteitä laite, objekti, ominaisuus ja palvelu muodostavat toiminnallisia kokonaisuuksia, joista käytetään nimitystä yhteistoiminta-alueet. Alueita on viisi (5).

- tiedon välitys
- trendit
- hälytys- ja tapahtumahallinta
- laitehallinta
- verkon hallinta

Alueet ilmoitetaan BIBBs luettelossa (BACnet Interoperability Building Blocks), esimerkki taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tiedonjaon BIBB luettelo.

BIBB tyyppi	BIBB	Kuvaus	Kommentti
Data Sharing	DS-RP-A	Read Property (Client)	kysely
	DS-RP-B	Read Property (Server)	vastaus
	DS-RPM-A	Read Property Multiple (Client)	kysely
	DS-RPM-B	Read Property Multiple (Server)	vastaus

### **2.5.1 Tiedonvälitys**

Tiedonvälitys laitteiden välillä voi olla joko yksi- tai kaksi suuntaista. Tietoa tallennetaan tiedostoiksi, graafeiksi ja raporteiksi. Yhteisten antureiden tietoa tai laskettua tietoa välitetään laitteiden välillä.

Tiedonvälitys toimii siten, että tietoa haluava asiakas (laite) lähettää palvelimelle (toinen laite) pyynnön tiedon saamiseksi. Malli sisältää myös mahdollisuuden, että asiakas kirjoittaa dataa palvelimelle ja muuttaa jonkun palvelimen ominaisuuden arvoa. Tiedon siirtyminen voi tapahtua kumpaankin suuntaan tahansa.

### **2.5.2 Hälytys- ja tapahtumahallinta**

Hälytys- ja tapahtumahallinta määrittelee hälytystietojen ja tapahtumatietojen käsittelyn. Ne voidaan välittää edelleen tai varastoida lokitiedostoiksi ja tehdä niistä koosteita ja yhteenvetoja. BACnetin hälytys ja tapahtuma ovat sama asia. Objekti, joka käsittelee tapahtumia käyttää tapahtumaluokkaa määrittelemään miten tapahtumaa käsitellään. BACnetin tapahtumien taso voi olla normaali (NORMAL), epänormaali (OFFNORMAL) ja vika (FAULT).

## **2.6 Yhteensopivuusmääritelmä**

BACnet-laitteiden ominaisuudet ja toiminnot vaihtelevat laitteittain, yhden koon laitetta ei ole. Standardissa määritelläänkin formaatti, jolla laitteen ominaisuudet kerrotaan. Määritelmän mukaista dokumenttia laitteesta sanotaan PICS dokumentiksi (The Protocol Implementation and Conformance Statement). PICS:n pääelementtejä ovat BIBBs kuvaukset (BACnet Interoperability Building Blocks). Esimerkki PICS dokumentista liitteessä (Liite 1).

## 2.7 Tiedonsiirron rakennuspalikat (BIBBs)

Vuorovaikutusalueet BACnet -ympäristössä jaetaan viiteen (5) luokkaan, jotka ovat

AE	Hälytys ja tapahtuma hallinta
DS	Tiedonjako
DM	Laitehallinta
NM	Verkon hallinta
T	Trendi
SCHED	Aikataulutus

(DM ja NM ovat saman kategorian edustajia.)

BACNetissa on käytössä asiakas/palvelin käsite (client/server). BIBBsit kuvataan laitepareina. Asiakaslaite ilmaistaan laitteena A, sen viesteihin reagoivaa palvelinta nimitetään laitteeksi B. Ominaisuudet määritellään laitepareille A ja B, joiden pitää toteuttaa samat toiminnallisuudet vuorovaikutusalueessa ollakseen yhteensopivat.

BIBB kuvaa vuorovaikutusalueiden sisällä olevat ominaisuudet.

### 2.7.1 Tiedonjaon BIBB pari – luokka DS

#### **BIBB – Tiedonjako – ReadProperty – A (DS-RP-A)**

Laite A käyttää laitteen B lähettämän tiedon

BACnet palvelu	aloittaja	suorittaja
ReadProperty	x	

#### **BIBB – Tiedonjako – ReadProperty – B (DS-RP-B)**

Laite B lähettää tiedon laitteelle A

BACnet palvelu	aloittaja	suorittaja
ReadProperty		x

## 2.8 BACnet testauslaboratorio (BTL)

Vuonna 2000 BACnet -yhteisö perusti voittoa tavoittelemattoman yhteisön organisoi-  
maan yhteensopivuustestaus ja luetteloimaan palveluita BACnet-laitteiden valmistajille.  
Organisaation nimeksi tuli BACnet Testing Laboratories (BTL), se toimii kansainväli-  
sen BACnet -yhteisön suojassa.

Organisaation päätehtävät ovat:

- sponsoroida vuosittaista tapaamista, jossa toimittajat pääsevät testaamaan toteu-  
tuksiaan ja laitteiden yhteistoimintaa monen toimittajan laitteiden muodostamas-  
sa ympäristössä.
- BTL myöntää BTL merkin laitteille, jotka ovat testattu standardin 135.1 mu-  
kaan. Taatakseen testauksen johdonmukaisuuden BTL vaatii yhden mukaisen  
testausmenettelyn käyttöä testausorganisaatiosta riippumatta.



### 3 ANDROID

Mobiililaitteiden yleisimmät käyttöjärjestelmät markkinaosuuden mukaan (Q2.2015) ovat Android (82,8 %), iOS (13,9 %), Windows Phone (2,6 %) ja BlackBerry OS (0,3 %). Loppu 0,4 % jakaantuu muiden käyttöjärjestelmien kesken (IDC, Smartphone OS).

#### 3.1 Virstanpylvästä Vaahtokarkkiin

Androidin juuret ovat vuonna 2003 perustetussa Android Inc nimisessä yrityksessä, jonka tavoitteena oli kehittää älykkäitä mobiililaitteita. Google osti yrityksen elokuussa 2005, jonka jälkeen yritys lähti kehittämään Linux-pohjaista käyttöjärjestelmää puheliiniin. Ensimmäinen versio Androidista esiteltiin marraskuussa 2007 Open Handset Alliance (OHA) perustamisen yhteydessä. Ensimmäinen julkinen versio oli nimeltään ”m3-rc20a”, jossa m3 tarkoittaa ”Milestone 3”. Tästä oli vielä matkaa ensimmäiseen laitteeseen asennettavaan versioon 1.0, joka julkaistiin syyskuussa 2008. Ensimmäinen Androidia käyttävä puhelin oli T-Mobil G1 (Arstechnica, 2014).

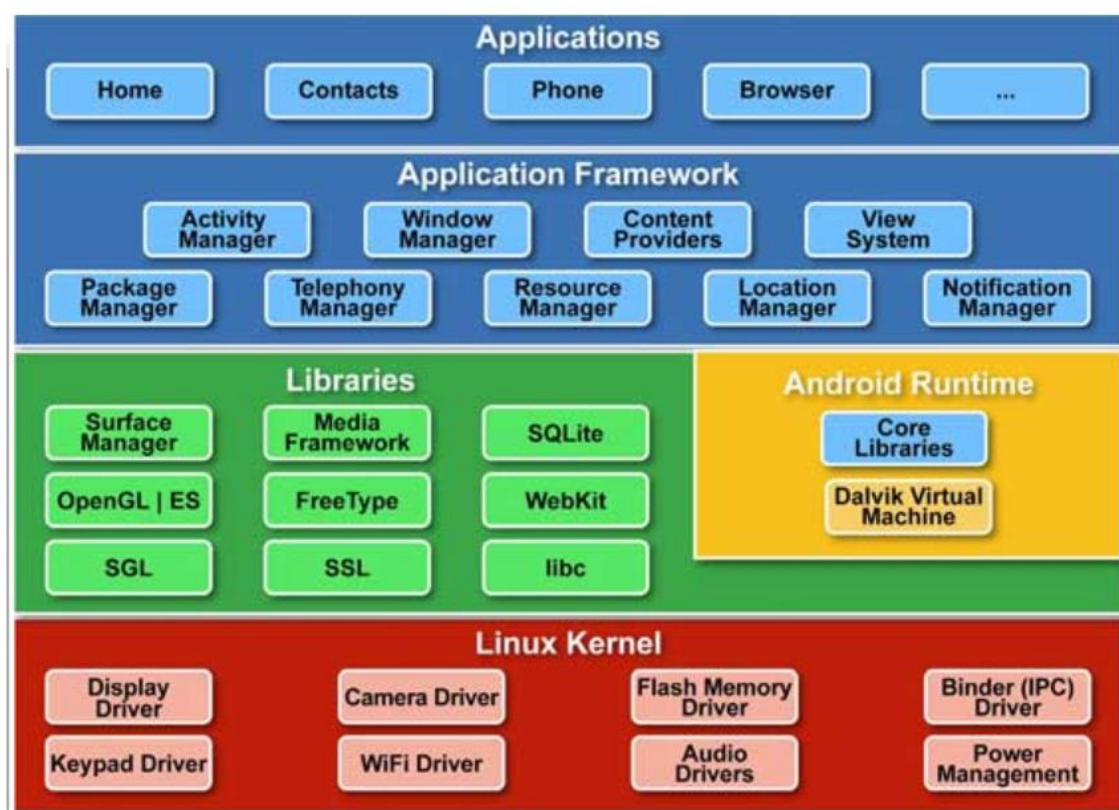
Ensimmäisen version jälkeen on julkaistu uusia versioita niin, että maaliskuussa 2015 julkaistiin versio 5.1 (Lollipop). Julkaisuihin viitataan usein niille annetun nimen perusteella (Wiki.Android). Taulukossa 1 esitetään julkaistut versiot, niiden nimet ja julkaisuajankohdat (Wiki.Android (operating system)).

TAULUKKO 1. Android julkistusten nimi, ajankohta ja API taso.

Versio	Nimitys	Julkaisuaika	API taso	Jakautuma
6.0	Marshmallow	10/2015	23	
5.1.x	Lollipop	3/2015	22	0.7 %
5.0.0-5.0.2	Lollipop	11/2014	21	9.0 %
4.4.0-4.4.4	KitKat	10/2013	19	39.8 %
4.3.x	Jelly Bean	7/2013	18	5.5 %
4.2.x	Jelly Bean	11/2012	17	18.1 %
4.1.x	Jelly Bean	7/2012	16	15.6 %
4.0.0-4.0.4	Ice Cream San.	10/2011	15	5.3 %
3.0	Honeycomb	2/2011		
2.3.3-2.3.7	Gingerbread	2/2011	9	5.7 %
2.2	Froyo	3/2010	8	0.3%
2.0	Eclair	10/2009		
1.6	Donut	9/2009		
1.5	Cupcake	4/2009		

## 3.2 Käyttöjärjestelmän rakenne

Android käyttöjärjestelmä on ohjelmistopino, joka voidaan jakaa viiteen lohkoon ja neljään pääosiin alla olevan kuvion 5 mukaan.



KUVIO 5. Android ohjelmiston rakenne (Tutorialspoint, Android Architecture).

### 3.2.1 Linux ydin

Alin kerros on Linux ydin (kernel), jonka versio riippuu Android julkaisusta. Ytimeen kuuluu järjestelmän perustoiminnot, kuten prosessien hallinta, muistin hallinta, laitehallinta. Linux ydin hallitsee hyvin erilaiset verkot ja laiteajurit (Tutorialspoint, Android Architecture). Käytetyt Linux ytimet sisältävät Androidille kehitettyjä ja muunnettuja osia.

Androidissa on käytetty Linux ytimen versioita 2.6.27 lähtien. Android 6.0 (Marshmallow) käyttää Linux ytimen versiota 3.18.10. (Android Enthusiasts, StackExchange).

Ytimen vaihdokset näkyvät sovelluskehittäjille käyttöjärjestelmän tarjoamien palveluiden kautta.

### 3.2.2 Kirjastot

Kirjastokerroksessa on kirjastoja mm. verkon selailuun, libc (GNU C kirjasto), SQLite tietokanta, SSL kirjastot ja muut kirjastot (Tutorialspoint, Android Architecture).

### 3.2.3 Android suoritusympäristö

Tässä lohkossa on ”Dalvik Virtual Machine” (DVM) ajoympäristön pääkomponentit, joka on optimoitu ajamaan Java-koodia Android ympäristössä. DVM käyttää Linux ytimen ominaisuuksia kuten muistinhallintaa ja moniajtoa, joka sisältyy Javaan. Jokaista Android sovellusta (app) suoritetaan omassa prosessissaan omana DVM instanssina.

DVM sisältää loukon kirjastoja, jotka mahdollistavat ohjelmien tekemisen standardilla Java-kielillä. Julkaisusta 5.0, Lollipop, lähtien oletus virtuaalikoneena on Android Runtime (ART) (Tutorialspoint, Android Architecture).<sup>29</sup>

### 3.2.4 Ohjelmistokehys

Ohjelmistokehys kerros tarjoaa ohjelmille paljon palveluita Java-luokkina (Tutorialspoint, Android Architecture).

### 3.2.5 Sovellukset

Kaikki Android sovellukset (app) ovat ylimmässä kerroksessa. Sovellukset asennetaan tähän kerrokseen (Tutorialspoint, Android Architecture).

## 3.3 Android ohjelmointiympäristö

Ohjelmointi tapahtuu pääasiassa Java-kielillä. Ohjelmia voidaan kirjoittaa myös muilla kielillä, kuten C ja C++.

Suosittu kehitysympäristö (IDE) on ollut Eclipse ja siihen liitetty SDK, yhdistelmä jota Google tuki virallisena kehitysympäristönä vuoden 2014 loppuun.

Joulukuussa 2014 viralliseksi kehitysalustaksi tuli Android Studio, josta julkaistiin versio 1.0. Se perustuu JetBrains’*s* IntelliJ IDEA ohjelmistoon.

## 4 Sauter EY-modulo 5 – järjestelmän kuvaus

EY-modulo 5 on Fr.Sauter AG:n kiinteistöhallintajärjestelmä, jolla voidaan toteuttaa kaikki teknisen kiinteistöautomaation toiminnot. Järjestelmä on natiivi BACnet-järjestelmä. Tietoliikenne tapahtuu ethernet verkossa ja protokolla on IP.

Järjestelmän ydin ovat Modu 5, modulaarinen automaatioasema ja Ecos 5 huoneautomaatio-ohjain, joilla on BACnet/IP-liityntärajaus. Huoltomiehenpääte voidaan kytkeä näihin moduleihin (Sauter, EY-modulo 5).

### 4.1 Modulo 5

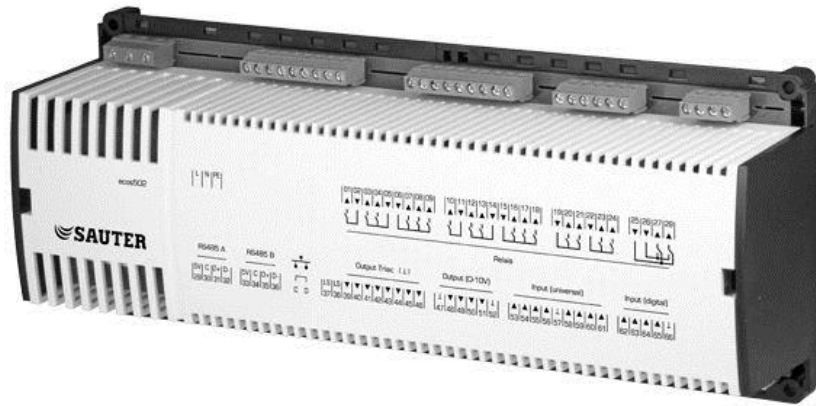
Modulo 5 sarjan automaatioasemissa (kuvio 6) on objektiluettelot ja maski kalenterin ja aikaohjelma objektien käsittelyä varten. Käyttäjakohtaisilla pääsyoikeuksilla hallitaan käyttäjän oikeuksia toimia asemassa (Sauter, EY-modulo 5).



KUVIO 6. EY-525 automaatioasema. (support.dexmatech.com, 1052312-sauter-modu525)

## 4.2 Ecos 5

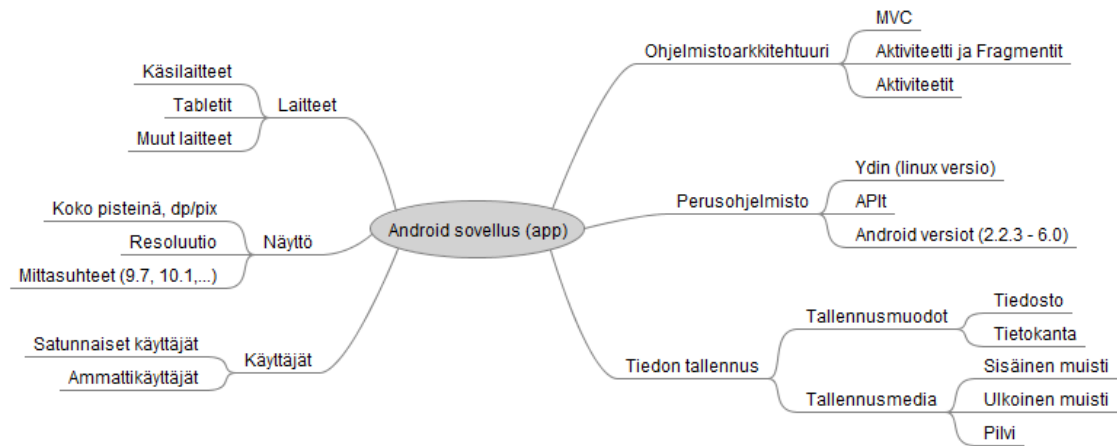
Ecos 5 huoneautomaatioasemat (kuvio 7) on suunniteltu kattavaa huoneautomaatiota varten. Asemissa on myös BACnet/IP-liityntä.



KUVIO 7. Ecos 502 huoneautomaatioasema. ([www.sauter-controls.com](http://www.sauter-controls.com), ecos-2, 1)

## 5 SUUNNITTELU

Sovelluksen suunnitteluun vaikuttavat monet tekijät, kuten kohdelaitteet, niiden ohjelmistoversiot ja kohderyhmä joka käyttää sovellusta. Kuvio 8 esittää suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä.



KUVIO 8. Suunnittelussa huomioitavia tekijöitä.

Sovelluksen käyttöliittymän suunnitteluun perustietoihin kuuluu tieto laitteista, joilla sovellusta käytetään; näytön koko, käyttöjärjestelmän versio ja käytettävät tallennusmediat.

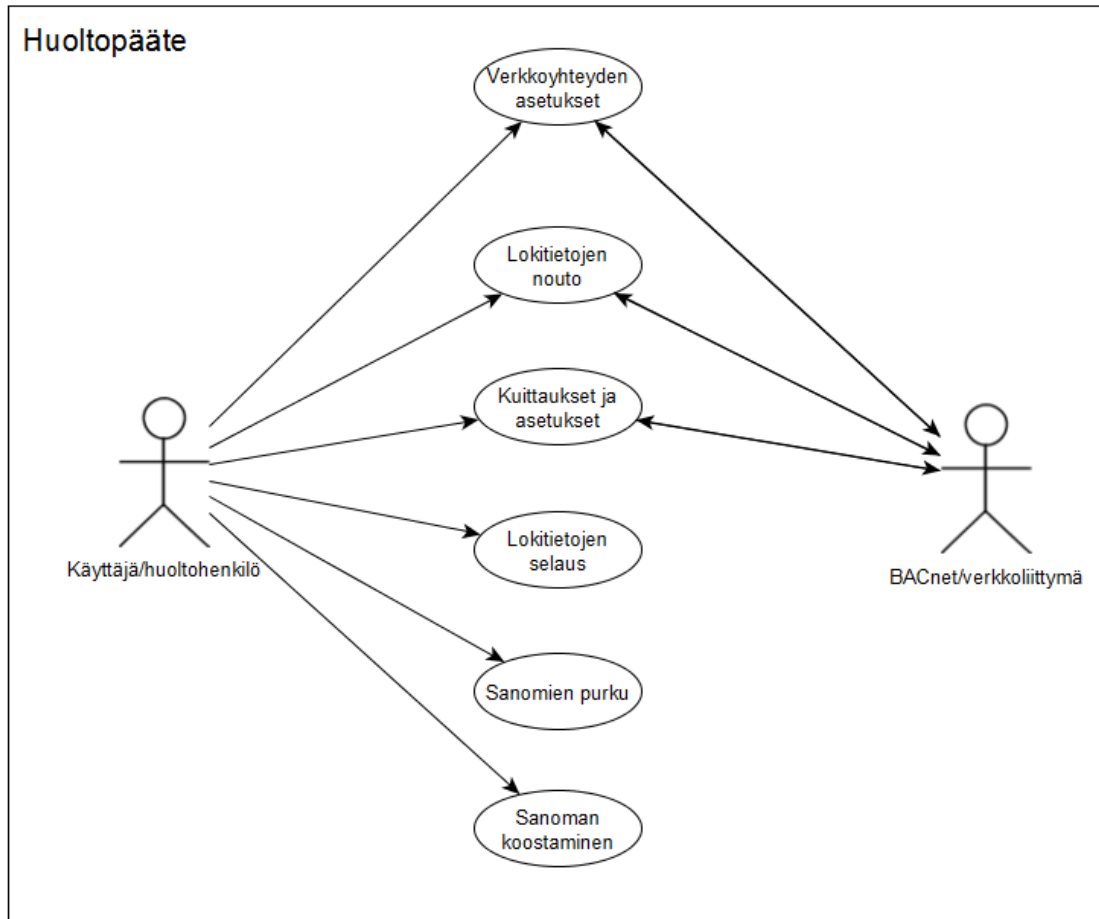
Toimintojen suunnittelu perustuu käyttötapauksiin, jotka voidaan esittää UML kaavioina ja avata tarkemmin sanallisena kuvauksena. UML kaavioilla kuvataan toimintoja käyttäjän näkökulmasta.

Käyttöliittymä (UI) on käyttäjän tärkein/ainut yhteys sovellukseen, eikä se saa olla pitkiä aikoja reagoimatta käyttäjän toimenpiteisiin. Näytölle tulevat ilmoitukset UI:n reagoimattomuudesta ( ANR; Application Not Responding) ovat merkki käyttöliittymän liiallisesta kuormittamisesta. Näiden tilanteiden välttämiseksi kuormitusta on jaettava säikeisiin, jotka vastaavat niille annettujen tehtävien suorittamisesta taustalla ja usiemmiten asynkronisessa muodossa. Tällaisia tehtäviä ovat tietoliikenne, sanomien käsittely ja tietokannan käsittely. Androidissa valmiita mekanismeja, jotka toimivat asynkronisesti ja hoitavat itse oman säikeistykseen käsittelyn vapauttaen ohjelmoijan rakentamasta erillistä säikeistykseen käsittelyä.

Tietoa voi tallentaa monella tavalla; jaettuina tiedostoina avain-arvo pareina (Shared Preferences), tiedostoina ja tietokantoina. Myös pilvipalvelut ovat käytettävissä..

## 5.1 Käyttötapaukset

Kuviossa 9 esitetään työn käyttötapaukset kaaviona, jossa on käyttäjä ja verkkoliittymä, joka edustaa BACnet-laitetta. Käyttötapaukset on kuvattu taulukoissa 2 – 7.



KUVIO 9. Huoltopäätteen käyttötapaukset

TAULUKKO 2. Verkkoyhteyden asetus.

Nimi:	Verkkoyhteyden asetus
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	WiFi yhteys on sallittu laitteen asetuksissa.
Kuvaus:	Käyttäjä asettaa vastaanottajan verkko-osoitteen ja portin. Käyttäjä asettaa päätteen verkko-osoitteen ja portin.
Poikkeukset:	WiFi yhteyttä ei ole sallittu. Kehotetaan sallimaan yhteys.
Lopputulokset:	Päätteen käyttämät verkko-osoitteet ovat asetettu.
Muut vaatimukset:	kytkeytyy yhteen BACnet-laitteeseen kerrallaan.

TAULUKKO 3. Lokitietojen nouto.

Nimi:	Lokitietojen nouto BACnet-laitteelta huoltopäätteelle.
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	Verkkoyhteys on olemassa ja yhteystiedot asetettu.

Kuvaus:	Käyttäjä pyytää BACnet-laitetta lähettämään lokitiedot. Lähetetyt tiedot tallennetaan huoltopäätteen muistiin.
Poikkeukset:	Lokitietoja ei saada BACnet-laitteelta, tilanteesta ilmoitetaan huoltopäätteen näytöllä.
Lopputulokset:	Laitteen lokitiedot on tallennettu huoltopäätteen muistiin.
Muut vaatimukset:	

TAULUKKO 4. Lokitietojen selaus.

Nimi:	Lokitietojen selaus.
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	Lokitiedot on luettu BACnet-laitteelta ja tallennettu huoltopäätteen muistiin.
Kuvaus:	Luettuja lokitietojen metadata esitetään selausikkunassa ja tarkastelukohteeksi valittu lokikirjoitus esitetään tarkemmin toisessa ikkunassa.
Poikkeukset:	Lokikirjoitus sisältää vain metadata, tilanne kerrotaan tekstillä.
Lopputulokset:	Kiinnostavat lokikirjoitukset saadaan luettua tarkasti ja sen perusteella voidaan tehdä tarpeelliset toimenpiteet.
Muut vaatimukset:	

TAULUKKO 5. Lokikirjoitusten kuittaukset ja asetusten muuttaminen.

Nimi:	Lokikirjoitusten kuittaukset ja asetusten muuttaminen.
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	Lokissa on kuittausta vaativia ilmoituksia tai BACnet-laitteen asetusarvoja muutetaan.
Kuvaus:	1). Valitaan lokisanoma, joka on kuitattava. Annetaan kuittaukseen tarvittavat tiedot, koostetaan sanoma ja lähetään se BACnet-laitteelle. 2). Kirjoitetaan sanoma, jolla annetaan kohdeasetukselle arvo. Lähetetään sanoma BACnet-laitteelle ja odotetaan kuittausta, tai tarkistetaan asetusarvon muutos kyselysanomalla.
Poikkeukset:	
Lopputulokset:	Lokimuutos ilmaisee kuittauksen tai asetusarvon muutos on tapahtunut.
Muut vaatimukset:	

TAULUKKO 6. Sanoman koostaminen.

Nimi:	Sanoman koostaminen
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	Sanomaan tarvittavat tiedot ovat käytettävissä tai ne voidaan hankkia.
Kuvaus:	Sanomankirjoitustilassa täytetään tarpeelliset kentät ja ohjelma koostaa sanoman. Lähetettävä sanoma esitetään näytössä ja käyttäjä aktivoi sanoman lähetyksen.
Poikkeukset:	Tarpeellisia kenttiä ei ole täytetty tai on annettu virheellisiä tietoja. Sanomaa ei tarjota lähetettäväksi, ennen kuin tiedot ovat hyväksyttäviä.
Lopputulokset:	Oikeanmuotoinen sanoma on lähetetty BACnet-laitteelle.
Muut vaatimukset:	WiFi yhteys olemassa ja verkkoyhteystiedot asetettu.



TAULUKKO 7. Sanoman avaus.

Nimi:	Sanoman avaus.
Suorittaja:	Käyttäjä
Esiehdot:	BACnet-laitteelta saatu oikeanmuotoinen sanoma.
Kuvaus:	Sanoma puretaan rakenteensa mukaisiin osiin ja tallennetaan muistiin.
Poikkeukset:	Sanoman muoto ei ole oikea. Ilmoitetaan ensimmäinen kenttä, joka on virheellinen. Sanoman purku päättyy ja sanoma merkitään virheelliseksi.
Lopputulokset:	Sanoma on purettu osiin ja tallennettu myöhempää käyttöä varten.
Muut vaatimukset:	BACnet-laitteelta saatu luettua lokitiedot, jotka voidaan purkaa.

## 5.2 Sovelluksen säikeistetty suoritus

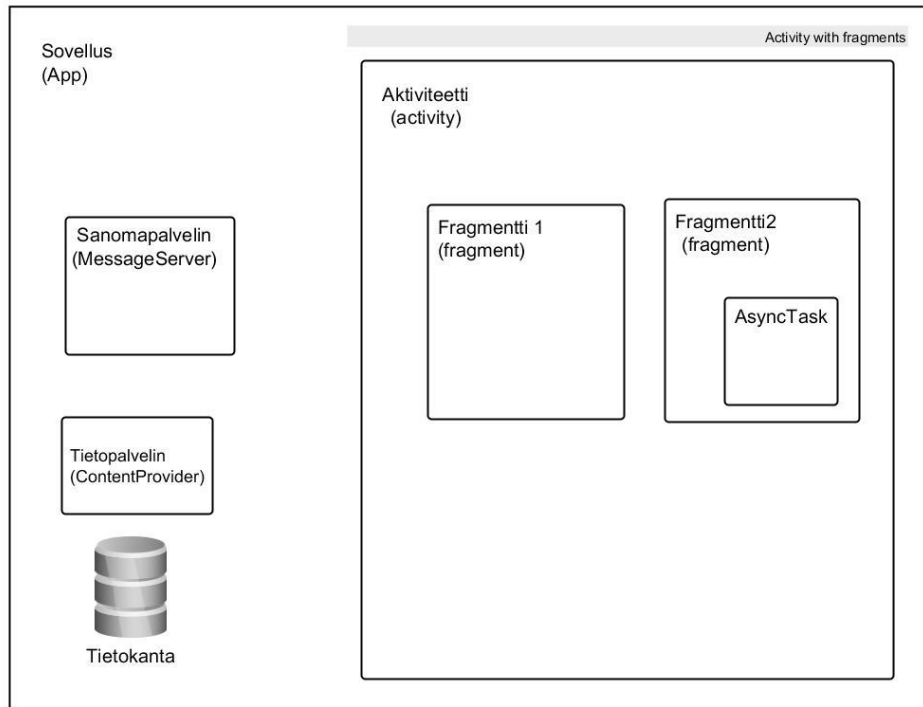
Käynnistettäessä Android sovellus järjestelmä luo yhden säikeen (pääsäikeen), jossa oletusarvoisesti ajetaan kaikki sovelluksen komponentit. Luodun säikeen päätehtävä on huolehtia käyttöliittymän tapahtumista ja näkymistä. Kaikkia käynnistettäviä komponentteja ajetaan pääsäikeessä. Komponentti, jonka suoritus kestää kauan (> 300 ms) aiheuttavat sovelluksen lukittumisen suorituksen ajaksi. Käyttäjälle tulee tunne, että laite on kaatunut tai mitään ei tapahdu. Seurauksena on käyttöjärjestelmän antama ”Application is not responding” ilmoitus. Tilanteen korjaamiseksi komponentti käynnistetään toiseen säikeeseen, jolloin käyttöliittymä voi toimia normaalisti.

Jokaisen sovelluksen sisällä voidaan suorittaa useita toimintoja samanaikaisesti käyttämällä säikeitä. Käyttöjärjestelmä huolehtii prosessoriajan jaosta ja valvoo myös säikeitä estäen esimerkiksi verkkoliikennöinnin käyttöliittymäsäikeessä.

## 5.3 Sovelluksen rakenteesta

Sovelluksen rakenteeksi valittiin aktiviteetti ja sen sisäiset fragmentit. Sovellus käyttää paljon verkkoliikennettä sekä kokoaa ja purkaa sanomia. Näihin tehtäviin käytetään *service* komponentteja, joita suoritetaan tausta-ajotilassa.

Tietokantana käytetään SQLite kantaa, johon tulevat viestit ja lähetetyt viestit tallennetaan. Kannan käsittely toteutetaan *ContentProvider* luokalla, jolloin sovelluksen tietokantaan tallettama tieto on myös sovellusten saatavilla. Sanomankäsittelyssä tarvittavia tietoja säilytetään *SharedPreferences* tiedostoissa. Sovelluksen rakenneperiaate näkyy kuviossa 10.

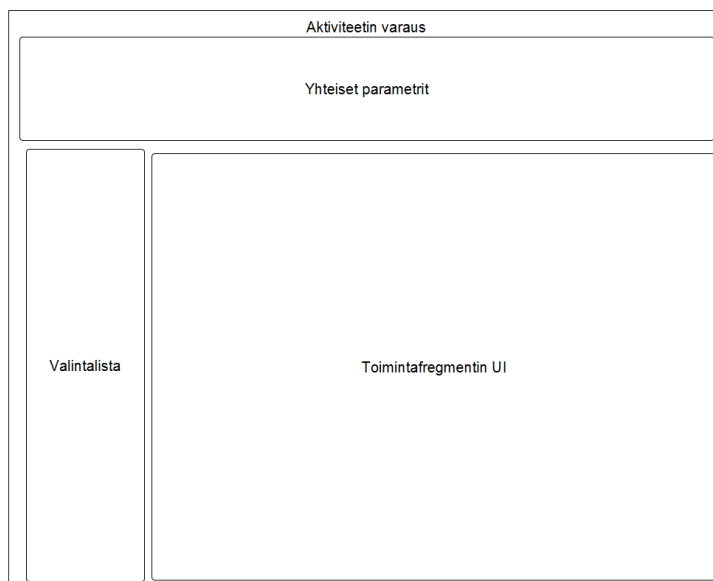


KUVIO 10. Sovelluksen rakenteen periaatekuva.

Kuvassa näkyvät Tietokantapalvelu ja Sanomapalvelu on toteutettu itsenäisinä palveluprosesseina, jotka saavat suoritusaikaa eri säikeestä kuin käyttöliittymäprosessi.

#### 5.4 Käyttöliittymän ulkoasu

Kuviossa 11 on rakenneperiaate, jossa näkyy yläosassa aktiviteetin jatkuvasti esillä oleva osoitekenttä ja vasemmassa laidassa oleva toimintojen valintalista. Kolmantena ja suurimpana osana on suoritettavien tehtävien mukaan vaihtuvien fragmenttien alue. Suoritettava toiminta valitaan vasemmassa reunassa olevasta valintalistasta.



KUVIO 11. Käyttöliittymän ulkoasu.

## 6 HUOLTOMIEHEN PÄÄTE

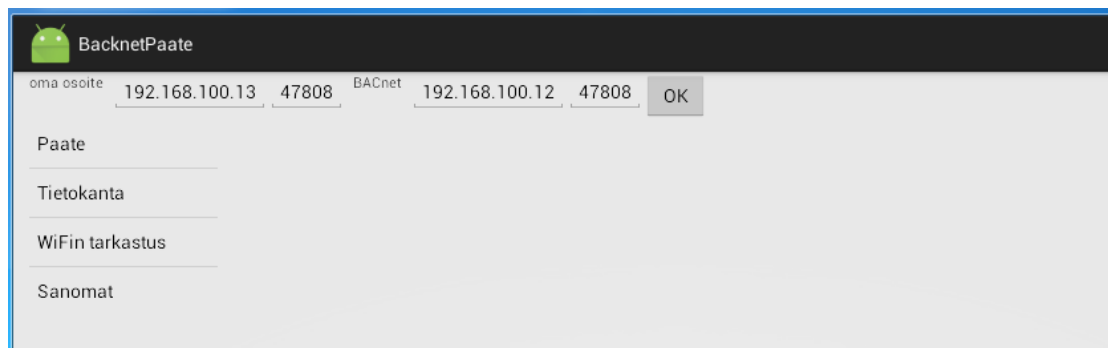
Huoltomiehen pääte sovellus on tarkoitettu valvomoverkkoon liittämättömän, usein pienen kohteen kiinteistöautomaation päätelaitteeksi, joka kulkee huoltohenkilön mukana. Se liitetään WiFi verkon välityksellä automaatioasemaan, jossa on tarvittavaohjelmisto ja LAN liitintä, johon liitetään soveltuva WiFi adapteri WLAN yhteyden muodostamiseen.

Sovelluksen tärkein ominaisuus on kytkeytyminen automaatioasemaan, lukea poikkeamalokin tilanne ja hyväksyä sitä tarvitsevat muutosilmoitukset.

Toteutetut osat ovat sanomien lähetys, tietokannan poistaminen, lokitietojen haku- ja selailu sekä hälytysten hyväksymistoiminto. Jokainen näistä on oma fragmenttinsa, joka otetaan käyttöön valintalistalta.

### 6.1 Sovelluksen käynnistäminen

Sovelluksen käynnistäminen avaa näkymän, jossa yläreunassa näkyvät päätteen oma oletusosoite vasemmassa yläkulmassa ja sen oikealla puolella BACnet-laitteen IP – osoitteen oletusarvo (kuvio 12). Samoin käytetty portti näkyy kymmenjärjestelmän arvona 47808 = XBAC0.



KUVIO 12. Käyttöliittymänäkymä tietokantafragmentilla.

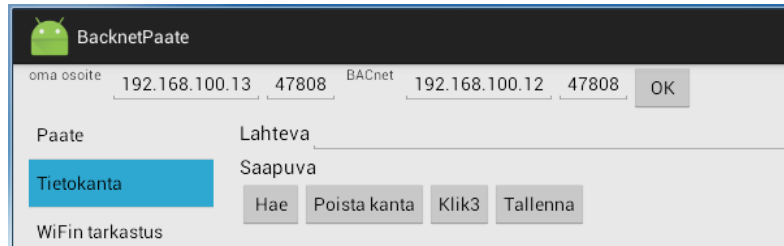
### 6.2 Näytön osat

Näyttö on jaettu toiminnon mukaisiin osiin.

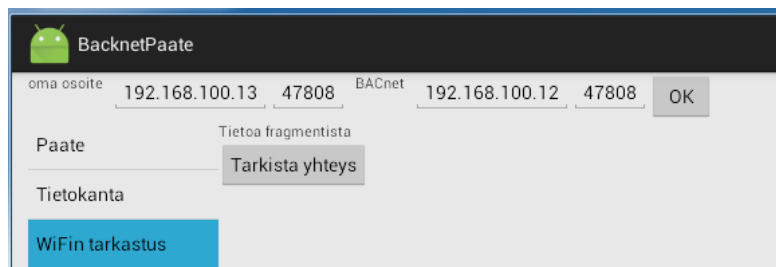
Vasemmassa laidassa on pystysuuntainen valikko-osa, jolla valitaan haluttu toiminto. Näkymän yläosa on varattu pääte-, tietokanta- ja WiFi yhteyden toiminnolle, jotka vuorottelevat näytöllä käyttäjän valinnan mukaan. Kuvioissa 13, 14 ja 15 on näiden toimintojen näkymät.



KUVIO 13. Päätetoiminnan näkymä.

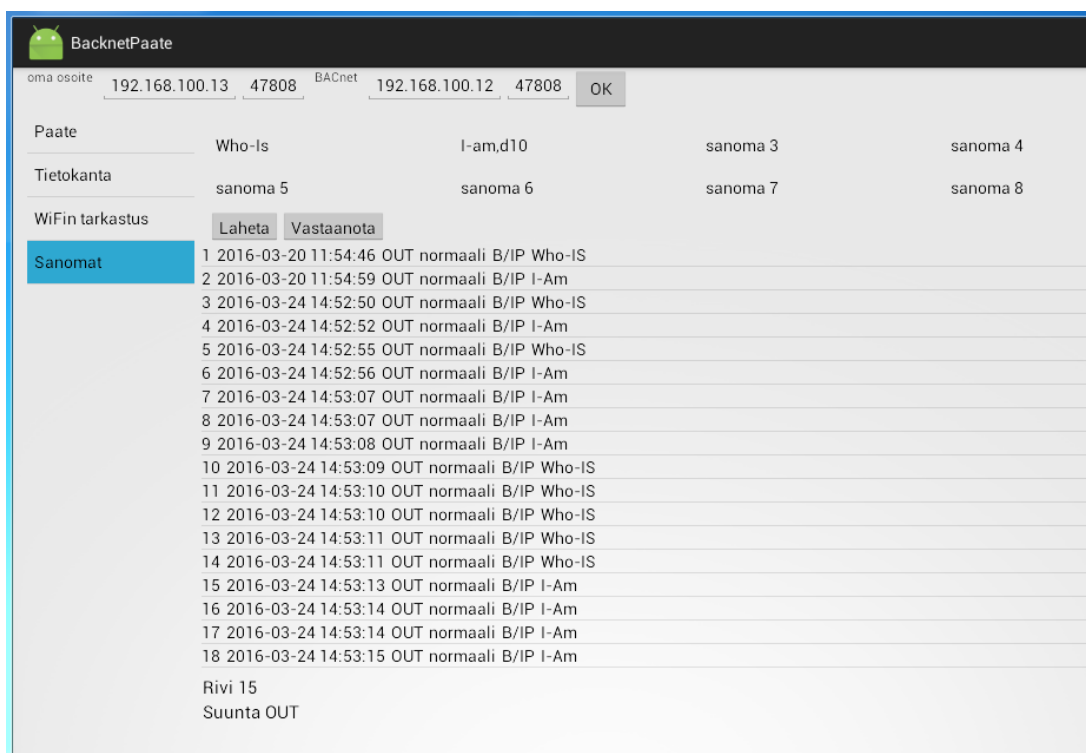


KUVIO 14. Tietokantatoimintojen näkymä.



KUVIO 15. WiFi yhteyden näkymä.

Lokitietojen lukutoiminta ja hälytysten hyväksymistoiminta jakavat näytön alaosan. Osien ulkoasu on staattinen ja määritellään sovelluksessa (kuvio 16).



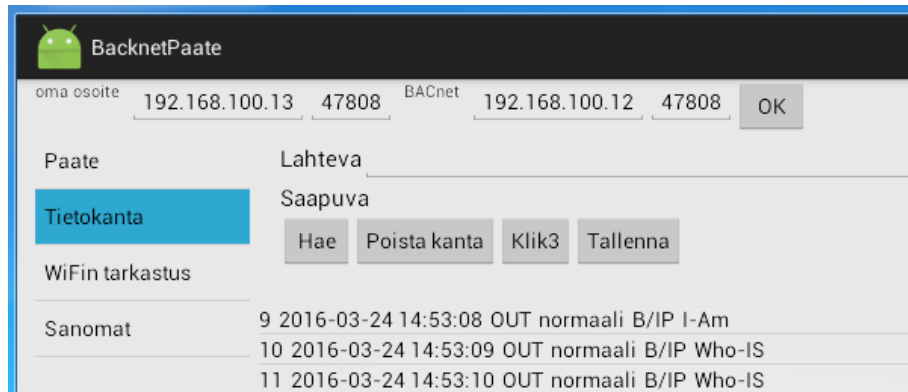
Kuvio 16. Näyttö kokonaisuudessaan.

### 6.2.1 Päätetoiminnot

Päätefragmenttiin voidaan sijoittaa valmiita sanomia, joita lähetetään haluttaessa kar-toittaa verkossa olevia laitteita ja kertoa itsestä muille verkossa. Verkko-osoitteet sano-miin liitetään kuvan yläosan osoitteiden perusteella.

### 6.2.2 Tietokantatoiminnot

Tähän osaan sijoitetaan tietokannan käsittelytoiminnot; kannan rivimäärän selvittämi-nen, yksittäisen rivin poisto ja koko kannan poisto. Kuviossa 17 on näkymä tietokanta-osaan.



KUVIO 17. Tietokantatoiminnot.

### 6.2.3 Sanomat

Saapuvat ja lähtevät sanomat talletetaan tietokantaan, josta ne haetaan näkyviin ”Sanomat” toiminnolla. Sanomat tulostetaan selattavaan listaan vanhimmasta alkaen. Sanomista ilmoitetaan järjestysnumero, tallennusajankohta, suunta, sanomaluokka, palvelun nimi ja kuvaus sanoman sisällöstä. Kuviossa 18 on sanomanäkymä.

Sanomat	9	2016-03-24	14:53:08	OUT	normaali	B/IP	I-Am
	10	2016-03-24	14:53:09	OUT	normaali	B/IP	Who-IS
	11	2016-03-24	14:53:10	OUT	normaali	B/IP	Who-IS
	12	2016-03-24	14:53:10	OUT	normaali	B/IP	Who-IS
	13	2016-03-24	14:53:11	OUT	normaali	B/IP	Who-IS
	14	2016-03-24	14:53:11	OUT	normaali	B/IP	Who-IS

KUVIO 18. Esimerkki sanomanäkymästä.

### 6.2.4 Sanoman yksityiskohdat

Sanoman yksityiskohtia päästään tarkastelemaan valitsemalla listasta sanoma napauttamalla. Avautuvan näkymän sisältö ja toiminnot määräytyvät sanoman mukaan. Tähän näkymään sijoittuvat mahdolliset sanomakohtaiset toiminnot, kuten hyväksymissanomien lähetys. Hyväksyntä tapahtuu valitsemalla hyväksyttävä ilmoitus listalta, jolloin ohjelma poimii sanomasta perustiedot ja käyttäjä täydentää muut tarvittavat tiedot.

## 6.3 Tietokanta ja tietokantapalvelu

Tietokantana on relaatiotietokanta SQLite, joka on kokonaisuudessaan sitä käyttävän sovelluksen sisällä. Tietokanta tukee suurinta osaa SQL-92 standardista. SQLite kirjasto on ”public domain” (yleiseen käyttöön asetettu) ohjelmisto ja se voidaan ottaa käyttöön ilman erillistä lupaa. SQLite tukee tietotyyppiä *null*, *integer*, *real*, *text* ja *blob*.

Androidissa tiedontarjoaja-luokan ilmentymä (ContentProvider) tarjoaa rajapinnan, jonka kautta sovelluksen ohjelmat voivat hakea ja tallentaa tietoa. Rajapinta tarjoaa metodit kannan luomiseen (*onCreate*), tiedon hakuun (*query*), talletukseen (*insert*), päivittämiseen (*update*), poistamiseen (*delete*) ja tietotyypin hakuun (*getType*). ContentProvider toteutusta tarvitaan, kun halutaan antaa muille sovelluksille pääsy sovelluksen omiin tietoihin.

Vaihtoehtoisesti tietokannan käsittelyn voi tehdä SQLiteOpenHelper luokalla, kun tietokanta on sovelluksen sisäinen kanta jota kaikki sovelluksen prosessit voivat käyttää.

#### **6.4 Verkkoyhteyspalvelu**

Verkkoyhteys tarjotaan palvelin-luokkana (*server*), jota suoritetaan omana säikeenään. Palvelun toteutuksessa käytetään alustan tarjoamia verkkopalveluluokkia, jolloin yhteyden luomiseen riittää vastaanottajan IP-osoite ja portti. Tässä sovelluksessa käytetään pelkästään UDP/IP liikennettä, joka yksinkertaistaa toteutusta. Palvelu käsittelee tulevia ja lähteviä sanomia *byte array* muodossa. *Verkkoyhteyspalvelu* suorittaa BACnet sanoman paketoinnin UDP/IP sanomaksi ja purkaa tulevan sanoman UDP/IP sanomasta BACnet sanomaksi. Lähtevät sanomat tulevat valmiiksi käsiteltynä asynkroniselta palvelulta, joka huolehtii myös sanoman talletuksesta tietokantaan. Vastaavasti saapuvat sanomat lähetetään palvelulle, joka purkaa tulevan sanoman ja tallettaa sen tietokantaan.

#### **6.5 BACnet sanomien kokoaminen ja purku**

BACnet standardin mukaisten sanomien kokoaminen ja purkaminen tapahtuu omissa palveluissa (*IntentService*). *IntentService* palvelu on asynkroninen luokka, jonka ilmentymä luodaan kutsuttaessa luokan palvelua ja se pysäyttää itsensä palvelupyyntöjen tullessa suoritetuiksi.

## 7 TESTAUS

Sovellus toteuttaa useita kokonaisuuksia kuten tietokanta, sanomien käsittely ja verkko-liikennöinti. Testaamisessa tarvitaan vastaavasti monenlaisia työkaluja eri osa-alueiden testaukseen.

### 7.1 Android Virtual Device

Android Virtual Device (AVD) on emulaattori, joka mahdollistaa sovelluksen testaamisen ilman fyysistä laitetta. Android Studion mukana tulee joukko valmiita emulaattoreita ja tarvittaessa niistä voi tehdä omia muunnoksia tai luoda kokonaan uusia, omiin tarpeisiin sopivia AVD laitteita.

### 7.2 Verkkoprotokollan analysointi

Verkkoliikenteen analysointiin käytettiin WireShark ohjelmaa, joka on tehty verkkoprotokollien analysointiin. WireShark osaa analysoida lukuisia sanomaprotokollia, myös BACnet sanomaprotokollaa. Kuviossa 19 on WireSharkilla talletettu paketti ja sen analysointitulokset yleislähetystenä tehdystä Bacnet sanomasta ”Who-Is”. Sanoma on lähetetty VTS työkalusta.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	3.421811000	192.168.100.12	255.255.255.255	BACnet-APDU	54	Unconfirmed-REQ who-Is
5	3.585658000	192.168.100.12	192.168.100.255	BACnet-APDU	67	Unconfirmed-REQ i-Am device,10

Filter: ((udp) && ((ip.addr == 192.168.100.12) || (ip.addr == 192.168.100.13)))

Expression... Clear Apply Save pakki1 pakki2

Frame 3: 54 bytes on wire (432 bits), 54 bytes captured (432 bits) on interface 0

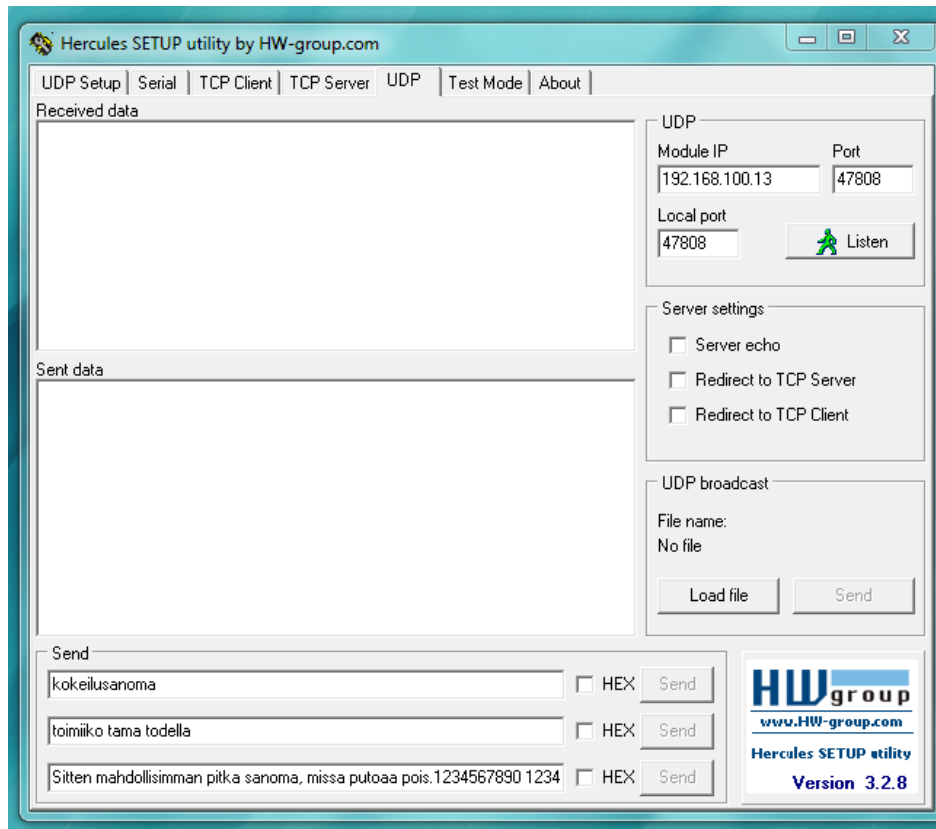
- Ethernet II, Src: HewlettP\_fd:51:8f (e4:11:5b:fd:51:8f), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
- Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.12 (192.168.100.12), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
- User Datagram Protocol, Src Port: 47808 (47808), Dst Port: 47808 (47808)
  - Source Port: 47808 (47808)
  - Destination Port: 47808 (47808)
  - Length: 20
  - Checksum: 0x24da [validation disabled] [Stream index: 1]
- BACnet Virtual Link Control
  - Type: BACnet/IP (Annex J) (0x81)
  - Function: Original-Broadcast-NPDU (0x0b)
  - BVLC-Length: 4 of 12 bytes BACnet packet length
- Building Automation and Control Network NPDU
  - Version: 0x01 (ASHRAE 135-1995)
  - Control: 0x20
  - Destination Network Address: 65535
  - Destination MAC Layer Address Length: 0 indicates Broadcast on Destination Network
  - Hop Count: 255
- Building Automation and Control Network APDU
  - 0001 .... = APDU Type: Unconfirmed-REQ (1)
  - Unconfirmed Service Choice: who-Is (8)

KUVIO 19. Who-Is sanoma.



### 7.3 Hercules SETUP utility

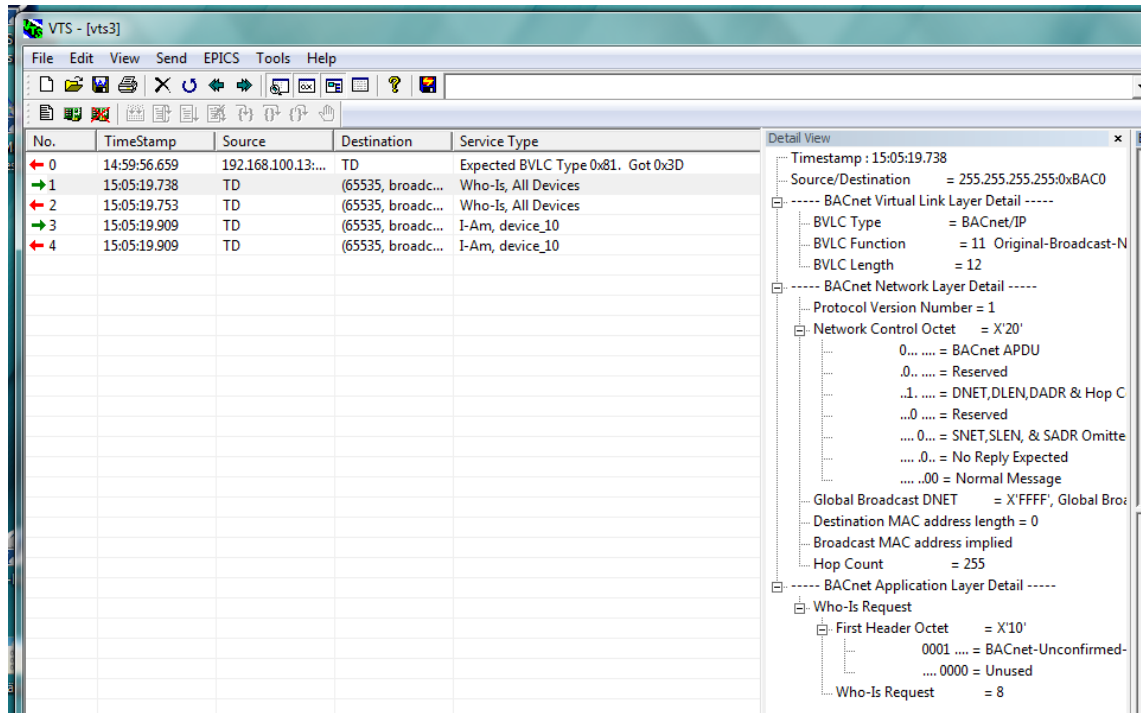
Sarjaliikenneterminaalityökalu, joka toimii useiden sarjaliikennemedioiden päätelaitteenä. Tässä työssä sitä on käytetty UDP/IP liikenteen perustestauksessa. UDP toimintatilassa käyttö lähinnä UDP pakettien lähettämisessä kohdelaitteelle. Ohjelman näkymä on kuviossa 20.



KUVIO 20. Hercules työkalun käyttöpäätteenäkymä.

## 7.4 VTS

VTS on MS Windows sovellus BACnet-laitteen toiminnallisuuden testaamiseen. Sen on kehittänyt N.I.S.T Building and Fire Research Laboratory (National Institute of Standard and Technology). Näkymä työkalusta on kuviossa 21.



KUVIO 21. VTS näkymä "Who-Is" sanomasta, lähetetty tästä ohjelmasta.  
(Sourceforge, Bacnet tester)

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Huoltomiehenpäätteen sovellus BACnet ympäristöön päätelaitteena Android tabletti. Tärkeimmäksi tavoitteeksi asetettiin hälytysten luku pääteasemalta ja hälytyksen kuittaus. Tähän tavoitteeseen en päässyt, vaan työn tuloksena syntyi prototyyppi päätelaitteesta, jota voisi kehittää eteenpäin ja tehdä huomattavasti monipuolisemman laitteen.

Työssä oli kaksi haastetta

- BACnet ympäristö oli tekijälle täysin vieras. BACnetissa ei ole kuitattavia hälytyksiä, vaan eritasoisia ilmoituksia, jotka generoivat tapahtumia, joista osa vaatii ilmoituksen havaituksi tulemisesta (standardin mukaan tämä hyväksyntä tulisi olla käyttäjän tekemä).
- Android ohjelmointiympäristönä oli myös uusi kokemus, jonka riittävä omaksuminen vaati työtä ja vei aikaa.

BACnetista löytyi jonkin verran tietoa internetistä ja standardi vuodelta 2012, jossa on yli tuhat sivua. Sanomarakenteet ja sekvenssit, joita tässä työssä tarvittiin, olivat työläitä löytää. Parhaaksi tueksi osoittautui BACnet-laitteiden toiminnallisuuden testaukseen tarkoitettu VTS työkalu.

Androidista on olemassa paljon materiaalia ja esimerkkejä, jotka ovat osittain toistensa kopioita. API tasoilla kerrotaan mihin Android versioon kehitystyö on tähdätty. Android Studio osoittautui hyväksi ja monipuoliseksi kehitystyökaluksi.

Sovelluksen perusrakenne vaikuttaa käyttökelpoiselta. Tärkein kehityksen kohde on sanomien kokoamis- ja purkutyökalun rakentaminen. BACnetin sanomien moninaisuus lisää päällekkäisen työn tarvetta.

BACnet pääteaseman pisteiden nimeämisen tuominen Huoltomiehenpäätteen tarviin ratkaista. Jokaiselle kohteelle tarvitaan oma nimikartta, jollei tyydytä BACnetin yleisnimityksiin.

Kerätyn lokitiedon talletus kohteittain ja jatkokäsittely toisella on harkitsemisen arvoisen ominaisuus. Jatkokäsittely voi olla vikahistorian kerääminen, säätökohtaisen pistetiedon kerääminen tai muuta tietoa.

## LÄHTEET

Overview

Official Website of ASHRAE SSPC 135.

Luettu 4.3.2015.

<http://www.bacnet.org/Overview/index.html>

BACnet/IP.

Luettu 4.3.2015

<http://www.bacnet.org/Tutorial/BACnetIP/index.html>

Newman, M .

BACnet – A Tutorial Overview.

Luettu 5.3.2015.

<http://www.bacnet.org/Tutorial/HMN-Overview/sld001.htm>

BACnet Primer MKT-0233

Luettu 7.3.2015

[www.phoenixcontrols.com/CatalogDocuments/Products/Network Integration/BACnet Primer \(MKT-0233\).pdf](http://www.phoenixcontrols.com/CatalogDocuments/Products/Network%20Integration/BACnet%20Primer%20(MKT-0233).pdf)

BACnet tutorial BACnet/IP.

Luettu 18.5.2015.

<http://www.bacnet.org/Tutorial/BACnetIP/sld010.html>

IDC.

Smartphone OS Market Share, 2015 Q2.

Luettu 27.9.2015.

<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>

Arstechnica,

16.7.2014.

The history of Android.

Luettu 20.5.2015.

<http://arstechnica.com/gadgets/2014/06/building-android-a-40000-word-history-of-googles-mobile-os/1/#milestone3>

Wiki

Android

Luettu 22.5.2015.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Android>

Tutorialspoint

Android Architecture.

Luettu 23.5.2015.

[http://www.tutorialspoint.com/android/android\\_architecture.htm](http://www.tutorialspoint.com/android/android_architecture.htm)

Wiki.

Android operating system

Luettu 23.5.2015

[http://en.wikipedia.org/wiki/Android\\_%28operating\\_system%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29)

Sauter

EY-modulo 5 System Description

Luettu 25.9.2015

[http://www.sauter-controls.com/uploads/tx\\_cabagpdm/814797.pdf](http://www.sauter-controls.com/uploads/tx_cabagpdm/814797.pdf)

Sauter

EY-RC 502: Room automation station, ecos 502

([www.sauter-controls.com/uploads/tx\\_cabagpdm/859867.pdf](http://www.sauter-controls.com/uploads/tx_cabagpdm/859867.pdf))

Dexmatech

Sauter Modulo525

<http://support.dexmatech.com/customer/portal/articles/1052312-sauter-modu525>

StackExchange

Android Enthusiast

Which Android runs which Linux kernel?

Luettu 22.3.2016

<http://android.stackexchange.com/questions/51651/which-android-runs-which-linux-kernel>

VTS

Visual Test Shell for BACnet.

Sourceforge.

<https://sourceforge.net/projects/vts/>

Kargs, C.

BACnet Basics 2015 (pdf)

kargs.net

[http://kargs.net/BACnet/BACnet\\_Basics.pdf](http://kargs.net/BACnet/BACnet_Basics.pdf)

## LIITTEET

## Liite 1. PICS Sauter EY-modulo 5

# WSPCert Certificate

**No. BAC-0003-06**

WSPCert attests the conformance of the following BACnet implementation to the BACnet standard ISO 16484-5:2007. The attested conformance refers to the BACnet Interoperability Building Blocks (BIBBs) listed in the annex of this certificate.

The BACnet Building Controller (B-BC)

**SAUTER EY-modulo 5  
modu525 : EY-AS525F001**

with the software version:

**2.0.16**

of

**Fr. Sauter AG**

Im Surinam 55, 4016 Basel, Switzerland

has fulfilled the requirements according to the test standard ISO 16484-6, the BTL/WSPLab Test Plan 1.0 and the Certification Rules of the BACnet Interest Group Europe, see **WSPLab Test Report No. 09.61.SAG.003 and 08.61.SAG.002.1.**

The certificate is valid  
until 2014/02/13

Date of renewal  
2013/04/16

2009/02/13

Date of initial certification



Dipl.-Ing. G. Weinmann  
Head of Certification Body



WSPCert is accredited by  
DGA mbH according to EN 45011



DGA-ZE-2466.00

WSPCert, Kapuzinerweg 7, 70374 Stuttgart, Germany  
phone: +49 (0)711 9539220, fax: +49 (0)711 9539226  
email: info@wspcert.de

KUVIO 22. PICS määrittelyn kansilehti.



## Annex to Certificate No. BAC-0003-06

The certification of the BACnet Implementation  
**SAUTER EY-modulo 5 modu525 : EY-AS525F001**  
 of **Fr. Sauter AG**

refers to the BACnet Interoperability Building Blocks (BIBBs) listed below. BIBBs other than listed are not part of the certification.

BACnet Interoperability Building Blocks	
DS-RP-A	Data Sharing – Read Property – A
DS-RP-B	Data Sharing – Read Property – B
DS-RPM-A	Data Sharing – Read Property Multiple – A
DS-RPM-B	Data Sharing – Read Property Multiple – B
DS-WP-A	Data Sharing – Write Property – A
DS-WP-B	Data Sharing – Write Property – B
DS-WPM-B	Data Sharing – Write Property Multiple – B
DS-COV-A	Data Sharing – Change Of Value – A
DS-COV-B	Data Sharing – Change Of Value – B
DS-COVU-A	Data Sharing – Change Of Value Unsolicited – A
DS-COVU-B	Data Sharing – Change Of Value Unsolicited – B
AE-N-I-B	Alarm and Event – Notification Internal – B
AE-ACK-B	Alarm and Event – Acknowledge Alarm – B
AE-INFO-B	Alarm and Event – Information – B
AE-ASUM-B	Alarm and Event – Alarm Summary – B
SCHED-I-B	Scheduling – Internal – B
SCHED-E-B	Scheduling – External – B
T-VMT-I-B	Trending – Viewing and Modifying Trends Internal – B
T-ATR-B	Trending – Automated Trend Retrieval – B
DM-DDB-A	Device Management – Dynamic Device Binding – A
DM-DDB-B	Device Management – Dynamic Device Binding – B
DM-DOB-B	Device Management – Dynamic Object Binding – B
DM-DCC-B	Device Management – Device Communication Control – B
DM-TS-B	Device Management – Time Synchronisation – B
DM-UTC-B	Device Management – UTC Time Synchronisation – B
DM-RD-B	Device Management – Reinitialize Device – B
DM-BR-B	Device Management – Backup and Restore – B

KUVIO 23. Laitteen BIBBs tiedot.