



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Södergård

SUNDOM SMART GRID DATAN SUO- DATUS JA TALLENNUS

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Södergård
Opinnäytetyön nimi	Sundom Smart Grid datan suodatus ja tallennus
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	58
Ohjaaja	Timo Kankaanpää

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella ja toteuttaa ohjelma, joka suodattaa ja esittää suodatettua dataa Sundom Smart Gridistä. Opinnäytetyössä tehdyllä ohjelma pystyy suodattamaan, esittämään ja tallentamaan dataa IEC 61850-protokollaa käyttävien IDE-laitteiden aliverkosta tai pcap-tiedostosta, johon on tallennettu samankaltaisen aliverkon liikennettä.

Opinnäytetyössä käytetään hyväksi IEC 61850-9-2-standardin käyttämiä Sampled Values-arvoja. Ohjelma on koodattu käyttäen Java-ohjelmointikieltä. Ohjelma käyttää Java-kielelle tehtyä kirjastoa jNetPcap Sundom Smart Gridistä tulevien Ethernet-pakettien kaappaamiseen ja suodattamiseen. Haluttujen arvojen suodattaminen Sampled Valueista tapahtuu tässä työssä tehdyllä kirjastolla. Käyttöliittymä on toteutettu käyttäen Java-ohjelmointikielen graafista käyttöliittymäkirjastoa JavaFX:ää.

ABSTRACT

Author	Jani Södergård
Title	Sundom Smart Grid filtering and saving data
Year	2016
Language	Finnish
Pages	58
Name of Supervisor	Timo Kankaanpää

The subject of this thesis is to plan and develop program for filtering and saving data from the Sundom Smart Grid. The program made in this thesis can be used to filter, show and save data from subnetwork of IED devices or from pcap-file which has saved traffic from same kind of subnetwork.

Program is programmed using Java coding language and takes advantage of IEC 61850 Sampled Values. The program uses Java library jNetPcap to capture and filter ethernet packets from Sundom Smart Grid. The values wanted from the IEC 61850 SV ethernet packets are filtered using library made in this thesis. Graphical User Interface has been programmed using JavaFX library.

Keywords Smart Grid, IEC 61850, Java, Ethernet, Sampled Values, jNetPcap, JavaFX

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITELUETTELO

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO	10
2	KÄYTETYT TEKNOLOGIAT	11
2.1	IEC 61850-standardi	11
2.1.1	Yleistä	11
2.1.2	IEC 61850-9-2	11
2.2	Tiedostoformaatti pcap	11
2.3	jNetPcap	12
2.4	Java	12
2.5	Eclipse	12
2.6	JavaFX	12
2.7	JSON	12
2.8	GSON	13
2.9	Näytteenottotaajuus	13
2.10	RMS-jännitteen ja virran laskeminen	13
3	VERKKOANALYSAATTORIN MÄÄRITTELY	15
3.1	Vaatimusmäärittely	15
3.2	Toiminnallinen määrittely	17
3.2.1	Käyttötapauskaavio	18
3.2.2	Käyttötapaukset	19
3.2.3	Sekvenssikaaviot	34
4	SOVELLUKSEN SUUNNITTELU	37
4.1	Arkkitehtuuri	37
4.2	Luokkakaaviot	37
5	TOTEUTUS	42
5.1	IEC 61850 SV -Ethernet-kehysten kaappaaminen	42
5.2	IEC 61850 SV-datan suodatus selkokieliiseksi	44
5.3	IEC 61850-SV-datasta RMS-arvojen laskeminen	45

5.4 Käyttöliittymän suunnittelu ja luonti	45
5.5 Käyttöliittymän lisäominaisuudet	46
6 TESTAUS.....	47
7 YHTEENVETO	57
LÄHTEET.....	58

KÄSITELUETTELO

IED	Intelligent Electronic Device, älykäs sähköverkon suojalaite
IEC 61850	International Electrotechnical Commission määrittelemä viestintästandardi sähköasemien automaattiosysteemeille
Sampled Values(SV)	IEC 61850-standardin Sampled Valuesia käytetään lähettämään sähköverkon digitaalisia välittömiä arvoja
MAC-osoite	Media access control address, verkkosovittimen yksilöivä
svID	IED-laitteen yksilöivä ID-tunnus
Smart Grid	Älykäs sähköverkko
Java	Oliopohjainen ohjelmointikieli
pcap	tiedostomuoto verkkoliikenteen tallentamiseen
libpcap	Unix käyttöjärjestelmille tehty kirjasto pcap-tiedostojen toteutukseen
jNetPcap	Java-pohjainen kirjasto Ethernet-pakettien kaappaamiseen ja suodattamiseen
GUI	Graphical User Interface, graafinen käyttöliittymä
JavaFX	Graafisen käyttöliittymän ohjelmoimiseen tarkoitettu kirjasto
RMS-arvo	RMS (root mean square) tarkoittaa sähkötekniikassa tehollisarvoa.
JSON	Tiedonvälityksessä käytetty avoimen standardin tiedostomuoto

gson	Java-kirjasto, joka pystyy muuttamaan Java-oliot JSONiksi ja toisin päin.
Wireshark	Wireshark on pakettianalysointiohjelma, jolla pystyy kaappaamaan ja seuraamaan verkkojen liikennettä. Wireshark käyttää pcapia pakettien kaappaamiseen.
Hex dump	Heksadesimaalinen näkymä tiedoista.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Verkkooanalysointorin käyttötapauskaavio	18
Kuvio 2. Käyttäjä valitsee tarkkailtavan verkkokortin	20
Kuvio 3. Taulukoidut IED-laitteet lähiverkossa	20
Kuvio 4. Käyttäjä valitsee luettavan pcap-tiedoston	22
Kuvio 5. IED-laitteiden lista pcap-tiedostosta	22
Kuvio 6. Verkkokortti valittuna	22
Kuvio 7. IED-laite valittuna	24
Kuvio 8. Ajastimen asettaminen	24
Kuvio 9. RMS-arvojen hakeminen valitusta IED-laitteesta	26
Kuvio 10. Esimerkki luodusta JSON-tiedostosta	28
Kuvio 11. Kuvaajien välilehti	29
Kuvio 12. RMS-jännitteiden kuvaaja	30
Kuvio 13. Käyttäjä valitsee Limits and Save to Folder -välilehden	31
Kuvio 14. Raja-arvojen valitseminen	32
Kuvio 15. Ajastimen valitseminen	34
Kuvio 16. Sekvenssikaavio, kun ohjelma hakee listan verkkosovittimista	35
Kuvio 17. Sekvenssikaavio, kun avataan pcap-tiedosto	35
Kuvio 18. Sekvenssikaavio, kun haetaan lista IDE-laitteista verkkosovittimelta	36
Kuvio 19. Pakettikaavio opinnäytetyön projektista	37
Kuvio 20. UI-pakkauksen luokkakaavio	38
Kuvio 21. Controller-pakkauksen luokkakaaviot	39
Kuvio 22. Offlinecontroller-pakkauksen luokkakaaviot	40
Kuvio 23. Dumpcontroller-pakkauksen luokkakaaviot	40
Kuvio 24. Data-pakkauksen luokkakaaviot	41
Kuvio 25. Esimerkki jNetPcapin käytöstä	43
Kuvio 26. Esimerkki Wireshark-ohjelman hex dumpista	44
Kuvio 27. Työssä tehdyn ohjelman suodatetut arvot	47
Kuvio 28. Wireshark-ohjelmalla saadut arvot	48

Taulukko 1. Vaatimusmäärittely	15
Taulukko 2. Ei-toiminnalliset vaatimukset	16
Taulukko 3. Käyttötapauskaavio, kun valitaan tarkkailtava verkkokortti	19
Taulukko 4. Käyttötapauskaavio, kun valitaan pcap-tiedosto luettavaksi	21
Taulukko 5. Käyttötapauskaavio, kun valitaan IED-laite listalta	23
Taulukko 6. Käyttötapauskaavio, kun ohjelma laskee RMS-arvoja	25
Taulukko 7. Käyttötapauskaavio, kun RMS-arvojen laskeminen on loppunut ja ohjelma tekee RMS-arvoista JSON-tiedoston	27
Taulukko 8. Käyttötapauskaavio, kun ohjelma avaa RMS-arvojen kuvaajan	28
Taulukko 9. Käyttötapauskaavio, kun käyttäjä asettaa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle	30
Taulukko 10. Käyttötapauskaavio, kun valitaan raja-arvot ja seurataan niiden ylityksiä	33
Taulukko 11. Ohjelman testaustaulukko, kun tietokone liitettyä IED-laitteiden aliverkkoon	49
Taulukko 12. Testaustaulukko, kun ohjelmalle valitaan pcap-tiedosto	52
Taulukko 13. Ohjelman testaustaulukko yleistapauksille	54

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö perustuu Sundom Smart Grid –tutkimushankkeesta saatuun sähköverkon mittausdataan. INKA –ohjelman kautta rahoitetussa hankkeessa Vaasan seudun energia-alan toimijat Vaasan Sähkö –konserni, ABB, Anvia ja Vaasan Yliopisto kehittävät älyverkkoratkaisuja. Työn tarkoituksena on tehdä ohjelma, joka pystyy kaappaamaan ja suodattamaan sähköverkon broadcast-streameista kaiken mittausdatan eli IEC 61850 Sampled Values protokollan-paketit.

Työn tavoitteena on suodattaa ja taulukoida SV-paketeista eri mittauspisteet ja hakea tarvittavat mittausarvot. Työhön kuuluu myös käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus. Ohjelmalla käyttäjä voi valita haluamansa mittauspisteen eli IDE-laitteen ja saa reaaliaikaista suodatettua dataa mittauspisteestä.

Työn suurin haaste on suodattaa kaapatuista SV-paketeista haluttuja arvoja, kuten jännite-, virta- ja laatuarvoja. Työssä käytetty jNetPcap Java-kirjasto kaappaa pelkästään halutut Ethernet-paketit. Itse pakettien suodatus tapahtuu itse tehdyllä kirjastolla.

Toteutettu ohjelma kytketään IED-laitteiden kanssa samaan lähiverkkoon. Kyseinen IED-laitteiden lähiverkko on yksisuuntainen, joten ohjelma ainoastaan vastaanottaa dataa, eikä lähetä mitään takaisin IED-laitteille.

2 KÄYTETYT TEKNOLOGIAT

2.1 IEC 61850-standardi

2.1.1 Yleistä

IEC 61850 on International Electrotechnical Commission määrittelemä viestintästandardi sähköasemien automaatiojärjestelmille. Standardi kuvaa viestinnän MMS:n (Manufacturing Message Specification), GOOSEn (Generic Object Oriented Substation Event) ja SMV:n (Sampled Measured Values) avulla. Kyseiset protokollat toimivat Ethernet-verkon kautta tai sähköasemien lähiverkossa. /3/ Tämä opinnäytetyö keskittyy ainoastaan SMV-protokollan hyödyntämiseen.

Standardin tärkeimpänä tavoitteena on se, että eri valmistajien suojarleet pystyvät kommunikoimaan keskenään ja ovat yhteensopivia.

2.1.2 IEC 61850-9-2

IEC 61850-9-2 on osa IEC 61850-standardia, joka käsittää SV-arvojen lähettämistä yli lähiverkossa toisin sanoen yli ISO/IEC 802-3 verkon yli. SV-arvot ovat lähtöisin jännite- ja virtamuuntajien ulostuloista, jotka ovat yleensä releissä ja IED-laitteissa. Standardi esittää kyseisten ulostulojen digisointia ja lähettämistä yli lähiverkossa.

2.2 Tiedostoformaatti pcap

Tiedostoformaatti pcap (packet capture) sisältää verkkoliikennedatua. Verkkoliikennettä yleensä tallennetaan pcap-tiedostoon suoraan tarkkailemalla verkkokortissa liikkuvaa dataa. Unix-käyttöjärjestelmille on tehty kirjasto nimeltään libpcap, joka käyttöönottaa pcap-tiedostoformaatin kyseisille käyttöjärjestelmille. Windows-käyttöjärjestelmille on tehty oma pcap-kirjasto nimeltään WinPcap, joka on siirretty valmiina olevasta libpcap-kirjastosta. /5/

2.3 jNetPcap

Java-kirjasto jNetPcap on avoimen lähdekoodin kirjasto. Kirjasto sisältää Java-kielelle tehdyt lähes kaikki libpcap-kirjaston komennot ja sisältää joukon tietoliikenneprotokollia. Kirjastolla pystyy myös purkamaan kaapattuja verkkoliikennepaketteja reaaliaikaisesti. Opinnäytetyössä käytetään kirjaston 1.3.0 versiota Windows 32-bit alustalle. /2/

2.4 Java

Java on oliopohjainen ohjelmointikieli. Ohjelmointikielenä Java on laitteistoriippumaton, joten Javalla ohjelmoitujen ohjelmien pitäisi periaatteessa toimia käyttöjärjestelmästä ja laitteistosta riippumatta samalla lailla. /1/

2.5 Eclipse

Opinnäytetyössä käytettiin Eclipseä ohjelmointiympäristönä. Työn ohjelma päätettiin tehdä Java-kielellä, johon Eclipse sopeutuu hyvin.

2.6 JavaFX

JavaFX on joukko grafiikka- ja mediapakkauksia. JavaFX:n avulla ohjelmistokehittäjä pystyy suunnittelemaan, ohjelmoimaan ja testaamaan työpöytäsovelluksia, jotka toimivat eri alustoilla.

JavaFX on ohjelmoitu Java API:na, joten JavaFX-ohjelmakoodia pystyy viittamaan mihin tahansa Java-kirjastoon. Tässä opinnäytetyössä viitattu Java-kirjasto on jNetPcap. /4/

2.7 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) on avoimen standardin tiedostomuoto, joka on tarkoitettu tiedonvälitykseen. JSON on riippumaton mistään erityisestä ohjelmointikielestä vaikkakin JavaScriptin nimi on osa sen koko nimeä. JSONin tiedosto-

pääte on json. Yleisesti JSONia käytetään palvelimien ja käyttäjien välisessä ei-synkronisessa kommunikaatiossa. /6/

2.8 GSON

Gson on Java-kirjasto, jolla pystyy muuttamaan Java-oliot JSON tiedostomuotoon. Muuntaminen onnistuu myös toisin päin, JSON muodosta Java-olioksi. Kyseinen kirjasto on Googlen omistama. /7/

2.9 Näytteenottotaajuus

Ohjelma toimii tällä hetkellä vain IED-laitteiden kanssa, jotka lähettävät 80 näytettä per jakso. IED-laitteet pystyvät myös lähettämään 256 näytettä per jakso. Opinnäytetyössä käytetyissä IED-laitteiden lähiverkossa ei ole 256 näytettä lähetettäviä IED-laitteita, joten kyseistä ominaisuutta ei tehty. IED-laite, joka lähettää 256 näytettä per jakso, lähettää eri kokoisia Ethernet-kehyksiä kuin 80 näytettä lähettävät.

2.10 RMS-jännitteen ja virran laskeminen

Kaava RMS-jännitteen V_{RMS} vaiheesta vaiheeseen

$$V_{RMS} = A_1 * \sqrt{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

, jossa A_1 on jännitteen jakson amplitudi eli jakson huippujännite

Yleisesti ottaen tässä opinnäytetyössä käytetyissä IED-laitteissa jakson huippujännite on noin 16,8 kiloVoltia. Tällöin RMS-jännitteeksi muodostuisi:

$$V_{RMS} = 16,8 \text{ kV} * \sqrt{\frac{3}{2}} = 20,6 \text{ kV} \quad (2)$$

Kaava RMS-jännitteen V_{RMS} nollajännitteelle on seuraava

$$V_{RMS} = \frac{A_1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

, jossa A_1 on jännitteen jakson amplitudi eli jakson huippujännite

Nollajännite vaihtelee opinnäytetyön IED-laitteesta laitteeseen. Esimerkkinä yhdessä laitteessa nollajännitteen huippuarvo on noin 213 Volttia. Tällöin RMS-jännitteeksi muodostuisi:

$$V_{RMS} = \frac{213 V}{\sqrt{2}} = 151 V \quad (4)$$

Kaava RMS-virran I_{RMS} laskemiseen

$$I_{RMS} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

, jossa I_p on jakson huippuvirta

Sama kaava käy vaiheesta vaiheeseen laskemiseen ja nollavirran laskemiseen. Esimerkiksi yhden vaiheen huippuvirta on 36,8 Ampeeria. Tällöin RMS-virraksi muodostuisi:

$$I_{RMS} = \frac{36,8 A}{\sqrt{2}} = 26,0 A \quad (6)$$

3 VERKKOANALYSAATTORIN MÄÄRITTELY

3.1 Vaatimusmäärittely

Tässä luvussa käydään läpi verkkoanalysaattorin toiminnalliset vaatimukset. Taulukoon on listattu halutut toiminnot, jotka toteutetaan (**Taulukko 1.**). Toiminnon kuvauksen perässä on prioriteettisarake liittyen kuvattuun toimintoon. Prioriteetti-numero kertoo toiminnon tärkeyden toteutuksessa. Prioriteetti 1 tarkoittaa, että kyseisen toiminnon täytyy olla toteutettuna. Prioriteetti 2 tarkoittaa, että toiminto tulisi toteuttaa ja prioriteetti 3 tarkoittaa, että toiminto olisi hyvä toteuttaa.

Taulukko 1. Vaatimusmäärittely

Kuvaus	Prioriteetti
Voidaan valita verkkokortti, jota tarkkaillaan	1
Näytetään verkossa olevien IED-laitteiden MAC-osoitteet liikenteen perusteella.	1
Voidaan valita IED-laite, joka lähettää dataa	1
Voidaan avata tallennettu pcap-tiedosto, joka sisältää IEC 61850 SV-dataa	1
Näytetään avatusta pcap-tiedostosta kaikki IED-laitteet MAC-osoitteen perusteella	1
Voidaan laittaa ohjelma seuraamaan Sampled Values -arvoja ja laskemaan niistä RMS-arvot.	1
Voidaan valita tallennettava muuttuja	1
Voidaan valita tallennettavalle muuttujalle yläraja ja alaraja	2
Ohjelma tallentaa lasketut RMS-arvot JSON-tiedostoon	2

Voidaan valita muuttuja, jota tarkkaillaan kuvaajassa reaaliajassa	2
Voidaan laittaa ohjelma tarkkailemaan liikennettä, kun valitun parametrin yläraja tai alaraja ylittyy. Tallennetaan etukäteen asetetun ajan verran (esim. 4 s) kyseisen parametrin dataa aikaleiman pcap-tiedostoon	2

Opinnäytetyössä alustava suunnitelma oli toteuttaa kaikki 1 prioriteetin vaatimukset. Opinnäytetyön tuloksena saatiin kaikki 1-2 vaatimukset toteutettua.

Toteutetulla verkkoanalysointiohjelmalla on myös tiettyjä ei-toiminnallisia vaatimuksia, jotka on hyvä ottaa huomioon. Ei-toiminnalliset vaatimukset liittyvät toteutetun ohjelman käytettävyyteen ja suorituskykyyn. Kyseiset vaatimukset ovat listattuna alla olevassa taulukossa (**Taulukko 2.**).

Taulukko 2. Ei-toiminnalliset vaatimukset

Ominaisuus	Kuvaus
Käytettävyys	Exceliä osaava osaa käyttää ohjelmaa. Lisäominaisuudet piilotetaan valinnan taakse
Luettava protokolla	Ohjelma toimii vain IEC 61850 SV Ethernet-kehyksessä olevien arvojen tallentamiseen
Näytteenottotaajuus	0,02s
Näytteen koko	4s (40 jaksoa ennen ja 160 jaksoa jälkeen)

3.2 Toiminnallinen määrittely

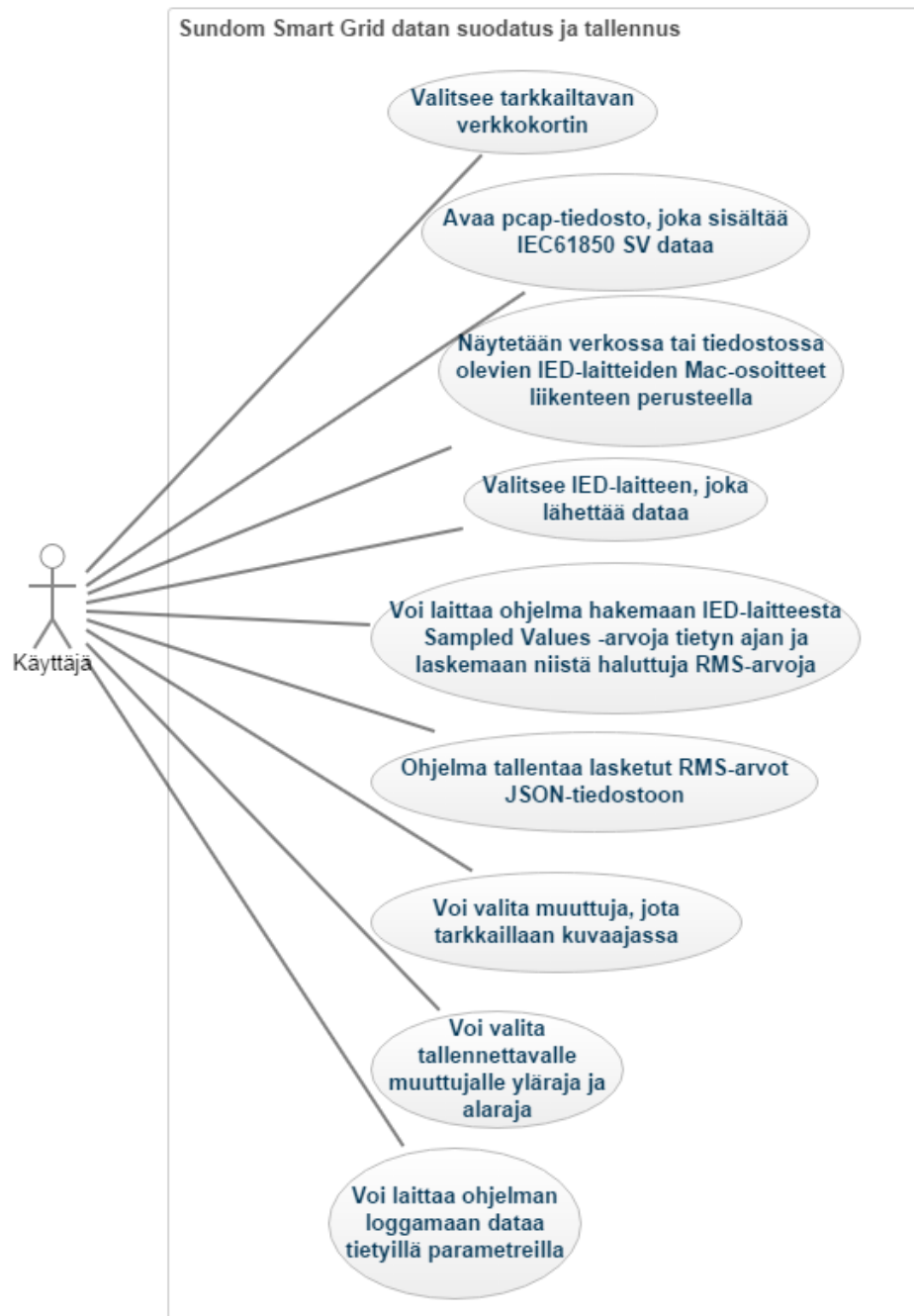
Tässä kappaleessa käydään läpi verkkoanalysoijan toiminnallisen määrittelyn. Toiminnallisessa määrittelyssä kuvataan kaikki ohjelman toteuttamat toiminnot ja siihen liittyvät ulkopuoliset järjestelmät.

Toteutetulla ohjelmalla käyttäjä pystyy valitsemaan pudotusvalikosta tarkkailtavan verkkokortin tai verkkosovittimen olettaen, että käyttäjän tietokoneessa on yksi kyseisistä laitteista. Jos käyttäjä on kytkeytyneenä IED-laitteiden muodostamaan lähiverkkoon ja käyttäjä valitsee kytketyn verkkokortin pudotusvalikosta, pitäisi kyseisen lähiverkon IED-laitteet tulla näkyviin taulukkoon. Taulukosta käyttäjä näkee IED-laitteiden määrän ja niiden MAC-osoitteet ja sVID:et. Käyttäjä pystyy vaihtoehtoisesti myös antamaan valmiiksi tallennetun pcap-tiedoston, josta ohjelma käy läpi kaikki dataa lähettävät IED-laitteet samaiseen taulukkoon.

Käyttäjä pystyy valitsemaan taulukosta joko verkkokortilta tai tiedostosta saadusta IED-laitteista yhden. Valitsemastaan IED-laitteesta käyttäjä pystyy saamaan RMS-arvoja IED-laitteen jännite- ja virta-arvoista reaaliaikaisesti. Käyttäjä pystyy myös aukaisemaan kuvaajan haluamastaan IED-laitteen jännite- ja virta-arvoista ajanfunktiona.

Käyttäjällä on myös mahdollisuus asettaa tietyt raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle. Raja-arvojen syötön jälkeen käyttäjä pystyy asettamaan ohjelman tarkkailemaan IED-laitteiden nollajännitettä ja -virtaa tietyn ajan. Siinä tapauksessa, jos asetetut raja-arvot ylittyvät, ohjelma tallentaa 4 sekunnin otteen tapahtumasta pcap-tiedostoon. Käyttäjä valitsee mihin kansioon kyseiset pcap-tiedostot tallennetaan (**Kuvio 1**).

3.2.1 Käyttötapauskaavio



Kuvio 1. Verkkoanalysointin käyttötapauskaavio

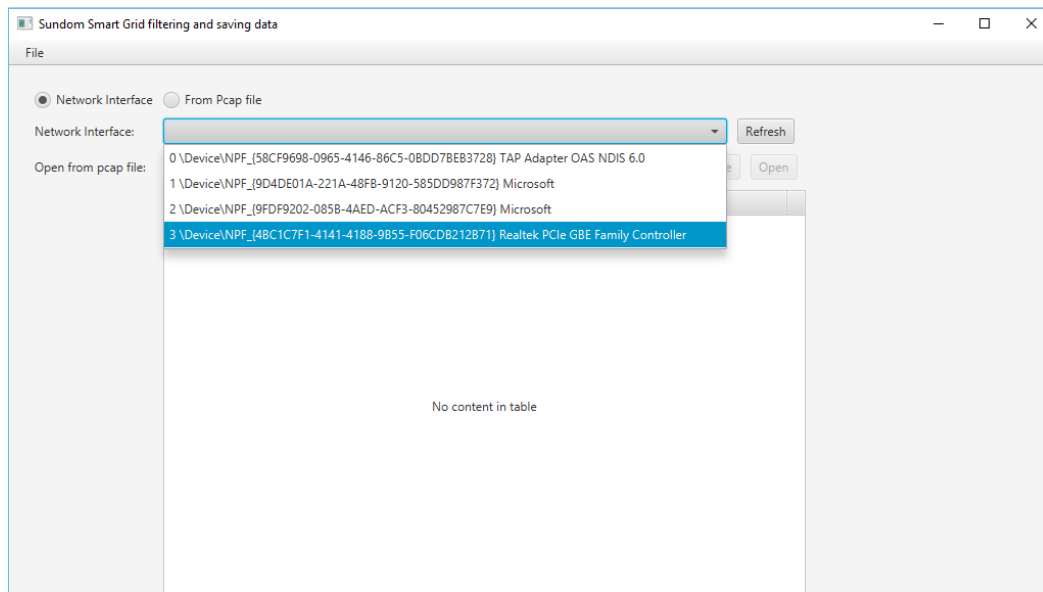
3.2.2 Käyttötapaukset

Tässä kappaleessa käydään läpi tiettyjä käyttötapauksia. Ajatuksena on käydä läpi hieman tarkemmin, mitä käyttäjä pystyy tekemään ohjelmalla, mitä käyttäjän pitää valita ohjelmalle ja mikä on toimintojen tulos. Poikkeustilanteet myös käydään läpi.

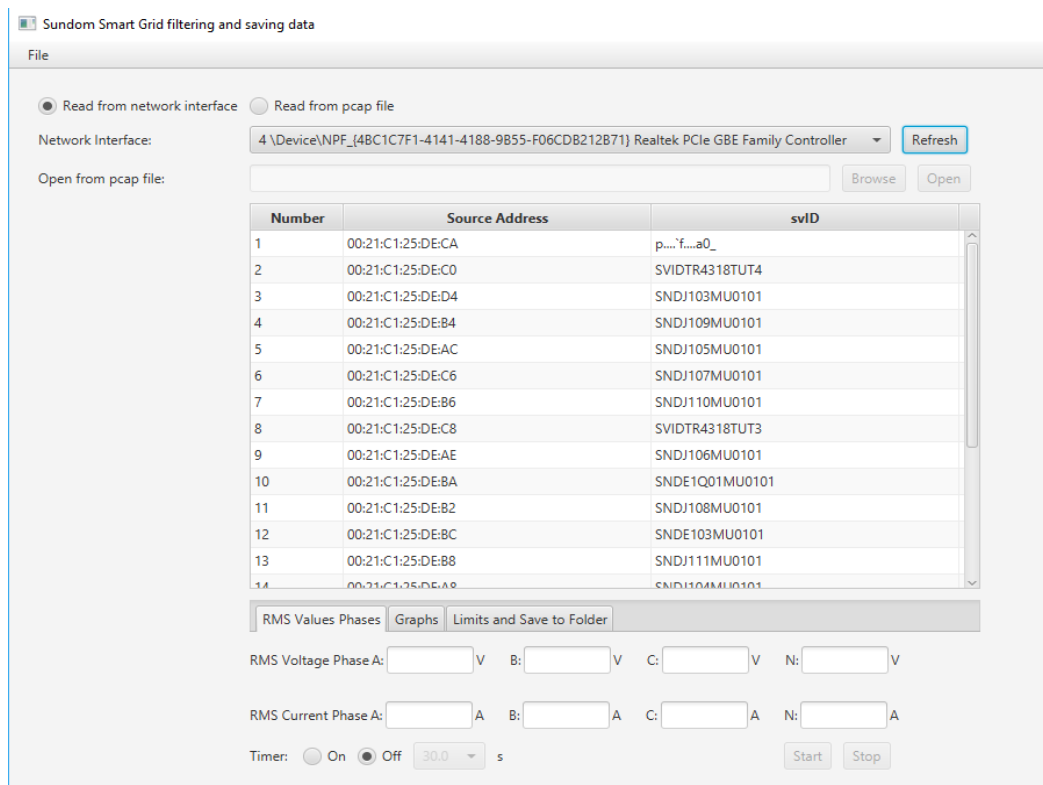
Ensimmäisessä käyttötapauksessa esitetään käyttötapaus, kun käyttäjä käynnistää ohjelman ja valitsee pudotusvalikosta haluamansa verkkokortin (**Taulukko 3**). Jos käyttäjän tietokoneessa on ainakin yksi verkkokortti, pitäisi pudotusvalikosta löytyä kyseinen verkkokortti (**Kuvio 2**). Jos käyttäjä on valinnut verkkokortin, joka on yhteydessä IED-laitteiden lähiverkkoon, pitäisi pudotusvalikon alla olevaan taulukkoon ilmestyä kyseisen lähiverkon IED-laitteet. IED-laitteet ovat taulukoitu juoksevilla numeroilla, jotka kertovat myös IED-laitteiden määrän. Taulukosta näkee myös IED-laitteiden MAC-osoitteet ja svID:et (**Kuvio 3**).

Taulukko 3. Käyttötapauskaavio, kun valitaan tarkkailtava verkkokortti

Esiehdot	Verkkoyhteys IED-laitteiden lähiverkon kanssa
Syötteen	Käyttäjä valitsee verkkokortin valintalistalta. Read from network interface -valintanappula on valittuna
Toiminto	Ohjelma hakee IED-laitteet ja näyttää niiden MAC-osoitteet ja svID:et
Poikkeustilanteet	Verkossa ei ole IED-laitteita tai käyttäjällä ei ole verkkokorttia. Verkkojohto on irti. Verkkoyhteys on poissa päältä.
Tulos	Näytetään taulukossa laitteet MAC-osoitteen mukaisessa järjestyksessä, juoksevilla numerolla ja svID.



Kuvio 2. Käyttäjä valitsee tarkkailtavan verkkokortin

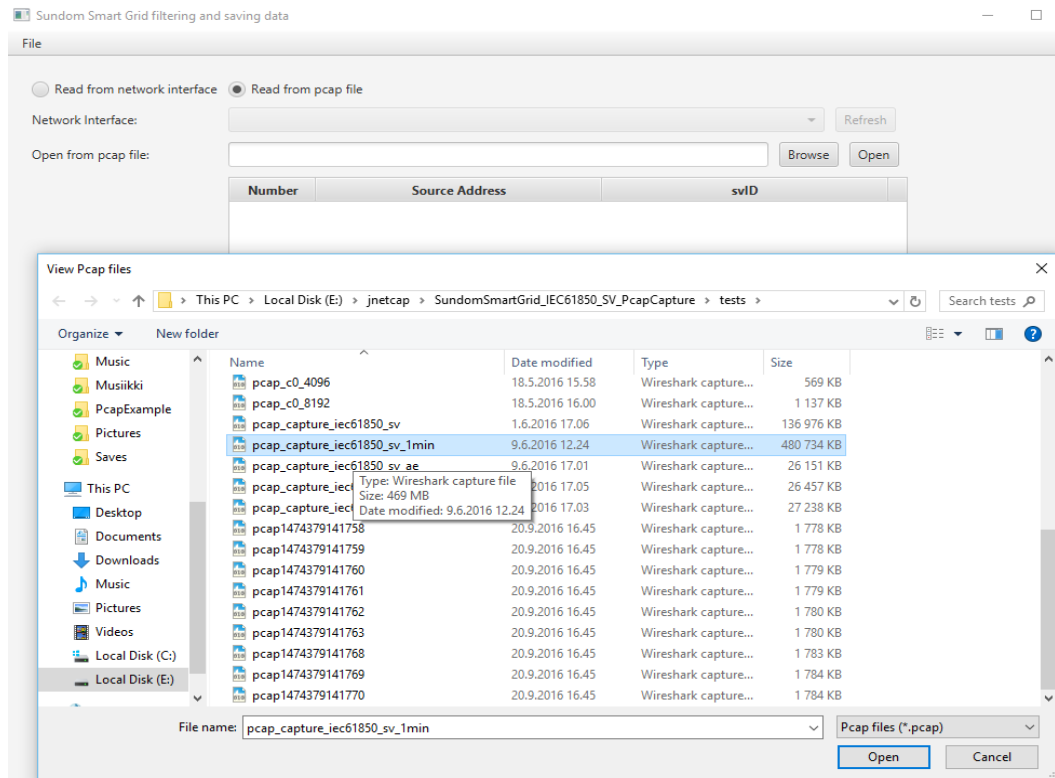


Kuvio 3. Taulukoidut IED-laitteet lähiverkossa

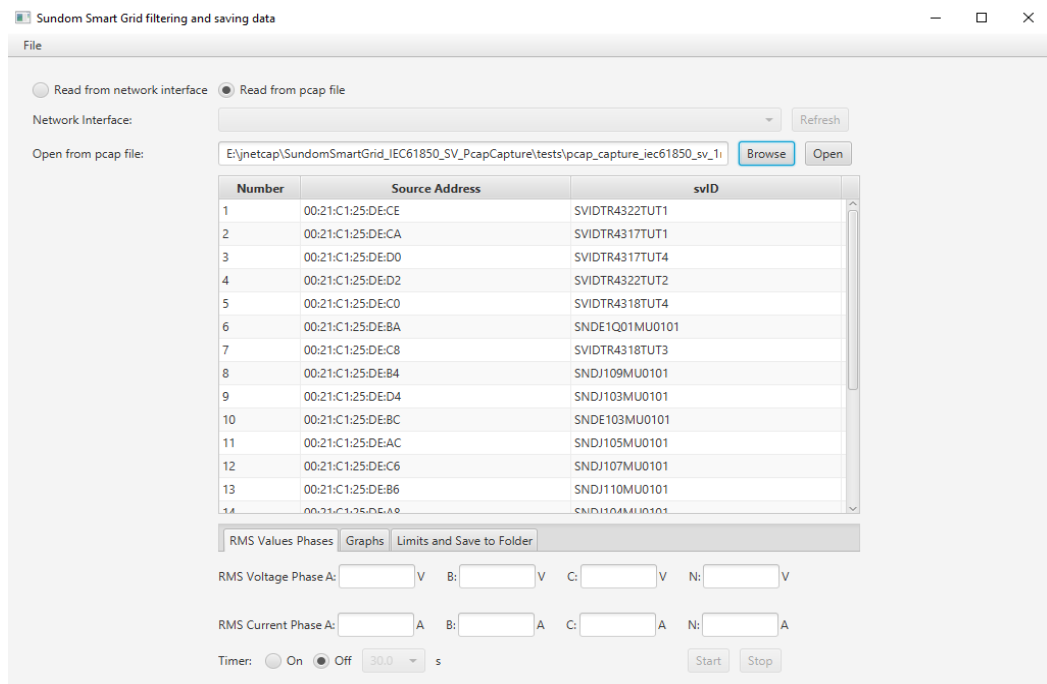
Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä valitsee ohjelmalle pcap-tiedoston luettavaksi (**Taulukko 4.**). Käyttäjä valitsee ohjelman ollessa auki, Read from pcap file -vaihtoehdon. Tämä aktivoi Open ja Browse-nappulat ja painaa Browse-nappulaa. Tällöin käyttäjä etsii tietokoneeltaan pcap-tiedostoja, joissa on mahdollisesti IED-laitteiden IEC 61850-SV -liikennettä (**Kuvio 4.**). Tiedoston ollessa valittuna, ohjelma hakee pcap-tiedostosta kaikki löytämänsä IED-laitteet ja laittaa ne taulukkoon (**Kuvio 5.**).

Taulukko 4. Käyttötapauskaavio, kun valitaan pcap-tiedosto luettavaksi

Esiehdot	Käyttäjä on pcap-tiedosto valmiina tallennettuna tietokoneelle
Syötteet	Käyttäjä valitsee Read from pcap file -valintanappulan. Käyttäjä valitsee luettavan pcap-tiedoston.
Toiminto	Ohjelma hakee IED-laitteet ja näyttää niiden MAC-osoitteet ja svID:et.
Poikkeustilanteet	Annetussa pcap-tiedostossa ei ole IEC 61850 SV-protokollan liikennettä eikä IED-laitteita.
Tulos	Näytetään taulukossa laitteet MAC-osoitteen mukaisessa järjestyksessä, juoksevilla numerolla ja svID:et.



Kuvio 4. Käyttäjä valitsee luettavan pcap-tiedoston

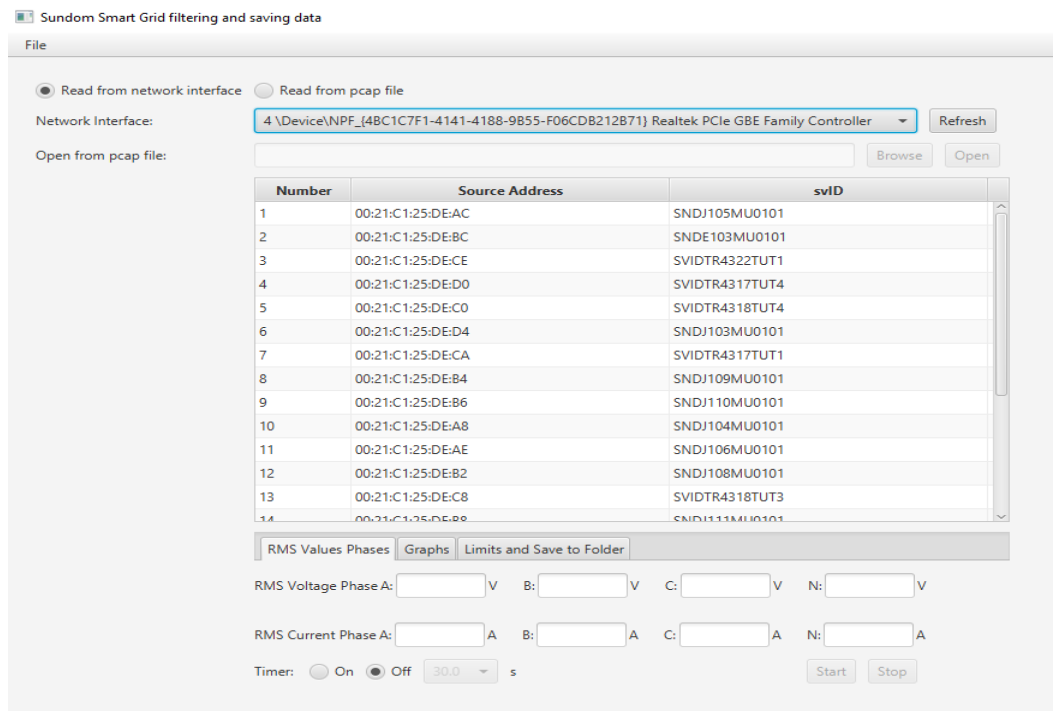


Kuvio 5. IED-laitteiden lista pcap-tiedostosta

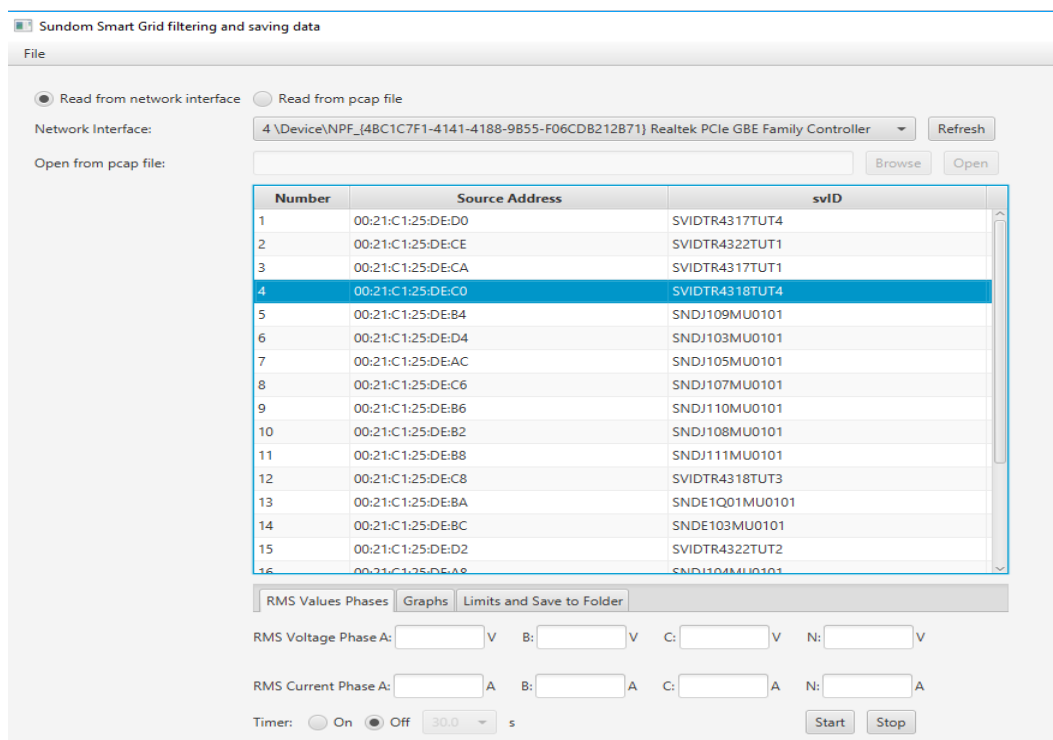
Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä valitsee IED-laitteen listasta (**Taulukko 5**). Käyttäjä aluksi hakee haluamastaan lähteestä IED-laitteiden listan (**Kuvio 6**). Tämä jälkeen käyttäjä valitsee haluamansa IED-laitteen listasta. Tällöin valitun IED-laitteen tarkasteluun tarkoitettut toiminnot tulevat käyttöön (**Kuvio 7**).

Taulukko 5. Käyttötapauskaavio, kun valitaan IED-laite listalta

Esiehdot	Käyttäjä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta
Syötteet	Käyttäjä on syöttänyt IEC 61850 SV-dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttäjä valitsee haluamansa IED-laitteen listalta.
Toiminto	Käyttäjän valittaessa IED-laitteen listalta, ohjelma aktivoi painikkeet, jotka mahdollistavat IED-laitteen lähetettävän datan tarkastelun.
Poikkeustilanteet	Lähiverkkoon liitetystä verkkokortista tai tiedostosta ei ole IED-laitteiden dataa.
Tulos	Ohjelman toimintopainikkeet aktivoituvat. Painikkeet mahdollistavat IED-laitteen RMS-arvojen saamisen, kuvaajien katselun ja arvojen tallentamisen syötetyin raja-arvoin.



Kuvio 6. Verkkokortti valittuna

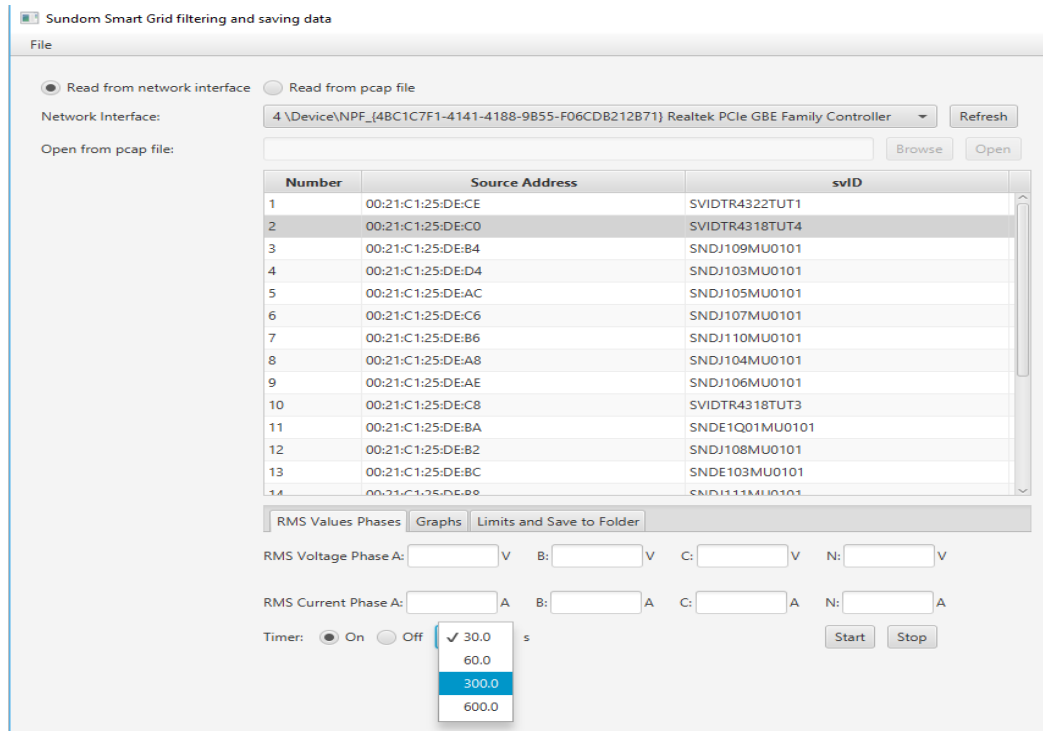


Kuvio 7. IED-laite valittuna

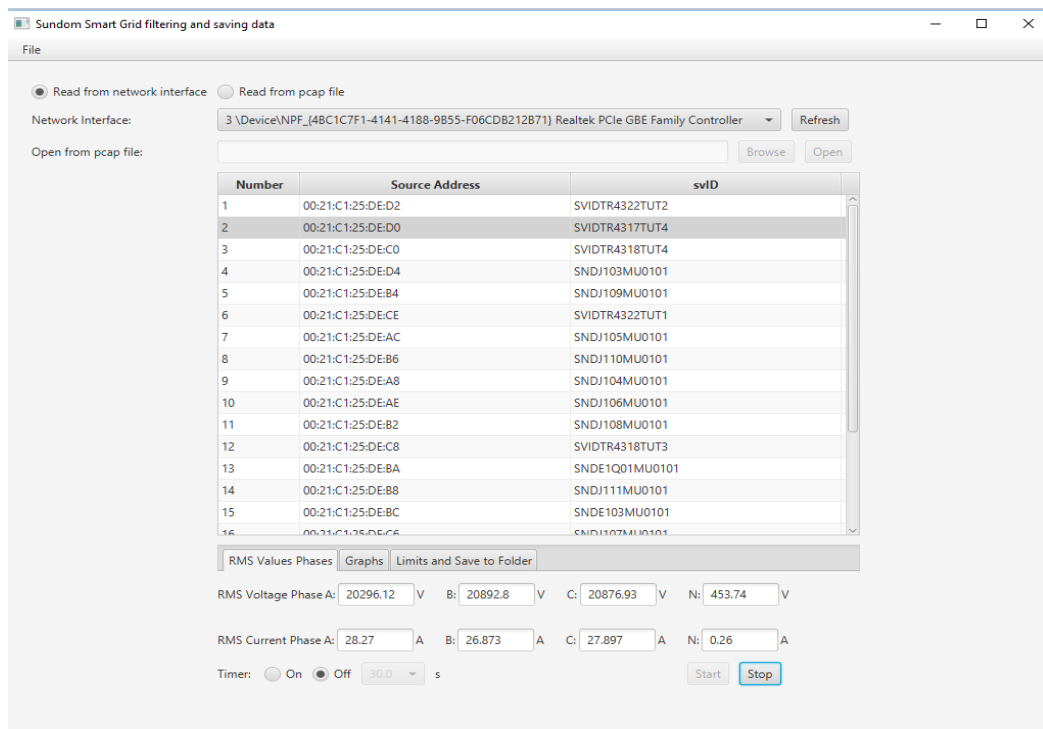
Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä valitsee IED-laitteen listasta ja aloittaa lukemaan RMS-arvoja IED-laitteen jännite- ja virta-arvoista (**Taulukko 6.**). Käyttäjä pystyy asettamaan ajastimen arvojen hakemiseksi (**Kuvio 8.**). Käyttäjä pystyy hakemaan RMS-arvoja painamalla Start-nappulaa vasta, kun hän on valinnut yhden IED-laitteista (**Kuvio 9.**).

Taulukko 6. Käyttötapauskaavio, kun ohjelma laskee RMS-arvoja

Esiehdot	Käyttäjä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta. Käyttäjän on valinnut halutun IED-laitteen.
Syötteet	Käyttäjä on syöttänyt IEC 61850 SV-dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttäjä on valinnut IED-laitteen listasta. Käyttäjä painaa Start-nappulaa.
Toiminto	Ohjelma laskee IED-laitteen kaikkien vaiheiden jännitteiden ja virtojen RMS-arvot. Vaiheita on A, B, C ja N, joka on nol-lavirta tai -jännite. Käyttäjä pystyy myös keskeyttämään arvojen hakemisen stop-nappulalla.
Poikkeustilanteet	Verkkokortilla tai tiedostolla ei ole IED-laitteiden dataa. IED-laite ei lähetä dataa eteenpäin.
Tulos	Ohjelma päivittää yhden IED-laitteen RMS-arvoja kaikista vaiheista kerran sekunnissa taulukon alla oleviin tekstikenttiin. Start-nappula yms. otetaan pois käytöstä. Stop-nappulaa painamalla arvojen etsiminen keskeytyy.



Kuvio 8. Ajastimen asettaminen



Kuvio 9. RMS-arvojen hakeminen valitusta IED-laitteesta

Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä on valinnut IED-laitteen listalta ja hakenut RMS-arvoja valitulta laitteelta. (**Taulukko 7**). RMS-arvojen hakemisen päätyttyä joko Stop-nappulaa painettaessa tai ohjelman sulkeutuessa, ohjelma tekee JSON-tiedoston lasketuista RMS-arvoista aikaleimaineen (**Kuvio 10**).

Taulukko 7. Käyttötapauskaavio, kun RMS-arvojen laskeminen on loppunut ja ohjelma tekee RMS-arvoista JSON-tiedoston

Esiehdot	Käyttäjä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta. Käyttäjä on valinnut IED-laitteen listalta. Käyttäjä on käynnistänyt RMS-arvojen laskemisen ja lopettanut sen.
Syötteet	Käyttäjä on syöttänyt IEC 61850 SV-dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttäjä on valinnut IED-laitteen listasta. Käyttäjä painaa Start-nappulaa ja antaa ohjelman laskea RMS-arvoja. Käyttäjä painaa Stop-nappulaa halutun ajan jälkeen tai kun ajastin päättyy.
Toiminto	Ohjelma tekee RMS-arvoista JSON-tiedoston aikaleimaineen ja tallentaa tiedoston samaan hakemistoon, missä ohjelma sijaitsee
Poikkeustilanteet	Verkkokortilla tai tiedostolla ei ole IED-laitteiden dataa. IED-laite ei lähetä dataa eteenpäin.
Tulos	Tuloksena syntyy JSON-tiedosto, jossa on RMS-arvoja kaikista vaiheista aikaleimaineen.

```

[[
  "srcMacAddress": "00:21:C1:25:DE:B4",
  "rmsCurrentPhaseA": 2.701855010913798,
  "rmsCurrentPhaseB": 2.1015213536864192,
  "rmsCurrentPhaseC": 2.2323361082059305,
  "rmsCurrentPhaseN": 0.08838834764831843,
  "rmsVoltagePhaseA": 20413.59436075259,
  "rmsVoltagePhaseB": 20821.691599348982,
  "rmsVoltagePhaseC": 20679.25377080614,
  "rmsVoltagePhaseN": 291.96438995192545,
  "timestamp": 1465464172422},
{
  "srcMacAddress": "00:21:C1:25:DE:B4",
  "rmsCurrentPhaseA": 2.7881220382185568,
  "rmsCurrentPhaseB": 2.221022399706946,
  "rmsCurrentPhaseC": 2.2181939725821995,
  "rmsCurrentPhaseN": 0.05939696961966999,
  "rmsVoltagePhaseA": 20409.577197574425,
  "rmsVoltagePhaseB": 20802.67131149627,
  "rmsVoltagePhaseC": 20686.88393135491,
  "rmsVoltagePhaseN": 300.0536915286996,
  "timestamp": 1465464172442
}]

```

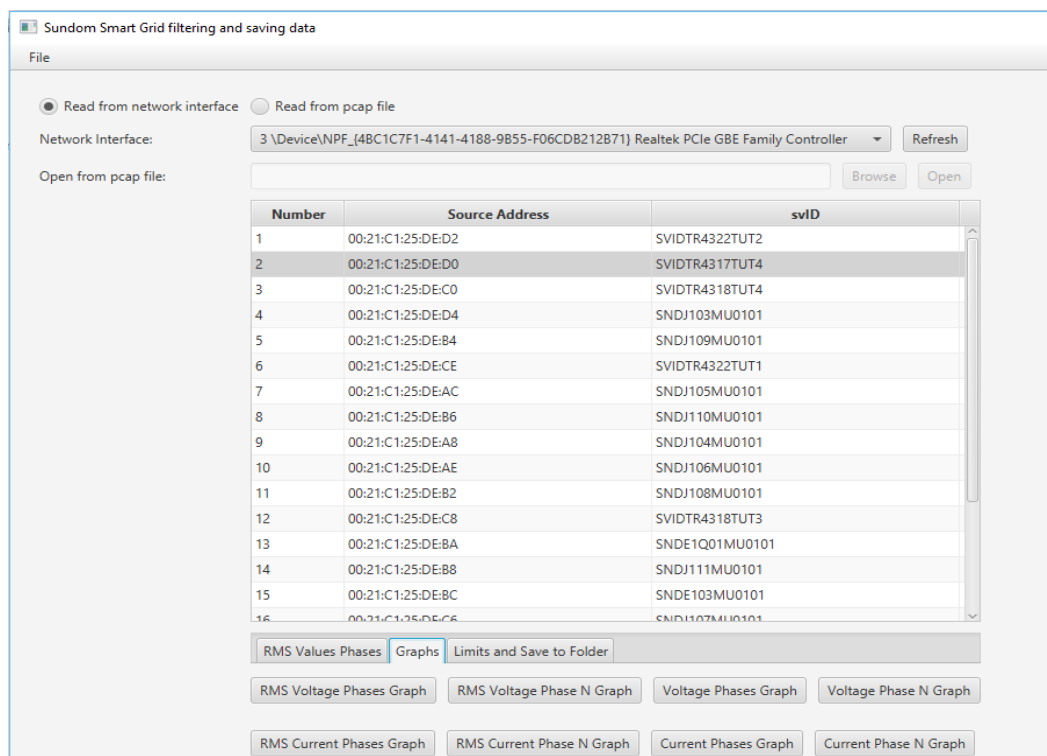
Kuvio 10. Esimerkki luodusta JSON-tiedostosta

Seuraavassa käyttötapauksessa käymme läpi tilanteen, kun käyttäjä valitsee IED-laitteen listasta ja valitsee Graphs -välilehden (**Kuvio 11.**). Välilehdeltä käyttäjä valitsee RMS Voltage Phases Graph -nappulan. (**Kuvio 12.**) (**Taulukko 8.**).

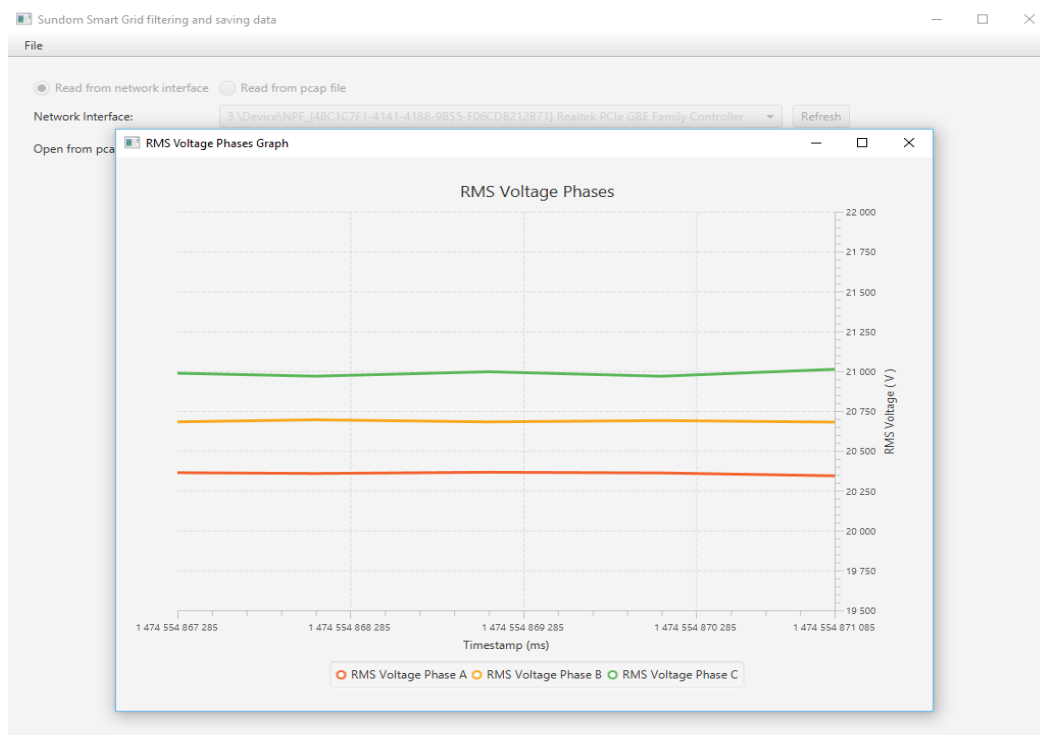
Taulukko 8. Käyttötapauskaavio, kun ohjelma avaa RMS-arvojen kuvaajan

Esiehdot	Käyttäjä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta. Käyttäjän on valinnut IED-laitteen listalta.
Syötteet	Käyttäjä on syöttänyt IEC 61850 SV -dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttäjä on valinnut IED-laitteen listasta. Käyttäjä valitsee Graphs -välilehden. Käyttäjä painaa

	RMS Voltage Phases Graph -nappulaa. Käyttäjä pystyy sulkemaan ikkunan pysäyttääkseen kuvaajan piirtämisen
Toiminto	Ohjelma avaa uuden ikkunan, johon ohjelma piirtää kuvaajan IED-laitteen vaiheiden A, B ja C RMS-jännitteistä reaaliajassa.
Poikkeustilanteet	Verkkokortilla tai tiedostolla ei ole IED-laitteiden dataa. IED-laite ei lähetä dataa eteenpäin.
Tulos	Ohjelma avaa uuden ikkunan, johon se piirtää kuvaajan A, B ja C vaiheiden RMS-jännitteistä reaaliajassa.



Kuvio 11. Kuvaajien välilehti



Kuvio 12. RMS-jännitteiden kuvaaja

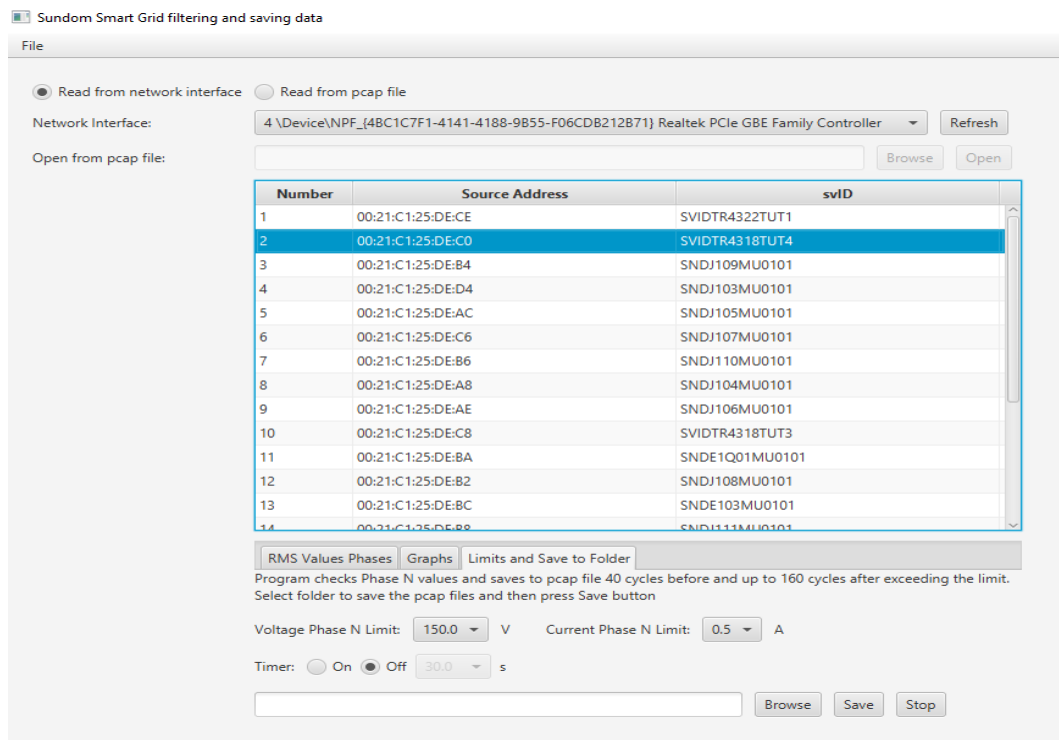
Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä haluaa asettaa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle (**Kuvio 14.**).

Aluksi käyttäjä hakee listan IED-laitteista haluamastaan lähteestä ja valitsee listalta haluamansa IED-laitteen (**Kuvio 13.**). Seuraavaksi käyttäjä valitsee Limits and Save to Folder -välilehden. Välilehdeiltä käyttäjä valitsee haluamansa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle (**Taulukko 9.**).

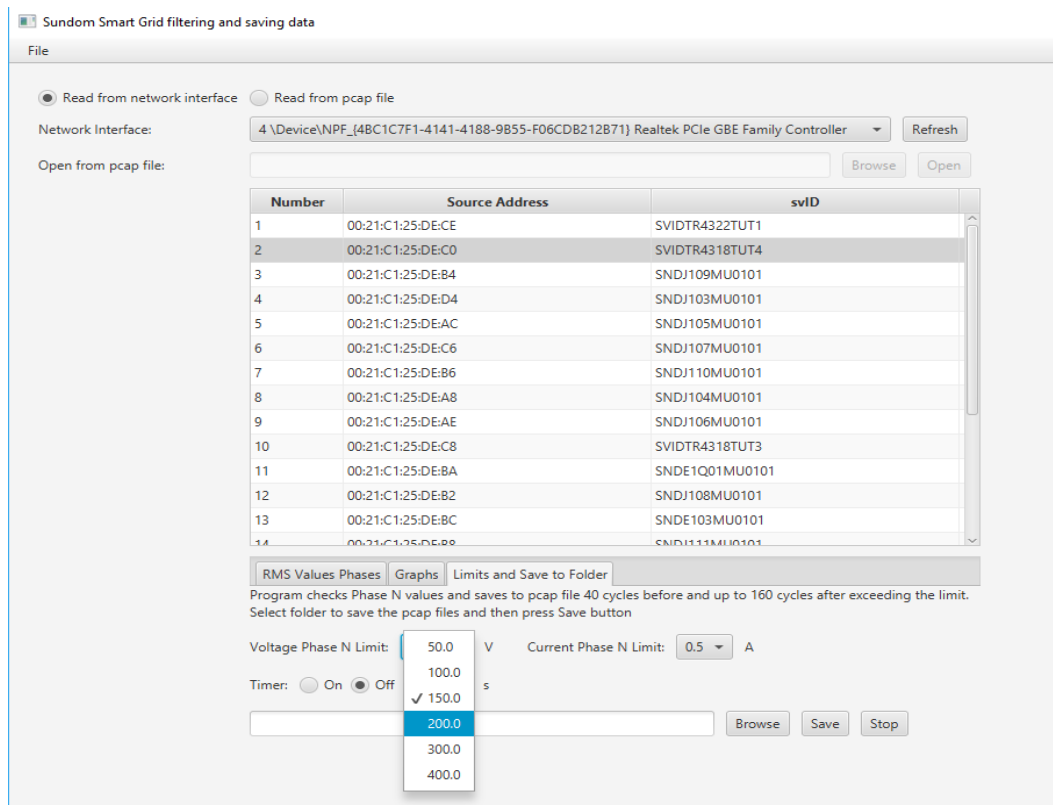
Taulukko 9. Käyttötapauskaavio, kun käyttäjä asettaa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle

Esiehdot	Käyttäjällä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta. Käyttäjällä on valinnut IED-laitteen listalta.
----------	--

Syötteet	Käyttaja on syöttänyt IEC 61850 SV-dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttaja on valinnut IED-laitteen listasta. Käyttaja valitsee Limits and Save to Folder -välilehden. Käyttaja asettaa haluamansa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle.
Toiminto	Ohjelma asettaa valitut arvot raja-arvoiksi nollajännitteelle ja -virralle.
Poikkeustilanteet	Verkkokortilla tai tiedostolla ei ole IED-laitteiden dataa. IED-laite ei lähetä dataa eteenpäin.
Tulos	Nollajännitteen ja -virran raja-arvot on asetettu.



Kuvio 13. Käyttaja valitsee Limits and Save to Folder -välilehden



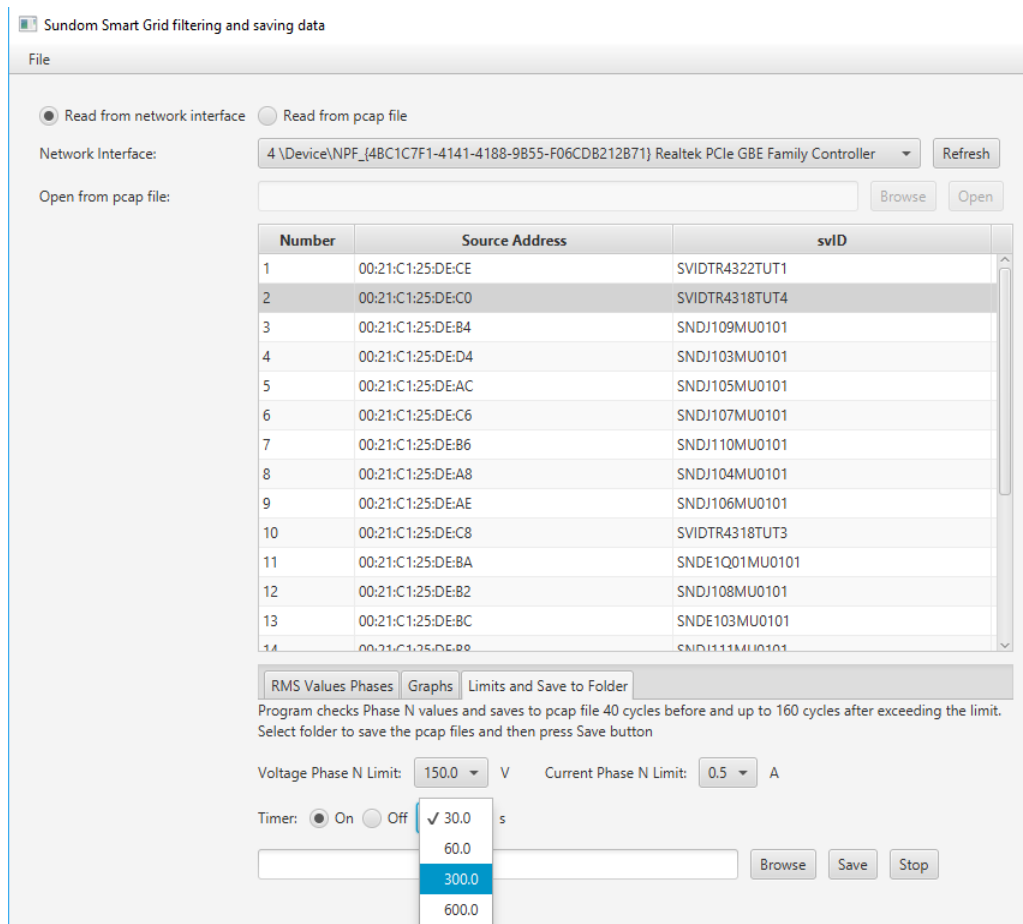
Kuvio 14. Raja-arvojen valitseminen

Seuraavassa käyttötapauksessa käydään läpi tilanne, kun käyttäjä haluaa asettaa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle ja haluaa tutkia, jos valitun IED-laitteen nolla-arvot menevät yli valittujen raja-arvojen. Jos raja-arvot ylittyvät, ohjelma tekee 4 sekunnin otteen tapahtumasta ja tallentaa otteen pcap-tiedostoon. Pcap-tiedosto tallennetaan käyttäjän aiemmin valitsemaan kansioon. Käyttäjä pystyy asettamaan ajastimen raja-arvojen seuraamiselle (**Kuvio 15.**)

Ensimmäisenä käyttäjä valitsee Limits and Save to Folder -välilehden. Välilehdeltä käyttäjä valitsee haluamansa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle. Käyttäjä valitsee kansion, johon pcap-tiedosto tallennetaan (**Taulukko 10.**)

Taulukko 10. Käyttötapauskaavio, kun valitaan raja-arvot ja seurataan niiden ylityksiä

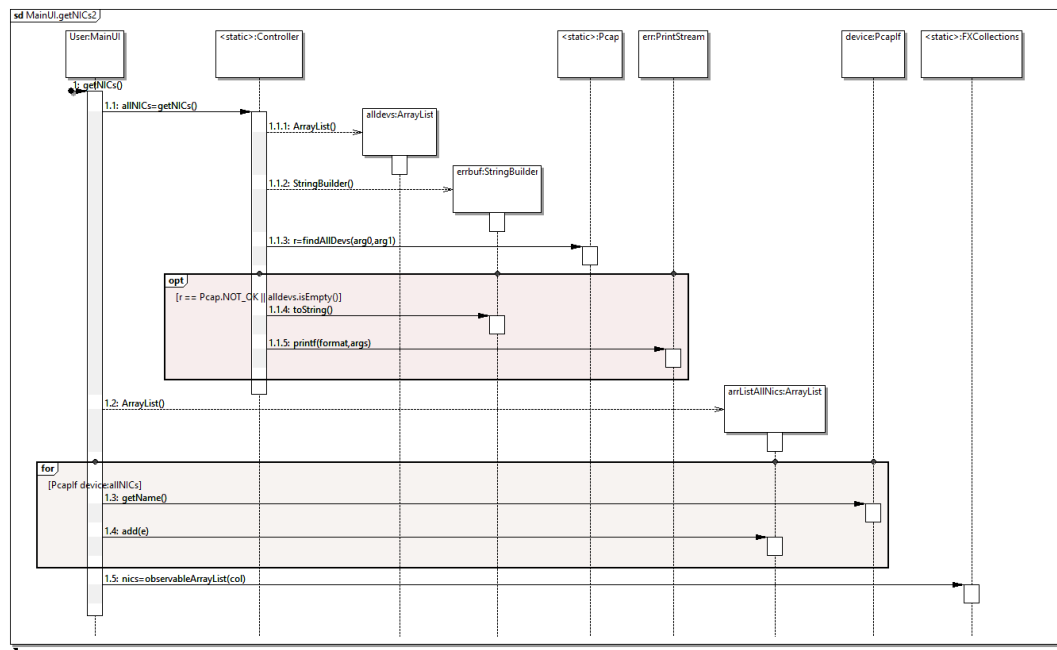
Esiehdot	Käyttäjä on saanut listan IED-laitteista joko verkkokortilta tai pcap-tiedostosta.
Syötteet	Käyttäjä on syöttänyt IEC6 1850 SV-dataa sisältävän pcap-tiedoston tai valinnut IED-laitteiden lähiverkkoon liittyneen verkkokortin. Käyttäjä on valinnut IED-laitteen listasta. Käyttäjä valitsee Limits and Save to Folder -välilehden. Käyttäjä asettaa haluamansa raja-arvot nollajännitteelle ja -virralle. Käyttäjä valitsee kansioon, johon hän haluaa tallentaa pcap-tiedostot. Käyttäjä painaa Save-nappulaa tutkiakseen nolla-arvoja. Käyttäjä pystyy keskeyttämään tutkimisen painamalla Stop-nappulaa.
Toiminto	Ohjelma tutkii ylittyvätkö valitun IED-laitteen nollajännite tai -virta annetuista raja-arvoista. Raja-arvojen ylittyessä, ohjelma tallentaa 4 sekunnin otteen tapahtumasta käyttäjän antamaan kansioon.
Poikkeustilanteet	Verkkokortilla tai tiedostolla ei ole IED-laitteiden dataa. IED-laite ei lähetä dataa eteenpäin. Kansio poistetaan sen jälkeen, kun käyttäjä on valinnut sen ohjelmassa.
Tulos	Ohjelma tallentaa 4 sekunnin otteita raja-arvojen ylityksistä syötettyyn kansioon.



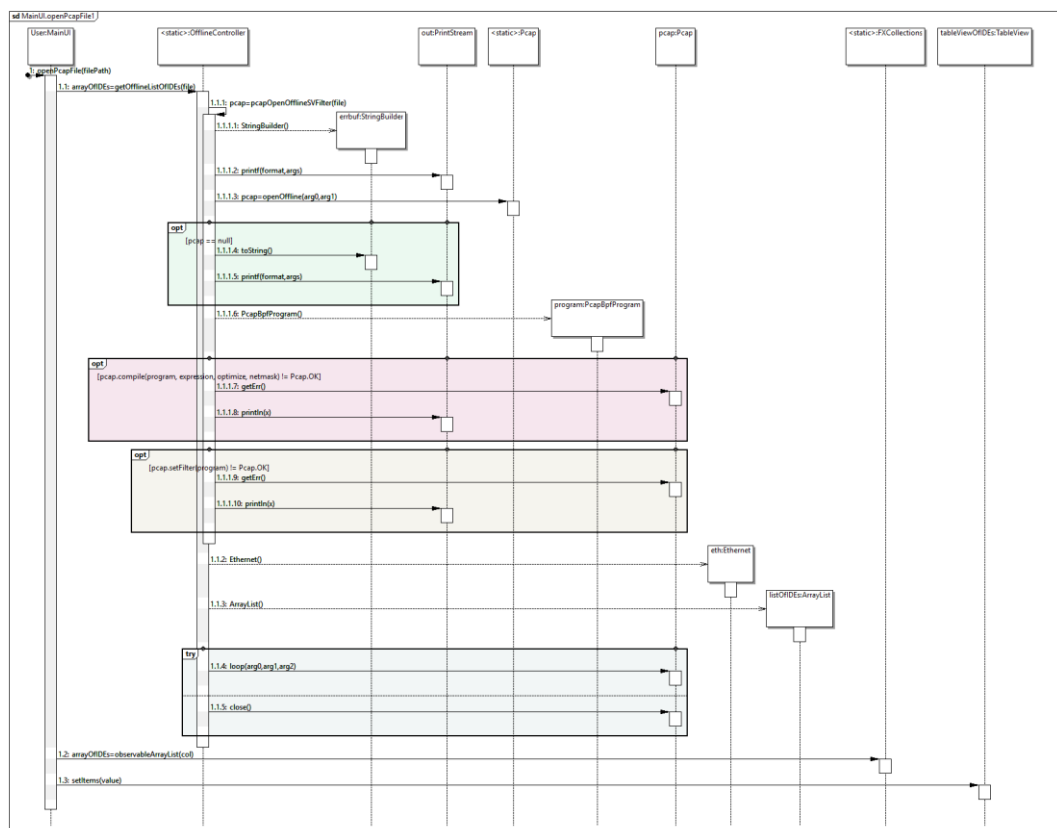
Kuvio 15. Ajastimen valitseminen

3.2.3 Sekvenssikaaviot

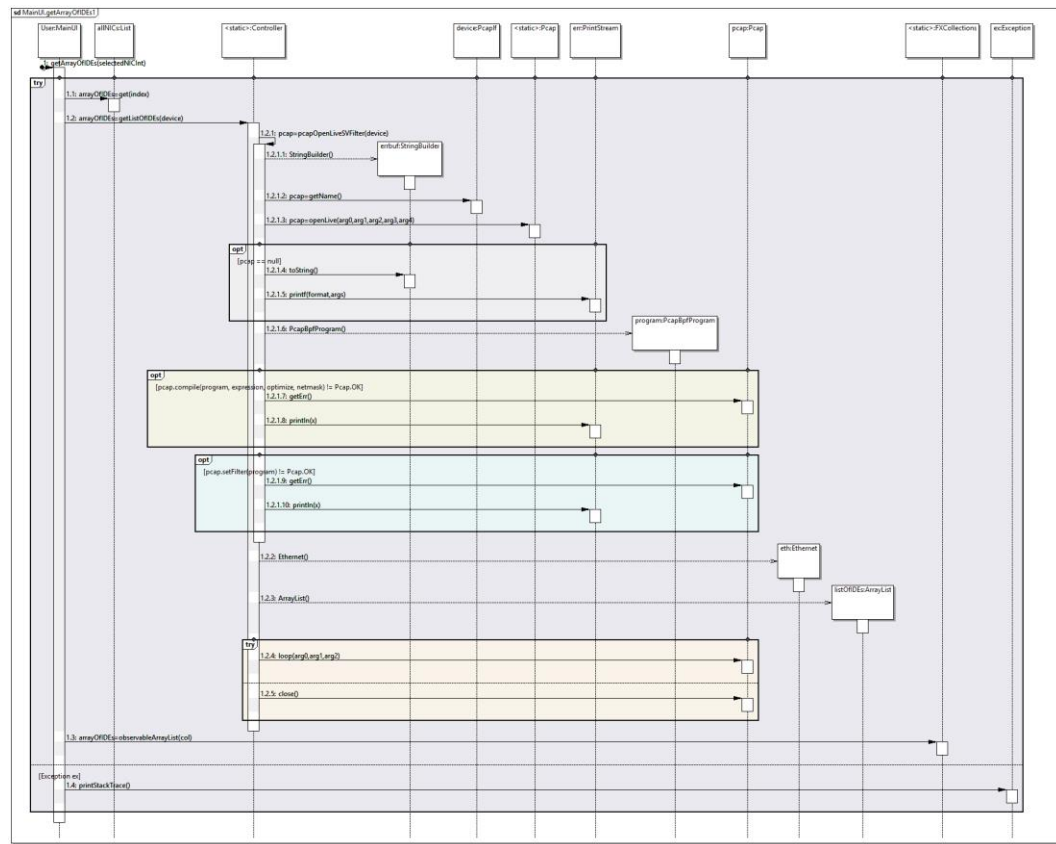
Sekvenssikaaviot kuvaavat olioiden välistä vuorovaikutusta ja yhteistyötä. Operaatiot toteuttavat olioiden yhteistyön. Alla olevissa kuvioissa on sekvenssikaaviot, kun ohjelma hakee listan verkkosovittimista (**Kuvio 16.**), käyttäjä avaa pcap-tiedoston (**Kuvio 17.**) ja ohjelma hakee listan IDE-laitteista verkkokortilta (**Kuvio 18.**).



Kuvio 16. Sekvenssikaavio, kun ohjelma hakee listan verkkosovittimista



Kuvio 17. Sekvenssikaavio, kun avataan pcap-tiedosto

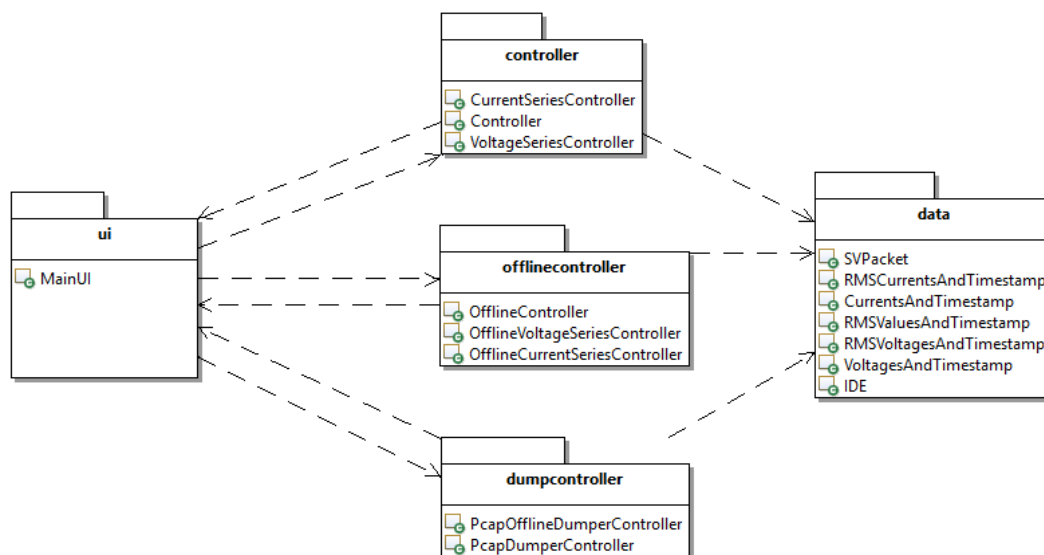


Kuvio 18. Sekvenssikaavio, kun haetaan lista IDE-laitteista verkkosovittimelta

4 SOVELLUKSEN SUUNNITTELU

4.1 Arkkitehtuuri

Opinnäytetyön ohjelmistoprojektin luokat jakautuvat kolmeen eri pakkauskomponenttiin. Ensimmäinen on käyttöliittymäpakkaus, josta löytyy käyttöliittymään liittyvät luokat. Toisessa tai keskimmaisessä osassa ovat kontrolleriluokat tai sovelluslogiikkaluokat. Käyttöliittymä riippuu kontrolleriluokista. Kolmantena löytyy dataluokat. Kontrolleriluokat puolestaan riippuvat dataluokista. Yksinkertaisuudessaan luokat muodostavat kerrosarkkitehtuurin (**Kuvio 19.**).

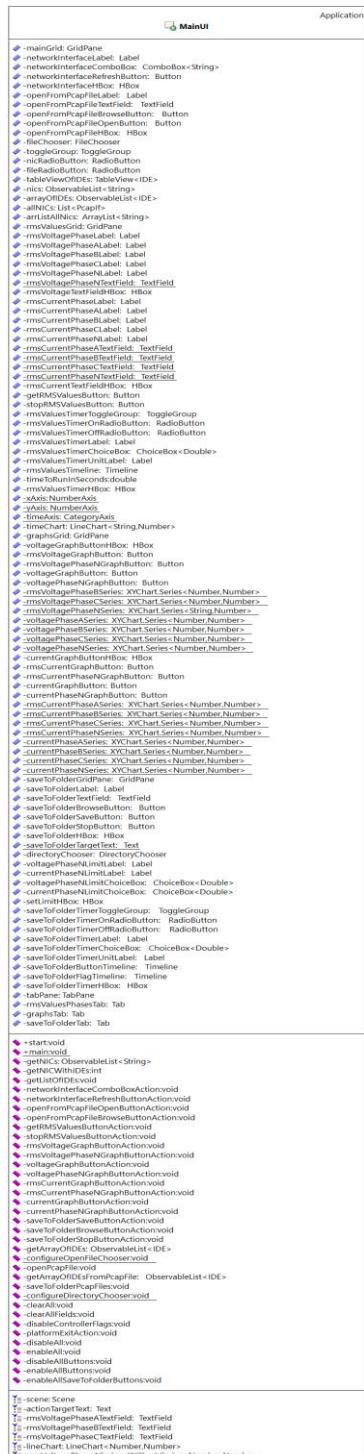


Kuvio 19. Pakettikaavio opinnäytetyön projektista

4.2 Luokkakaaviot

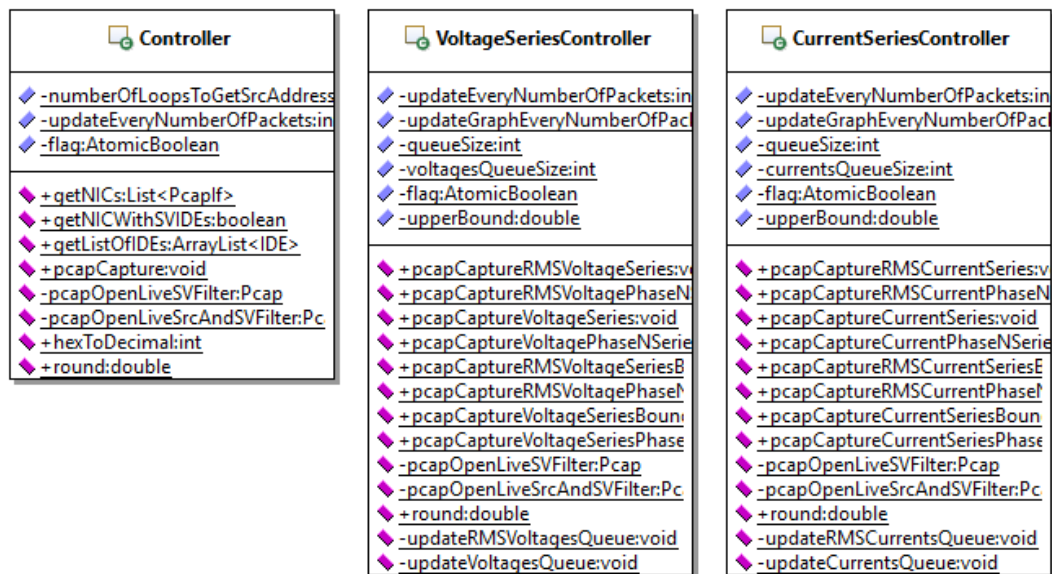
Ohjelmistosuunnittelussa luokkakaaviot kuvaavat järjestelmän luokkarakennetta. Luokkakaaviolla kuvataan olio-ohjelmointikielen luokkia. Luokkakaavio koostuu luokista, luokan tiedoista ja metodeista ja luokkien välisistä yhteyksistä. Opinnäytetyössä on yhteensä 16 luokkaa ja ne ovat jakautuneet 5:een eri pakettiin, kuten huomataan kuvioista 19. Työssä käyttöliittymään liittyvä UI-pakkaus sisältää yh-

den luokan MainUI, joka on vastuussa kaikesta käyttöliittymään kohdistuvista toiminnoista (**Kuvio 20**).



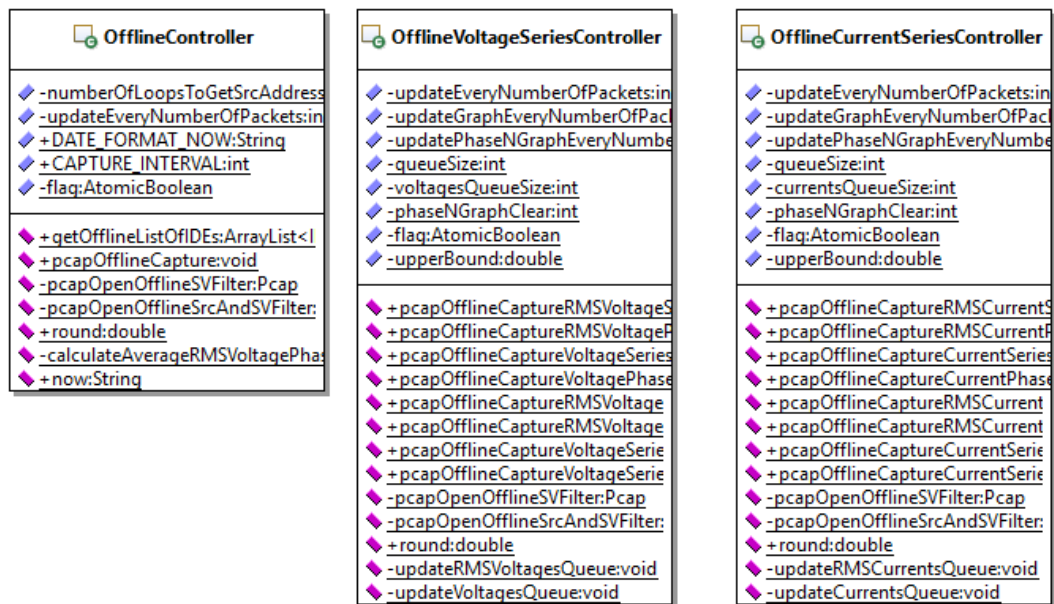
Kuvio 20. UI-pakkauksen luokkakaavio

Controller-pakkauksen luokka Controller on vastuussa Ethernet-liikenteen kaappaukseen ja suodattamiseen liittyvissä operaatioissa ja RMS-arvojen laskemisessa. VoltageSeriesController- ja CurrentSeriesController-luokat ovat vastuussa jännite- ja virta-arvojen kaappauksesta ja niiden lähettämisestä käyttöliittymäluokalle tulostettavaksi kuvaajiin (**Kuvio 21.**).



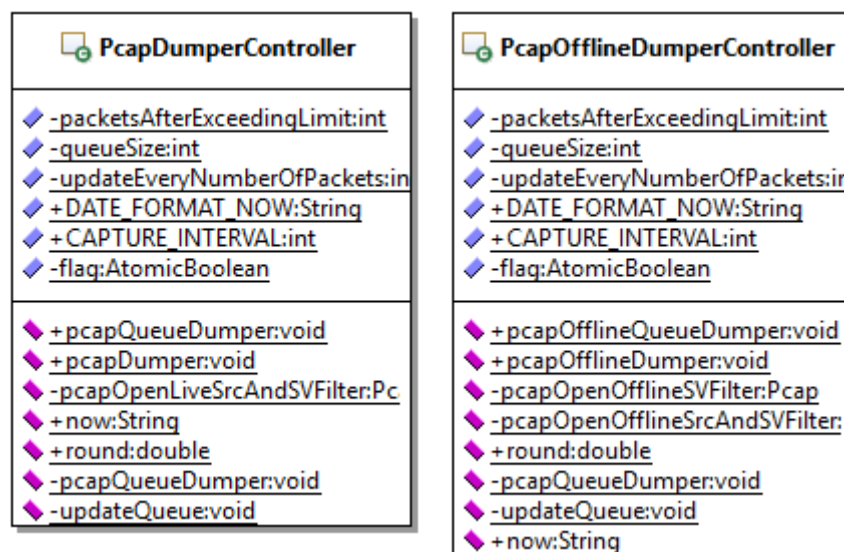
Kuvio 21. Controller-pakkauksen luokkakaaviot

Offlinecontroller-pakkauksen luokka OfflineController on vastuussa pcap-tiedostojen lukemisesta ja luetun tiedoston arvojen suodattamisesta. OfflineVoltageSeriesController- ja OfflineCurrentSeriesController-luokat ovat vastuussa jännite- ja virta-arvojen lukemisesta pcap-tiedostoista ja niiden lähettämisestä käyttöliittymäluokalle tulostettavaksi kuvaajiin (**Kuvio 22.**).



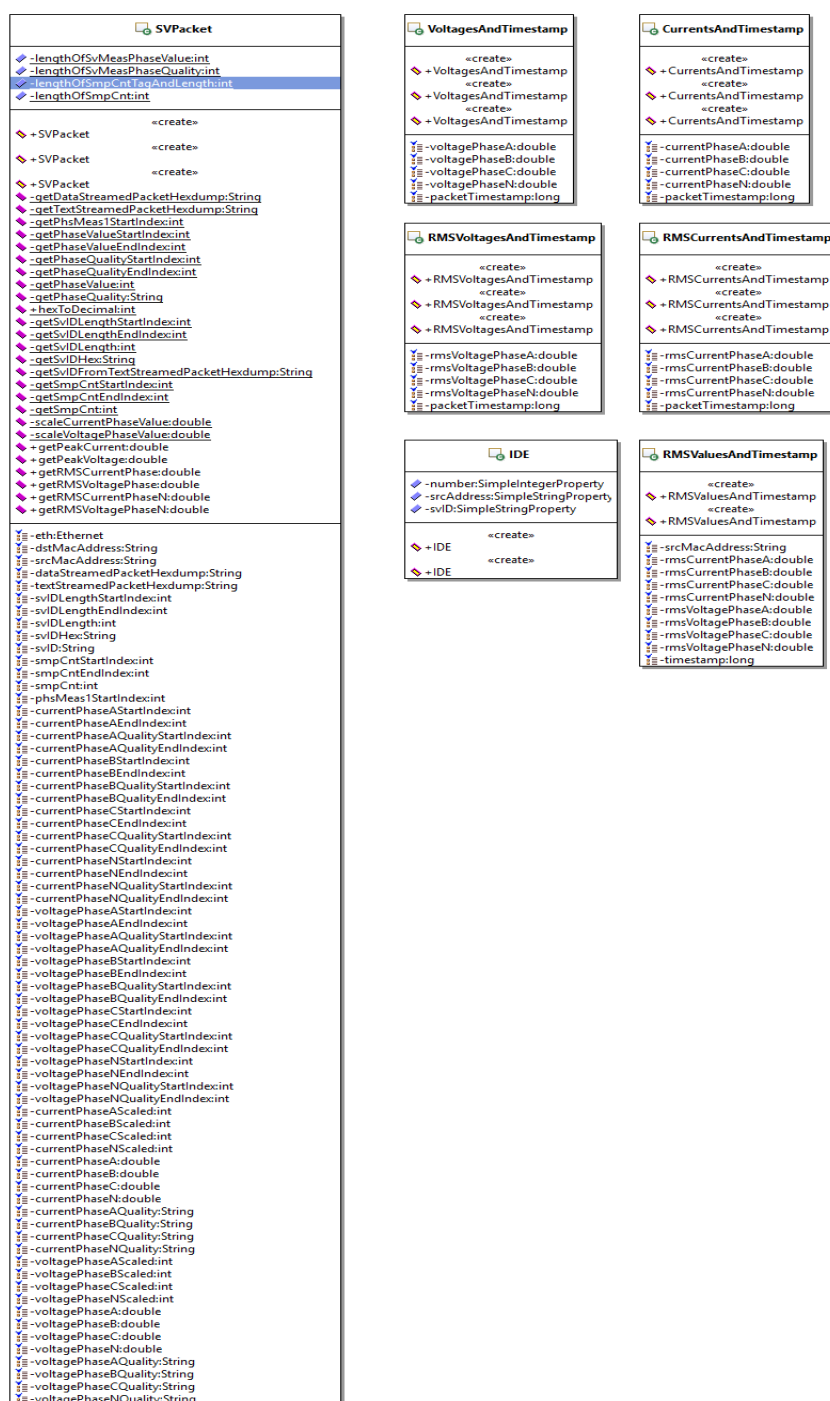
Kuvio 22. Offlinecontroller-pakkauksen luokkakaaviot

Dumpcontroller-pakkauksen luokka PcapDumperController on vastuussa pcap-tiedostojen tallennuksesta, kun ohjelma kaappaa liikennettä Ethernet-verkosta. PcapOfflineDumperController on vastuussa pcap-tiedostojen tallennuksesta, kun ohjelma kaappaa liikennettä pcap-tiedostosta (**Kuvio 23.**).



Kuvio 23. Dumpcontroller-pakkauksen luokkakaaviot

Data-pakkauksen luokat ovat projektin dataolioita. Pakkauksesta löytyy SVPacket-luokka, joka suodattaa IEC 61850 SV -Ethernet-kehyksestä halutut arvot selkokieliseksi (Kuvio 24.).



Kuvio 24. Data-pakkauksen luokkakaaviot

5 TOTEUTUS

Opinnäytetyön tekeminen alkoi selvittämällä, miten IED-laitteiden aliverkon liikennettä pystyisi kaappaamaan pöytäkoneelle. Technobothnialta löytyi kyseinen IED-laitteiden aliverkko, joka fyysisesti sijaitsee opinnäytetyön nimen mukaisesti Sundomissa.

Toteutusvaiheen alussa etsittiin samankaltaisia ohjelmia, jotka pystyisivät suodattamaan IEC 61850-aliverkon liikennettä. Etsinnän jälkeen löytyi muutama sovel-
lus, joista saatiin jonkin verran apua työn alkuun pääsemiseksi.

Työn alussa kaapattiin Wireshark-ohjelmalla aliverkon liikennettä pöytäkoneella ja tutkittiin kyseistä liikennettä. Työssä huomattiin heti, että IED-laitteiden lähettämä viestien määrä on todella suuri. Tarkalleen ottaen, jokaiselta IED-laitteelta tulee 80 näytettä jaksossa ja jakson pituus ajassa mitattuna on 20 millisekuntia.

$$\frac{1000ms}{20ms} = 50 \text{ ja } 50 * 80 \text{ näytettä} = 4000 \text{ näytettä} \quad (7)$$

Eli yksi IED-laite lähettää 4000 näytettä sekunnissa ja työssä käytetyssä aliverkos-
ta löytyy 21 IED-laitetta.

5.1 IEC 61850 SV -Ethernet-kehyyksen kaappaaminen

Opinnäytetyön ensimmäinen haaste oli IDE-laitteiden aliverkon IEC 61850 liikenteen kaappaaminen ja suodattaminen pöytäkoneelle selkokieleiseksi. Aluksi tarvittiin ohjelma tai kirjasto, joka pystyisi suodattamaan halutut IEC 61850-SV viestit tarpeeksi nopeasti. Etsinnän jälkeen valikoitui toimivaksi kirjastoksi Java-kirjasto jNetPcap. Java-kielinen kirjasto oli hyvä sen suhteen, että Java-kielillä ohjelmointi oli henkilökohtaisesti mieluisin vaihtoehto.

Valittu Java-kirjasto jNetPcap ei ollut entuudestaan tuttu, joten kesti jonkin verran aikaa saada kyseinen kirjasto toimimaan halutulla tavalla. Hetken testailun jälkeen kyseinen kirjasto saatiin toimimaan ja IED-laitteiden aliverkon liikennettä pystyt-

tiin kaappaamaan ja liikenteestä pystyttiin erottelemaan yksittäiset IED-laitteet. Alla olevassa Kuviossa 25 on esimerkki jNetPcapin käytöstä pakettisuodattimella (Kuvio 25).

```

int snaplen = 64 * 1024;           // Capture all packets, no truncation
int flags = Pcap.MODE_PROMISCUOUS; // capture all packets
int timeout = 10 * 1000;          // 10 seconds in millis
Pcap pcap = Pcap.openLive(device.getName(), snaplen, flags, timeout, errbuf);

if (pcap == null) {
    System.err.printf("Error while opening device for capture: "
        + errbuf.toString());
    return;
}
//Packet filters
PcapBpfProgram program = new PcapBpfProgram();
String host = "00:21:c1:25:de:d2"; //MAC address filter 'ether host 00:21:c1:25:de:d2'
String ethHost = "ether host";
String svProto = "ether proto 0x88BA"; //Sampled Values protocol filter
String expression = svProto+" and "+ethHost+" "+host;
System.out.println(expression); //checking expression
int optimize = 0; // 0 = false
int netmask = 0xFFFFFFFF; // 255.255.255.0

if (pcap.compile(program, svProto, optimize, netmask) != Pcap.OK) {
    System.err.println(pcap.getErr());
    return;
}
if (pcap.setFilter(program) != Pcap.OK) {
    System.err.println(pcap.getErr());
    return;
}
//Third we create a packet handler which will receive packets from the libpcap loop.
PcapPacketHandler<String> jpacketHandler = new PcapPacketHandler<String>() {
    public void nextPacket(PcapPacket packet, String user) {
        System.out.printf("Received packet at %s caplen=%d len=%d\n %s\n",
            new Date(packet.getCaptureHeader().timestampInMillis()),
            packet.getCaptureHeader().caplen(), // Length actually captured
            packet.getCaptureHeader().wirelen(), // Original length
            packet.toString(),
            user // User supplied object
        );
    }
};
pcap.loop(10, jpacketHandler, "");
//closing the pcap
pcap.close();

```

Kuvio 25. Esimerkki jNetPcapin käytöstä

JNetPcapilla saatiin suodatettua liikenteestä IEC 61850 SV -protokollan liikennettä ja saatiin selville myös yksittäiset IED-laitteet, niiden MAC-osoitteet ja pakettien aikaleima ja Ethernet-kehyksien koko.

5.2 IEC 61850 SV -datan suodatus selkokieleiseksi

Valitulla Ethernet-pakettien kaappauskirjastolla jNetPcapilla ei pysty suoraan samaan IEC 61850-SV -protokollan hetkellisiä jännite- ja virta-arvoja eikä hetkelisarvoihin liittyviä laatuarvoja. Tästä johtuen jouduttiin tekemään oma kirjasto SV -pakettien suodattamiseksi jNetPcapin avulla.

Omassa kirjastossa käytettiin hyväksi jNetPcapilla löytyvää funktiota, joka saa tulostettua kaapatun Ethernet-paketin hex dumpin (**Kuvio 21**).

```

0000  01 0c cd 04 00 07 00 21  c1 25 de c6 88 ba 40 00  .....! .%....@.
0010  00 6f 00 00 00 00 60 65  80 01 01 a2 60 30 5e 80  .o....`e ....`0^.
0020  0d 53 4e 44 4a 31 30 37  4d 55 30 31 30 31 82 02  .SNDJ107 MU0101..
0030  00 6a 83 04 00 00 00 01  85 01 01 87 40 00 00 20  .j..... ..@..
0040  a3 00 00 02 03 00 00 56  61 00 00 02 03 ff ff 8a  .....V a.....
0050  cd 00 00 02 03 ff ff fd  e8 00 00 02 03 00 0d 26  .....&
0060  23 00 00 00 00 00 0c a7  c7 00 00 00 00 ff e6 20  #.....
0070  4f 00 00 00 00 ff ff fc  4b 00 00 02 03  ..... K....

```

Kuvio 26. Esimerkki Wireshark-ohjelman hex dumpista

Tutkien IEC 61850-9-2 standardia erinäisistä lähteistä ja etsien niistä IEC 61850-SV -paketin Ethernet-kehysten muotoa, saatiin hex dumpista selvitettyä eri arvojen ja leimojen paikat hex dumpissa. JNetPcapia ja itse tehtyä kirjastoa käyttäen saatiin tulostettua IDE-laitteiden liikenteestä reaaliaikaisia haluttuja arvoja.

Hex dumpia tutkiessa piti myös huomata, että hetkelliset virta-arvot on kerrottu tuhannella ja hetkelliset jännitearvot on kerrottu sadalla Ethernet-kehyksessä. Tämä on todennäköisesti tehty siksi, koska desimaalilukujen muunnos heksadesimaaliluvuksi ei toimi toivotulla tavalla.

Aluksi ennen kuin suodatettua SV-dataa käytettiin RMS-arvojen laskuun, piti varmistua siitä, että suodatettu oli todenmukaista. Tässä vaiheessa huomattiin, että aiemmin käytetty Wireshark-ohjelma pystyy myös suodattamaan IEC 61850 SV -protokollan Ethernet-kehysten dataa. Wiresharkin avulla varmistuttiin, että työssä tehdyllä kirjastolla saatiin todenmukaisia arvoja.

5.3 IEC 61850-SV -datasta RMS-arvojen laskeminen

Suodatettujen arvojen ollessa todenmukaisia alettiin miettimään, mitä SV-datasta olisi järkevää laskea. Ensimmäiseksi laskemiskohteeksi valikoitui RMS-arvojen laskeminen.

RMS-arvojen laskukaavat on mainittuna osiossa 2.10 Käytetyt Teknologiat. RMS-arvojen laskemiseksi ohjelma hakee 80 näytteen välein kyseisen jakson huippuarvon ja laskee siitä RMS-arvon. 80 näytteen väli johtuu siitä, että yhden jakson pituus on 80 näytettä. On myös huomioitava, että löytyy IED-laitteita, jotka lähettävät 256 näytettä jaksossa. Työssä tehty ohjelma ei pysty suodattamaan kyseisten IED-laitteiden liikennettä.

5.4 Käyttöliittymän suunnittelu ja luonti

Laskettujen arvojen ollessa järjellisiä, alettiin työn seuraavassa vaiheessa miettiä käyttöliittymän tekemistä. SV-datan suodatuksessa käytettiin Java-kielellä tehtyä kirjastoa, joten oli järkevää tehdä myös käyttöliittymä Java-kielellä.

Hetken pohdiskelun jälkeen päädyttiin käyttämään Oraclen ja Javan uusinta Graafisen käyttöliittymän tekemiseen tarkoitettua kirjastoa nimeltään JavaFX. JavaFX ei ollut entuudestaan tuttu, joten vaati jonkin verran kokeilemista, että sillä sai mitään aikaiseksi. Hyvin nopeasti kumminkin JavaFX:llä ohjelmointi onnistui ja päästiin itse työn käyttöliittymän suunnitteluun.

Käyttöliittymää suunnitellessa otettiin vaikutteita työssä aiemmin selvään otetuista ohjelmista. Hyvin nopeasti kävi ilmi, mitä käyttöliittymässä täytyi olla. Käyttöliittymässä täytyi vähintään olla verkkosovittimen valintavalikko ja tiedostonsyöttöä varten tekstikenttä. Lista löydettyistä IED-laitteista ja tekstikenttiä laskettuja arvoja varten olivat myös pakollisia. Käyttötapausten luettelosta löytyy useita kuvia, miltä ohjelma lopulta päätyi näyttämään.

5.5 Käyttöliittymän lisäominaisuudet

Työn seuraavassa vaiheessa, kun käyttäjä pystyi valitsemaan haluamansa verkko-
sovittimen tai pcap-tiedoston ja samaan niistä listan IED-laitteista ja laskemaan
valitusta IED-laitteesta RMS-arvoja, päätettiin lisätä ohjelmaan ominaisuus nähdä
saapuneita arvoja kuvaajassa reaaliajassa. Valitusta JavaFX-kirjastosta löytyi
myös funktiot ja metodit kuvaajien piirtämiseen.

Ohjelman piirtäessä kuvaajia saapuvasta datasta, huomattiin hyvin nopeasti saa-
puvan datan suuri määrä. Saapuvan datan suuresta määrästä johtuen, käyttöliitty-
män RMS-arvojen tulostus ja kuvaajien piirtäminen ei tapahdu jokaisella jaksolla
vaan päivitysnopeutta säädeltiin sen mukaan, kuinka ohjelma jaksosi toimia kaa-
tumatta.

Ohjelmaan tehtiin myös ominaisuus tarkkailla valitun IED-laitteen nollavirta- ja
jännitearvoja ja verrata niitä annettuihin raja-arvoihin. Raja-arvojen ylittyessä oh-
jelma luo 4 sekunnin otteen tapahtumasta. 4 sekunnin otepituus valittiin yleisesti
sähkötekniikassa käytetystä 4 sekunnin vikaikkunasta. Otteessa raja-arvon ylityk-
sestä tallennetaan 40 jaksoa ennen ylitystä ja 160 jaksoa ylityksen jälkeen. Vi-
kaikkunan pituus on tällöin 200 jaksoa ja yhden jakson pituus on 20ms.

$$\frac{20ms}{jakso} * 200 jaksoa = 4s \quad (8)$$

Loppujen lopuksi ohjelmaan lisättiin ominaisuus, joka ohjelman RMS-arvojen
laskujen päätyttyä luo lasketuista arvoista JSON-tiedoston. Esimerkki luodusta
löytyy aiemmin olleesta kuvioista (**Kuvio 10.**).

6 TESTAUS

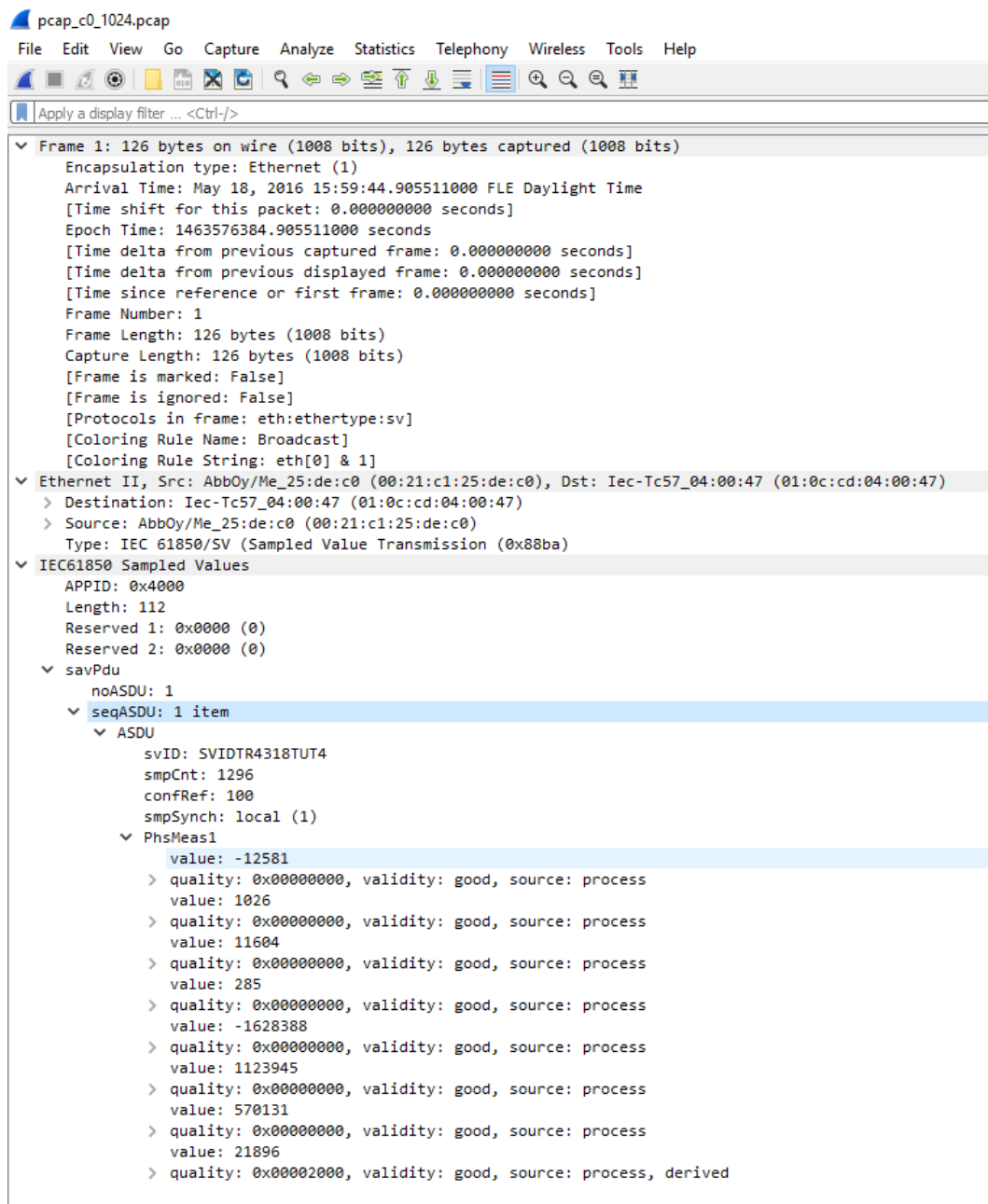
Opinnäytetyön verkkoanalysointia testattiin huomattavasti toteutuksen aikana. Testauksessa käytettiin hyväksi Sundomista tulevaa IEC 61850 SV IDE-laitteiden aliverkkoliikennettä. Liikennettä myös tallennettiin pcap-tiedostoihin, jotta ohjelmaa pystyisi myös ajamaan ilman, että isäntäkone olisi yhteydessä IDE-laitteiden aliverkkoon.

Ohjelman suodattamia IEC 61850 SV -arvoja testattiin ja todennettiin käyttäen verkkoanalysointiohjelmaa nimeltään Wireshark. Työn edetessä huomattiin, että Wireshark-ohjelma pystyy suodattamaan IEC 61850 SV -Ethernet-kehysten data selkokieliseen muotoon. Wiresharkilla saatuja ja tallennettuja arvoja verrattiin työssä tehdyn ohjelman saamiin arvoihin pcap-tiedostoista, jotka tallennettiin Wireshark-ohjelmalla. Työssä tehdyllä ohjelmalla ja Wireshark-ohjelmalla saadut arvot ovat samat (**Kuvio 27.**) (**Kuvio 28.**).

```
Opening file for reading: tests/pcap_c0_1024.pcap
Received at Wed May 18 15:59:44 EEST 2016 caplen=126 len=126
svID: SVIDTR4318TUT4
Destination MAC address: 01:0C:CD:04:00:47
Source MAC address: 00:21:C1:25:DE:C0
Current Phase A in Ampere: -12581
Current Phase A Quality : 00000000
Current Phase B in Ampere: 1026
Current Phase B Quality : 00000000
Current Phase C in Ampere: 11604
Current Phase C Quality : 00000000
Current Phase N in Ampere: 285
Current Phase N Quality : 00000000

Voltage Phase A in Volts: -1628388
Voltage Phase A Quality : 00000000
Voltage Phase B in Volts: 1123945
Voltage Phase B Quality : 00000000
Voltage Phase C in Volts: 570131
Voltage Phase C Quality : 00000000
Voltage Phase N in Volts: 21896
Voltage Phase N Quality : 00002000
```

Kuvio 27. Työssä tehdyn ohjelman suodatetut arvot



Kuvio 28. Wireshark ohjelmalla saadut arvot

Alla olevissa taulukoissa on lueteltu testitapauksia, jotka tehtiin ohjelman ollessa valmis. Testitapaukset on jaoteltu kolmeen eri taulukkoon. Kaksi ensimmäistä taulukkoa liittyy ohjelman perustoimintojen ajamiseen, kun ohjelmaa ajava tietokone on liitettyä IED-laitteiden aliverkkoon ja kun ohjelmalle syötetään pcap-

tiedosto (**Taulukot 11-12.**). Kolmas testaustaulukko on tarkoitettu yleistapauksille (**Taulukko 13.**).

Kahdessa ensimmäisessä taulukossa on paljon samankaltaisuuksia, sillä lähes kaikki toiminnot toimivat samankaltaisesti joko tietokoneen ollessa yhteydessä IED-laitteiden aliverkkoon tai pcap-tiedostosta luettuna. Samankaltaisuudet on eroteltu, koska ohjelma toimii vähän eri tavalla riippuen IED-laitteiden liikenteen syöttötavasta.

Taulukko 11. Ohjelman testaustaulukko, kun tietokone liitettynä IED-laitteiden aliverkkoon

Testitapaus	Odotettu tulos	Tulos
Ohjelman käynnistyksen yhteydessä löytää kaikki aktiiviset verkkosovittimet	Ohjelma löytää kaikki verkkosovittimet	OK. Odotettu tulos toteutui.
Aktiivisista verkkosovittimista ohjelma valitsee verkkosovittimen, jossa on IEC 61850 SV -protokollan liikennettä.	Ohjelma valitsee verkkosovittimen, josta löytyy IEC 61850 SV -protokollan liikennettä. Jos kyseisen protokollan liikennettä ei löydy, ohjelma valitsee ensimmäisen verkkosovittimen listasta.	OK. Odotettu tulos toteutui.
Käyttäjä valitsee verkkosovittimen, jossa ei ole IEC 61850 SV -protokollan liikennettä.	Ohjelma ei löydä IED-laitteita ja ei tulosta mitään taulukkoon. Jos taulukossa oli ennestään jotain, tauluk-	OK. Taulukko päivitetty tyhjäksi

	ko päivittyy tyhjäksi	
Ohjelma löytää valitusta verkkosovittimesta listan IED-laitteista ja valitsee ne taulukkoon.	IED-laitteiden listaa muodostuu MAC-osoitteiden perusteella.	OK. IED-laitteiden lista muodostui
Käyttäjä valitsee halutun IED-laitteen listalta.	Käyttäjän valitsema IED-laite tulee valituksi. Ohjelman toimintonappulat aktivoituvat.	OK. Käyttäjän valitsema IED-laite tulee valituksi ja toimintonappulat aktivoituvat
Käyttäjä päivittää IED-laitteiden listan painamalla Refresh-nappulaa.	Ohjelma päivittää IED-laitteiden listan ja poistaa käytöstä toimintonappulat. IED-laitteen valinta nollaantuu.	OK. Lista päivittyy ja toimintonappulat poistuvat käytöstä. IED-laitteen valinta nollaantuu.
Käyttäjä alkaa hakea RMS-arvoja valitusta IED-laitteesta painamalla Start-nappulaa.	Ohjelma päivittää RMS-arvoja tekstikenttiin kaikista virtojen ja jännitteiden vaiheista sekunnin välein.	OK. Ohjelma päivittää arvoja sekunnin välein
Käyttäjä pysäyttää RMS-arvojen laskemisen painamalla Stop-nappulaa.	RMS-arvojen laskeminen pysähtyy ja viimeiset arvot näkyvät tekstikentissä. Ohjelma luo lasketuista arvoista JSON tiedoston aikaleimaineen kansioon, jossa ohjelma sijaitsee	OK. RMS-arvojen laskeminen pysähtyi ja JSON-tiedosto tuli luoduksi.
Käyttäjä asettaa RMS-	Ohjelma laskee RMS-arvoja	OK. Annetussa ajassa

arvojen laskemiselle ajastimen ja hakee RMS-arvoja annetun ajan verran.	ajastimeen annetun ajan verran.	ohjelma laskee RMS-arvoja ja tulostaa ne tekstikenttiin.
Käyttäjä hakee valitusta IED-laitteesta arvoja kuvaajaan painamalla yhdessä Graphs-välilehden painikkeista.	Ohjelma avaa uuden ikkunan ja alkaa tulostaa haluttuja arvoja kuvaajaan aikaleimaineen valitusta IDE-laitteesta. Tulostetun kuvaajan asteikot ovat järkeviä. Taustalla ohjelman muut toiminnot, paitsi ohjelman sulkeminen, poistuvat käytöstä.	OK. Ohjelma avaa uuden ikkunan, johon tulostuu haluttuja arvoja kuvajaan. Tulostetun kuvaajan asteikot ovat yleensä järkeviä. Kuvaajan tulostuksen aikana ohjelman muut toiminnot ovat poissa käytöstä.
Käyttäjä sulkee kuvaajan tulostusikkunan ja lopettaa kuvaajan tulostuksen.	Ohjelma sulkee kuvaajaikkunan ja lopettaa kuvaajan tulostuksen. Ohjelma aktivoi kaikki toiminnot takaisin. Valittu IED-laite pysyy valittuna.	OK. Arvojen tulostus loppuu ja ohjelman toiminnot tulevat takaisin.
Käyttäjä valitsee Limits and Save to Folder -välilehden ja asettaa nol-lajännitteelle ja -virralle raja-arvot. Käyttäjä valitsee halutun kohdekansion painamalla Browse-	Raja-arvot tulevat asetetuiksi ja kohdekansio tulee valituksi.	OK. Odotetut tulokset

nappulaa.		
Käyttäjä aloittaa raja-arvojen tarkistamisen valitusta IED-laitteesta annetuilla raja-arvoilla.	Ohjelma tarkistaa valitulta IED-laitteelta tulevia nollavirta ja -jännitearvoja. Arvojen mennessä yli syötettyjen raja-arvojen, ohjelma tallentaa ylityksestä 4 sekunnin otteen pcap-tiedostoon. Pcap-tiedosto tallentuu käyttäjän valitsemaan kansioon. Ohjelman muut toiminnot poistuvat käytöstä.	OK. Ohjelma tarkistaa saapuvia arvoja ja vertaa niitä annettuihin raja-arvoihin. Ohjelma tallentaa ylitse menevät arvot 4 sekunnin ottein annettuun kansioon. Raja-arvojen tarkistuksen ajan ohjelman muut toiminnot ovat poissa käytössä.
Käyttäjä lopettaa raja-arvojen tarkistamisen painamalla Stop-nappulaa.	Raja-arvojen tarkistus pysähtyy ja otteiden tallennus loppuu. Ohjelman toiminnot palaavat ennalleen.	OK. Raja-arvojen tarkistus pysähtyy.
Käyttäjä asettaa ajastimen raja-arvojen tarkistukselle ja aloittaa tarkistuksen.	Ohjelma tarkistaa saapuvia arvoja ajastimeen annetun ajan verran. Raja-arvojen tarkistus loppuu, kun ajastin pysähtyy.	OK. Raja-arvojen tarkistus pysähtyy syötetyn ajan jakson kuluessa.
Ohjelma laskee RMS-arvoja valitusta IED-laitteesta ja käyttäjä joko päivittää IED-laitteiden listan Refresh-nappulaa painamalla tai valitsemal-	Ohjelma pysäyttää RMS-arvojen laskemisen ja nolaa arvojen tekstikentät. Ohjelma päivittää IED-laitteiden listan.	OK. RMS-arvojen laskeminen pysähtyy ja tekstikentät nolautuvat.

la verkkosovittimen uudestaan.		
--------------------------------	--	--

Taulukko 12. Testaustaulukko, kun ohjelmalle valitaan pcap-tiedosto

Testitapaus	Odotettu tulos	Tulos
Ohjelmalle syötetään pcap-tiedosto, jossa on IEC 61850 SV -protokollan liikennettä.	IED-laitteiden lista muodostuu MAC-osoitteiden perusteella tiedostosta.	OK. Odotettu tulos toteutui.
Käyttäjä valitsee pcap-tiedoston, jossa ei ole IEC 61850 SV -protokollan liikennettä.	Ohjelma ei löydä IED-laitteita ja päivittää taulukon tyhjäksi.	Ohjelma päivittää ohjelman tyhjäksi.
Käyttäjä painaa Open-nappulaa taulukon ollessa jo tulostettuna.	Taulukko päivittyy uudestaan. Mahdolliset aloitetut toiminnot pysähtyvät ja IED-laitteen valinta nollaantuu. Toimintonappulat poistuvat käytöstä.	OK. Taulukko päivittyy uudestaan. Ajossa olevat toiminnot pysähtyvät ja valinnat nollaantuvat. Toimintonappulat poistuvat käytöstä.
Käyttäjä päivittää IED-laitteiden listan tiedostosta ja käyttäjän valinnat nollaantuvat ja toimintonappulat poistuvat käytöstä.	Ohjelma päivittää IED-laitteiden listan tiedostosta ja poistaa käytöstä toimintonappulat	OK. Lista päivittyy ja toimintonappulat poistuvat käytöstä

<p>Käyttäjä alkaa hakea RMS-arvoja valitusta IED-laitteesta painamalla Start-nappulaa.</p>	<p>Ohjelma päivittää RMS-arvoja tekstikenttiin kaikista virtojen ja jännitteiden vaiheista sekunnin välein.</p>	<p>OK. Ohjelma päivittää arvoja sekunnin välein</p>
<p>Käyttäjä pysäyttää RMS-arvojen laskemisen painamalla Stop-nappulaa.</p>	<p>RMS-arvojen laskeminen pysähtyy ja viimeiset arvot näkyvät tekstikentissä. Ohjelma luo lasketuista arvoista JSON-tiedoston aikaleimaineen kansioon, jossa ohjelma sijaitsee</p>	<p>OK. RMS-arvojen laskeminen pysähtyi ja JSON-tiedosto tuli luoduksi.</p>
<p>Käyttäjä hakee valitusta IED-laitteesta arvoja kuvaajaan painamalla yhdestä Graphs-välilehden painikkeista.</p>	<p>Ohjelma avaa uuden ikkunan ja alkaa tulostaa haluttuja arvoja kuvaajan aikaleimaineen valitusta IDE-laitteesta. Tulostetun kuvaajan asteikot ovat järkeviä. Taustalla ohjelman muut toiminnot, paitsi ohjelman sulkeminen, poistuvat käytöstä.</p>	<p>OK. Ohjelma avaa uuden ikkunan, johon tulostuu haluttuja arvoja kuvaajaan. Tulostetun kuvaajan asteikot ovat yleensä järkeviä. Kuvaajan tulostuksen ollessa käynnissä, ohjelman muut toiminnot ovat poissa käytöstä.</p>
<p>Käyttäjä sulkee kuvaajan tulostusikkunan ja lopettaa kuvaajan tulostuksen.</p>	<p>Ohjelma sulkee kuvaajaikkunan ja lopettaa kuvaajan tulostuksen. Ohjelma aktivoi kaikki toiminnot takaisin. Valittu IED-laite pysyy valittuna.</p>	<p>OK. Arvojen tulostus loppuu ja ohjelman toiminnot tulevat takaisin.</p>

Käyttäjä aloittaa raja-arvojen tarkistamisen valitusta IED-laitteesta annetuilla raja-arvoilla.	Ohjelma tarkistaa valitulta IED-laitteelta tulevia nolla vaiheen virta- ja -jännitearvoja. Arvojen mennessä yli syötettyjen raja-arvojen, ohjelma tallentaa ylityksestä 4 sekunnin otteen pcap-tiedostoon. Pcap-tiedosto tallentuu käyttäjän valitsemaan kansioon. Ohjelman muut toiminnot poistuvat käytöstä.	OK. Ohjelma tarkistaa saapuvia arvoja ja vertaa niitä annettuihin raja-arvoihin. Ohjelma tallentaa ylitse menevät arvot 4 sekunnin ottein annettuun kansioon. Raja-arvojen tarkistuksen ajan ohjelman muut toiminnot ovat poissa käytössä.
Käyttäjä lopettaa raja-arvojen tarkistamisen painamalla Stop-nappulaa.	Raja-arvojen tarkistus pysähtyy ja otteiden tallennus loppuu. Ohjelman toiminnot palaavat ennalleen.	OK. Raja-arvojen tarkistus pysähtyy.

Taulukko 13. Ohjelman testaustaulukko yleistapauksille

Testitapaus	Odotettu tulos	Tulos
Käyttäjä vaihtaa syöttömuotoa joko verkkosovittimesta tai pcap-tiedostosta lukuun	IEC 61850 SV -datan syöttömuoto vaihtuu. IDE-laitteiden taulukko nollaan-tuu ja päivittyy uusiin, jos käyttäjä vaihtaa syöttömuotoa tiedostosta lukemisesta verkkosovittimelta lukuun ja verkkosovittimelta löytyy	Odotetut tulokset toteutuivat.

	IDE-laitteiden dataa. Toimintonappulat poistuvat käytöstä ja arvokentät nolautuvat.	
Käyttäjä painaa Stop-nappulaa, kun IED-laite on valittuna ja RMS-arvojen laskeminen ei ole vielä aloitettu.	Ohjelma ei tee mitään.	Ohjelma ei tehnyt mitään.
Käyttäjä painaa Open-nappulaa, kun käyttäjä ei ole vielä syöttänyt pcap-tiedostoa.	Ohjelman ei pitäisi tehdä mitään tai avata mitään.	Ohjelma ei tehnyt mitään.
Ohjelman laskiessa RMS-arvoja valitusta IED-laitteesta, käyttäjä valitsee toisen IED-laitteen.	Ohjelma pysäyttää RMS-arvojen laskemisen entisestä valinnasta ja valitsee uuden valinnan.	OK. Ohjelma lopettaa RMS-arvojen laskemisen ja valitsee uuden IED-laitteen
Käyttäjä valitsee kohdekansion raja-arvojen tarkistuksen otteita varten ja tämän jälkeen poistaa valitun kansion ohjelman ollessa käynnissä.	Ohjelma yrittää tallentaa otteita, mutta ei löydä kohdekansiota.	Ohjelma yrittää tallentaa otteita, mutta mitään ei tallennu ja mahdollisesti kaatuu.
Käyttäjä sulkee ohjelman, kun ohjelma laskee RMS-arvoja.	RMS-arvojen laskeminen loppuu ja JSON-tiedosto tulee luoduksi.	Odotetut tulokset kävivät toteen.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva sovellus, jolla pystyy suodattamaan ja esittämään dataa Sundom Smart Gridistä ja sen kaltaisista IED-laitteiden aliverkoista. Työn tuloksena tehty sovellus täytti kaikki tärkeimmät sille määrätyt toiminnalliset vaatimukset. Sovellusta mahdollisesti pystyttäisiin kehittämään eteenpäin, kuten lisäämällä IED-laitteiden tehon laskemisen ja näyttämisen kuvaajassa. Myös nollajännitteen ja virran raja-arvojen tarkistusominaisuus olisi mahdollista jatko kehittää.

Opinnäytetyö oli melko laaja ja haastava. Työn aikana päästiin tutustumaan moniin uusiin asioihin ja opittiin paljon. Etenkin IEC 61850-9-2 -standardin Sampled Valuesiin ja sen Ethernet-kehykseen. Myös Javan uusin käyttöliittymä suunniteltuun ja luontiin tarkoitettu kirjasto JavaFX tuli tutuksi.

LÄHTEET

Verkkolähteet

/1/ Java Viitattu 20.9.2016

[https://en.wikipedia.org/wiki/Java_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Java_(programming_language))

/2/ jNetPcap Viitattu 20.9.2016

<http://jnetpcap.com/>

/3/ IEC 61850 Viitattu 21.9.2016

https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61850

/4/ JavaFX Viitattu 21.9.2016

<http://docs.oracle.com/javafx/2/overview/jfxpub-overview.htm>

/5/ pcap Viitattu 21.11.2016

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pcap>

/6/ JSON Viitattu 21.11.2016

<https://en.wikipedia.org/wiki/JSON>

/7/ gson Viitattu 24.11.2016

<https://github.com/google/gson>