

Opinnäytetyö (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Sulautetut Ohjelmistot

2017

Oskari Myllykylä

# SNMP-TUEN TOTEUTUSVAIHTOEHTOJEN TUTKIMINEN

Oskari Myllykylä

# SNMP-TUEN TOTEUTUSVAIHTOEHTOJEN TUTKIMINEN

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää paras SNMP:n toteutusvaihtoehto Teleste OYJ:n HDO-tuoteperheelle. HDO-tuoteperheen nykyinen SNMP-toteutus on ongelmallinen, sillä siihen tehdyt muutokset voivat vaikuttaa myös muiden laitteiden toimintaan ja oikeanlaisen toiminnan varmistus lisää testauksen työmäärää merkittävästi.

Työ aloitettiin tutkimalla SNMP-verkonhallintaprotokollaa ja HDO-tuoteperheen käyttämiä DVX- ja TSEMP-protokollien kuvaksia. Työssä selvitettiin HDO-tuoteperheen nykyinen SNMP-toteutus. Näiden tietojen pohjalta tutkittiin 3:a vaihtoehtoa nykyiselle SNMP-toteutukselle. Vaihtoehtojen toimintaa kuvattiin, tiedonsiirtoon liittyviä asioita selvennettiin laskuilla ja työmäärää arvioitiin listaamalla tarvittavat muutokset.

HDO-moduulien välinen tiedonsiirto tapahtuu DVX-väylän yli, jonka pienen pakettikoon ja hitauden takia vaihtoehdoille yhteinen ja merkittävin asia oli, minkälaista tietoa DVX-väylällä kulkee ja missä SNMP-viesti käsitellään.

Työn tuloksena loppuluvussa on vertailtu tutkittuja vaihtoehtoja keskenään ja esitetty paras vaihtoehto. Jokainen tutkituista vaihtoehdoista selvitti nykyisen toteutuksen ongelman, mutta keskinäisessä vertailussa mikään ei erottunut selvänä ykkösvaihtoehtona.

## ASIASANAT:

protokollat, SNMP, verkonhallinta, verkkoviestintä

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information Technology | Embedded Software

2017 | 30

Jari-Pekka Paalassalo

Oskari Myllykylä

# INVESTIGATING IMPLEMENTATION ALTERNATIVES FOR SNMP SUPPORT

The goal of this thesis was to help Teleste Plc to choose the best SNMP implementation for the HDO product family. The HDO product family consists of different devices that are used to build a hybrid fiber-coaxial network. The problem with the current implementation was that each update might affect the behavior of other devices in the HDO product family. Verifying the correct behavior of devices increases the workload of the testing department significantly.

The thesis starts with a study of the SNMP, DVX and TSEMP protocols which are used by the HDO product family. The thesis provides an introduction to the HDO product family and the current SNMP implementation. The thesis presents three alternative SNMP implementations, including description of their operation, calculation of data transfer times, and listing of necessary changes.

Communication between HDO modules is transferred over the DVX bus, which is limited by small packet size and a low data rate. The most important question with all alternatives was what kind of data is transferred over the DVX bus and where the SNMP message is handled.

The result of the thesis was the comparison of different implementation alternatives. In the best implementation alternative, SNMP messages are interpreted to TSEMP messages by using separate interpreting files before sending them to the HDO modules over the DVX bus.

## KEYWORDS:

protocols, SNMP, network management, network communication

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 PROTOKOLLAT</b>	<b>8</b>
2.1 SNMP-protokolla	8
2.1.1 Versioiden erot	9
2.1.2 OID-tunnisteet	10
2.2 DVX-protokolla	11
2.2.1 DVX-paketin rakenne	12
2.3 TSEMP-protokolla	12
2.3.1 TSEMP-viestit	13
2.3.2 SNoT-viestit	13
<b>3 HDO-TUOTEPERHE</b>	<b>15</b>
3.1 HDC100 -moduuli	15
3.2 CATVisor Commander -ohjelmisto	15
<b>4 VAIHTOEHDOT</b>	<b>17</b>
4.1 Nykyinen toteutus	17
4.1.1 Hyvät puolet	17
4.1.2 Ongelmat	18
4.2 HDC100 SNMP-tulkkina	18
4.2.1 Tulkkaustiedosto	18
4.2.2 Työmäärä	21
4.2.3 Hyvät puolet	22
4.2.4 Ongelmat	22
4.3 HDC100 SNMP-välityspalvelimena	22
4.3.1 SNMPv3:n käsittely	23
4.3.2 SNoT-viestit DVX-väylässä	23
4.3.3 Työmäärä	24
4.3.4 Hyvät puolet	24
4.3.5 Ongelmat	25
4.4 Erillinen SNMP-TSEMP tulkki	25

4.4.1 Työmäärä	26
4.4.2 Hyvät puolet	26
4.4.3 Ongelmat	27

<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>28</b>
---------------------	-----------

<b>LÄHTEET</b>	<b>30</b>
----------------	-----------

## **KUVAT**

Kuva 1. SNMP-kysely ja -vastaus.	8
Kuva 2. SNMP:n Trap- ja Inform-viestien ero.	9
Kuva 3. Telesten OID-tunniste puumaisena rakenteena.	11
Kuva 4. DVX-paketin rakenne.	12
Kuva 5. TSEMP-viestin rakenne.	13
Kuva 6. CATVisor Commander -näkyvä.	16
Kuva 7. Nykyinen toiminta.	17
Kuva 8. OID:ien lyhentäminen.	19
Kuva 9. Toiminta HDC100:n ollessa SNMP-välittäjänä.	23
Kuva 10. Ohjelmiston toiminta SNMP-kyselyn tapahtuessa.	25
Kuva 11. Toiminta Trap- ja Inform-viestien tapauksessa.	26

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. SNMP:n eri viestityypit.	10
Taulukko 2. DVX-paketin varatut tavut.	12
Taulukko 3. OID:ien pakkaus.	20
Taulukko 4. Pakkausalgoritmien vertailu.	20
Taulukko 5. Tulkaustiedoston siirtoon kuluva aika DVX-väylällä.	21
Taulukko 6. HDC100:n käynnistysaika eri laitemäärillä.	21
Taulukko 7. SNoT-viestin siirron kesto DVX-väylällä.	24

## KÄYTETYT LYHENTEET

DVX	Telesten kehittämä tiedonsiirtoprotokolla
HFC	Hybrid fiber-coaxial, laajakaistaverkko, joka rakentuu valokuitu- sekä koaksiaalikaapeleista
IETF	The Internet Engineering Task Force, Internet-protokollien standardoinnista huolehtiva organisaatio
IP	Internet Protocol, protokolla, joka huolehtii IP-pakettien toimittamisen
LZMA	Lempel-Ziv-Markov, tehokas häviötön pakkausalgoritmi
MIB	Management Information Base, tietokanta, joka sisältää OID-tunnisteiden kuvauksia
OID	Object Identifier, yleiskäyttöinen yksilötunnus joka on liitetty kohteeseen, joka voi olla fyysinen tai abstrakti
RS-485	Standardi sarjaliikenneväylälle, johon voi olla liitettynä useita laitteita samanaikaisesti
SFTP	SSH File Transfer Protocol, SSH-protokollan laajennus, joka mahdollistaa tiedostojenhallinnan SSH-yhteyden yli
SNMP	Simple Network Management Protocol, verkkolaitteiden hallintaan käytettävä protokolla
SNoT	SNMP over TSEMP, TSEMP:in laajennus, joka mahdollistaa SNMP-viestien välittämisen TSEMP-viesteissä
TSEMP	Teleste Simple Element Management Protocol, Telesten kehittämä viestintäprotokolla laitteiston hallintaan
UDP	User Datagram Protocol, yhteydetön tiedonsiirtoprotokolla, joka toimii IP-verkossa

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on tutustua Teleste OYJ:n HDO-tuoteperheen verkonhallintaan ja erityisesti sen Simple Network Management Protocol eli SNMP-tukeen ja tutkia erilaisia vaihtoehtoja sen toteuttamiseen. HDO-tuoteperheen nykyinen SNMP-toteutus on ongelmallinen, sillä siihen tehdyt muutokset vaikuttavat myös muihin HDO-laitteisiin ja oikeanlaisen toiminnan varmistus lisää testauksen työmäärää. Tavoitteena on selvittää eri toteutusvaihtoehtojen toiminta, mahdolliset ongelmat, arvioida vaihtoehdon toteuttamiseen tarvittavaa työmäärää ja työmäärää tulevaisuudessa sitä päivittäessä. Työ tulee auttamaan Teleste OYJ:tä parhaan SNMP-toteutusvaihtoehdon valitsemisessa HDO-tuoteperheelle.

Verkonhallinta tarkoittaa verkossa olevien laitteiden tapahtumien, kuten virhetilojen, seuranta ja asetusten muuttamista käyttötarkoitukseen sopivaksi. Verkonhallinta käsin vaikeutuu, mikäli verkko koostuu useasta laitteesta ja niiden fyysinen sijainti on vaihteleva. Tämän ongelman ratkaisuksi on kehitetty verkonhallintaprotokollia, jotka mahdollistavat verkonhallinnan etänä tietoverkkojen yli. SNMP on yksi vanhimmista ja käytetyimmistä verkonhallintaprotokollista. Kattava ja toimiva SNMP-tuki on tärkeä, jotta asiakas pystyy helposti hallinnoimaan isoja verkkoja, joissa mahdollisesti on eri valmistajien verkkolaitteita. SNMP mahdollistaa sen, että erilaisten verkkolaitteiden tiedot ja tapahtumat saadaan helposti koottua yhteen hallinnointiohjelmaan. (Haikonen ym. 2000.)

Aluksi työssä käydään läpi työlle oleellisten protokollien toimintaa ja rajoitteita. Työn toisessa luvussa tutustutaan HDO-tuoteperheeseen ja sen hallintaan tarkoitettuun HDC100:aan ja CATVisor Commander -ohjelmistoon. Tämän jälkeen on esitelty nykyinen SNMP-toteutus ja käydään läpi eri vaihtoehtoja sille. Loppuluvussa pohditaan työn tuloksia ja esiteltyjen vaihtoehtojen keskinäisiä eroja ja niille yhteisiä asioita.

Lähteinä työssä käytetään pääosin IETF:n hallinnoimia SNMP:hen liittyviä dokumentteja ja Teleste OYJ:n luomaa dokumentaatiota omista protokollistaan.

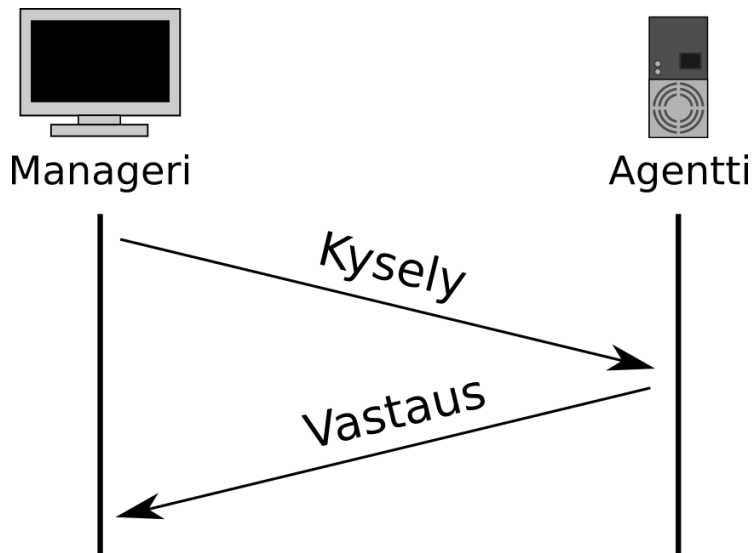
## 2 PROTOKOLLAT

Tässä luvussa tutustutaan työssä käytettäviin protokolliin. Ensimmäisenä käydään läpi SNMP-verkonhallintaprotokolla. Sen jälkeen tutustutaan Telesten kehittämiin DVX- ja TSEMP-protokolliin. Luvuissa käydään läpi protokollien rajoitteita ja toiminnallisia ominaisuuksia.

### 2.1 SNMP-protokolla

Simple Network Management Protocol eli SNMP on verkkolaitteiden hallintaan kehitetty standardisoitu tietoliikenneprotokolla, jonka ensimmäinen versio on julkaistu vuonna 1988 ja viimeisin 3. versio vuonna 1998. SNMP-tuki löytyy monien verkkolaittevalmistajien tuotteista. SNMP helpottaa ja yhtenäistää isojen verkkojen ylläpitoa. SNMP mahdollistaa laitteiden arvojen lukemisen, muuttamisen ja tapahtumien seuraamisen etänä. SNMP-verkko koostuu ylläpitäjästä eli managerista ja verkon muodostavista muista laitteista eli agenteista. (Case ym. 1990.)

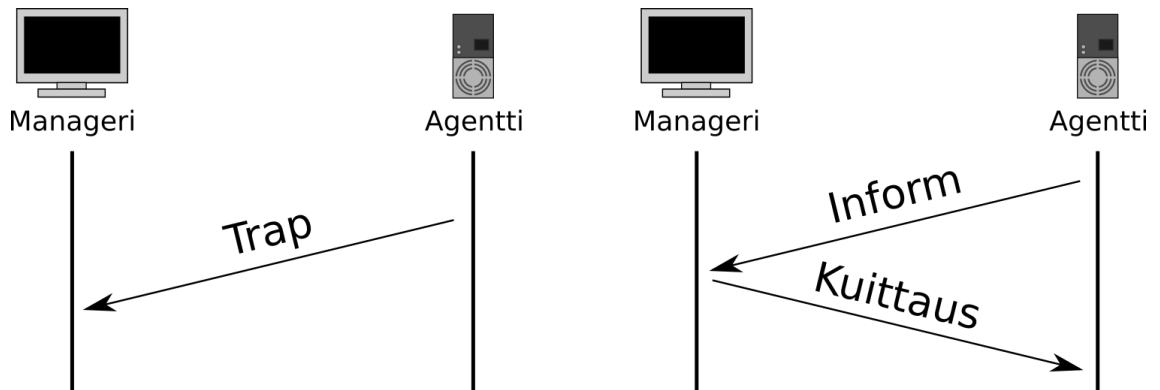
Viestintä koostuu pääosin managerin lähettämistä kyselyistä ja agentin vastauksista. Kuvassa 1 on esitetty managerin ja agentin viestintä kyselyissä.



Kuva 1. SNMP-kysely ja -vastaus.



Agentti pystyy kuitenkin lähettämään itsenäisesti Trap- ja Inform-viestejä managerille. Agentti lähettää viestin, jos jokin merkittävä arvo on muuttunut tai jotain merkittävää on tapahtunut. Inform eroa Trapista siten, että agentti odottaa Inform-viestehin managerin kuittausta niiden saapumisesta, jos agentti ei saa kuittausta Inform-viesti lähetetään uudelleen. Trap-viestejä manageri ei kuittaa. Kuvassa 2 on Trap- ja Inform-viestien toiminta. (Cisco 2006.)



Kuva 2. SNMP:n Trap- ja Inform-viestien ero.

SNMP toimii pääosin UDP-tiedonsiirtoprotokollan päällä, mutta viestejä on mahdollista kuljettaa käyttämällä jotain muuta protokollaa. SNMP käyttää managerin lähettämiin kyselyihin porttia 161 ja agentin lähettämiin Trap- ja Inform-viesteihin porttia 162. (Case ym. 1990.)

### 2.1.1 Versioiden erot

SNMP:n ensimmäinen versio esitteli suurimman osan protokollan toiminnoista. Kunnollista tietoturvaa protokollan ensimmäinen versio ei omaa. Viestit oikeutetaan merkkijonolla ja SNMP-viestit lähetetään selkokielistenä, joten ne ovat alttiina nuuskinnalle (Net-SNMP 2011).

SNMP:n 2. versio lisäsi protokollaan viestityyppejä, jotka vähensivät ja helpottivat kyselyjä. GetBulk mahdollistaa monen OID-arvo -parin noudon yhdellä viestillä määrittelemällä aloitus OID:n ja noudettavien OID-arvo -parien lukumäärän. SNMPv2 muutti myös Trap-viestien rakenteen samanlaiseksi kuin muiden viestien ja lisäsi kuitattavan Trapin eli Inform-viestin. Taulukko 1 sisältää SNMP:n eri viestityypit. (Cisco 2006.)

SNMPv2:sta on olemassa eri muunnelmia, jotka eroavat tietoturvaltaan. Suosituin ja tue-  
tuin versio on kuitenkin v2c, jonka tietoturva pysyi samana kuin ensimmäisessä versi-  
ossa.

Taulukko 1. SNMP:n eri viestityypit.

Viesti	SNMP versio	Kuvaus
<b>Get</b>	1	Kysely, joka sisältää ainakin yhden OID-tunnisteen.
<b>GetBulk</b>	2	Optimoitu versio GetNext- ja Get-viestistä. Vähentää managerin lähettämien kyselyiden määrää.
<b>GetNext</b>	1	Getin kaltainen kysely, joka palauttaa annetusta OID:stä seuraavan OID:en ja sen arvon.
<b>Set</b>	1	Asettaa annetun OID:n arvon halutuksi.
<b>Response</b>	1	Agentin vastaus managerin kyselyihin.
<b>Trap</b>	1	Agentin lähettämä viesti managerille, kun jotain tiedotettavaa on tapahtunut.
<b>Notification</b>	2	SNMPv2:n muuttunut viestirakenne trapille. Muutoin samanlainen kuin SNMPv1 trap. Tunnetaan myös nimellä SNMPv2Trap.
<b>Inform</b>	2	Trapin kaltainen viesti, jonka manageri on kuitattava saapuneeksi. Agentti lähettää viestiä, kunnes manageri kuittaa sen.

SNMP:n 3. versio korjasi protokollan puutteellista tietoturvaa ja -suojaaja. Pyynnöt ja vastaukset ovat salattuja, koskemattomuus sekä yhtenäisyys varmistetaan ja viestien lähettäjä todennetaan vahvemmin. Toiminnallisuus pysyi muutoin samanlaisena. (Cisco 2006.)

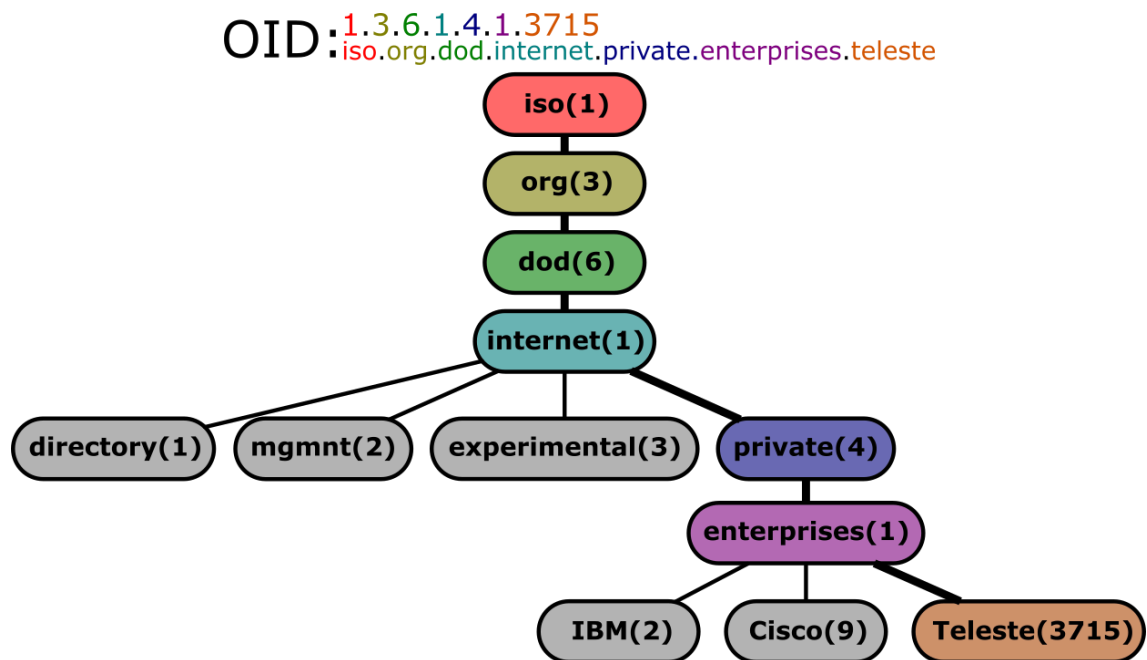
SNMPv3:n tietoturva on toteutettu käyttäjäpohjaisesti. Käyttäjille määritellään nimi, varmennusprotokolla, salausprotokolla ja avaimet molemmille protokollille. Varmennukseen voidaan käyttää MD5- tai SHA-algoritmia. Salaukseen voidaan käyttää AES- tai DES-algoritmia. (Net-SNMP 2011.)

### 2.1.2 OID-tunnisteet

SNMP käyttää Object Identifiereitä eli OID-tunnisteita laitteiden arvojen yksilöllistämiseen. OID-tunnisteet muodostavat puumaisen rakenteen. OID:t voidaan esittää sarjana kokonaislukuja tai sanoja, mitkä on eroteltu pisteellä. OID:t on selitetty MIB-tiedostoissa, jotka sisältävät tiedon tunnisteiden nimestä ja tietotyypistä. MIB-tiedostoja käytetään usein

yhdessä SNMP-ohjelmistojen kanssa, muuntamaan OID:t tekstiksi ja niiden esittämä tieto ihmisille ymmärrettäväksi. (McCloghrie & Rose 1990.)

Kuvassa 3 on esitetty Telesten OID ja havainnollistetaan OID:n puumaista rakennetta. Telesten OID:n alapuolelta löytyy Telesten laitteiden käyttämät omat OID:t. (Alvestrand Data 2014.)



Kuva 3. Telesten OID-tunniste puumaisena rakenteena.

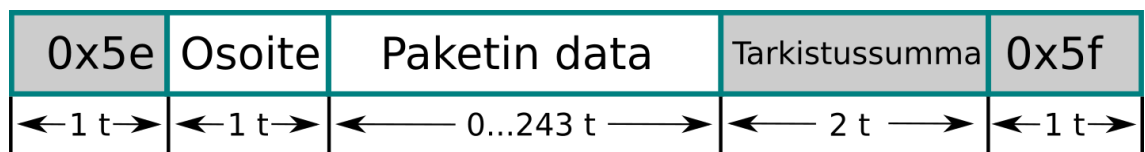
## 2.2 DVX-protokolla

DVX on Telesten kehittämä tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään siirtämään TSEMP-viestejä. DVX on rakennettu RS-485:n päälle. Tiedonsiirto tapahtuu 19200 baud/s nopeudella. DVX:ssä on 256 eri osoitetta, joista 15 on varattu isännille ja 240 orjille, jäljelle jäävä osoite on yleinen vastausosoite. (Teleste 2007.)

Väylää hallitsevan isännän on lähetettävä paketteja koko ajan ja sen täytyy myös kysellä ylemmän prioriteetin isännät läpi vähintään kerran minuutissa pysyäkseen hallinnassa. Isännän osoite määrittelee sen prioriteetin. Isäntälaitteet, jotka eivät ole hallinnassa käyttäytyvät kuten orjalaitteet odottaen ja vastaten hallitsevan isännän kyselyihin. Viestin lähetettyään isäntä odottaa orjan vastausta vähintään 250 ms ennen seuraavan paketin lähettämistä. (Teleste 2007.)

### 2.2.1 DVX-paketin rakenne

DVX-paketin minimikoko on 3 t ja maksimikoko on 244 t. Jokainen paketti alkaa tavulla 0x5e. Paketin toinen tavu kertoo paketin kohdeosoitteen. Tämän jälkeen tulee paketin varsinainen sisältö. Sisällön jälkeen tulee 2 t:n mittainen tarkistussumma. Tarkistussumma lasketaan käyttämällä Fletcherin-algoritmia. Summan jälkeen tulee tavu 0x5f, joka kertoo paketin päättyneen. Kuvassa 4 on esitetty DVX-paketin rakenne. (Teleste 2007.)



Kuva 4. DVX-paketin rakenne.

Mikäli aloitus- ja lopetustavun välissä täytyy lähettää jokin varatuista tavuista, pitää se koodata lähettämällä ensin tavu 0xde, joka kertoo, että sitä seuraavalle tavulle täytyy suorittaa inversio-operaatio, tämän jälkeen viestissä on kyseinen tavu invertoituna. Taulukossa 2 on listattu DVX-paketin varatut tavut. (Teleste 2007.)

Taulukko 2. DVX-paketin varatut tavut.

Tavu	Käyttö
0x5e	Paketin alku
0x5f	Paketin loppu
0xde	Seuraava tavu invertoidaan
0xdf	Varattu mahdolliselle laajenukselle

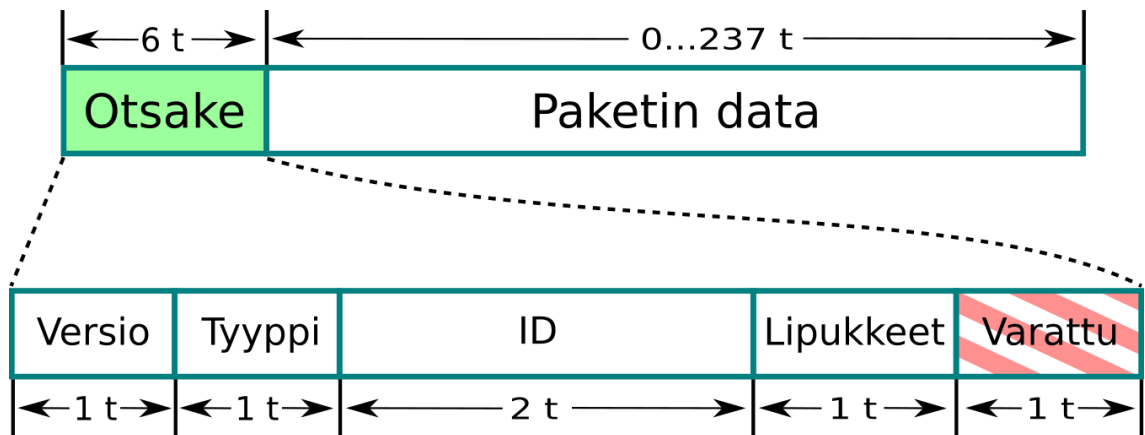
### 2.3 TSEMP-protokolla

TSEMP eli Teleste Simple Element Management Protocol on Telesten kehittämä verkonhallintaprotokolla omille tuotteilleen. Protokollan viesteillä voi kysellä laitteiston tilaa, lukea ja kirjoittaa asetuksia. Protokollaa käytetään myös ohjelmistopäivityksien suorittamiseen. Kaikki HDO-laitteet käyttävät TSEMP-viestintää. Protokollan versiot ovat taaksepäin yhteensopivia. (Teleste 2016.)

TSEMP:n hyvänä voidaan pitää sitä, että se on Telesten kehittämä ja hallinnoima, mikä mahdollistaa sen tehokkaan käytön.

### 2.3.1 TSEMP-viestit

Protokollan toteutuksen pitää pystyä käsittelemään 243 t:n kokoisia viestejä. Viesti koostuu 6 t:n pituisesta otsakkeesta ja 0-237 t:n pituisesta dataosuudesta. Otsakkeessa määritellään käytetty TSEMP-versio, viestintyyppi, -tunniste, -lipukkeita ja 6. tavu on varattu mahdollisia laajennuksia varten. Viestitunnistetta käytetään yhdistämään kysely- ja vastausviestit toisiinsa. Dataosuudessa on viestin sisältö, jonka tulkinta riippuu otsakkeessa määrittelyistä viestityypistä. Kuvassa 5 on esitetty TSEMP-viestin rakenne. (Teleste 2016.)



Kuva 5. TSEMP-viestin rakenne.

Monitavuisia tietotyyppinä lähettäessä käytetään nk. network-orderia, jossa merkittävin tavu lähetetään ensin. Merkkijonot lähetetään Pascal-muodossa, jossa merkkijonoa ennen oleva tavu kertoo merkkijonon pituuden tavuissa. Lähetettyä merkkijonoa ei ole terminoitu nollatavulla. (Teleste 2016.)

### 2.3.2 SNoT-viestit

SNoT eli SNMP over TSEMP mahdollistaa SNMP-viestien lähettämisen TSEMP-viestissä. SNoT:inä lähetettävän viestin maksimikoon määrittelee käytettävä tiedonsiirtoprotokolla. SNMP-osuuden ehdoton maksimikoko on 484 t. HDO-tuoteperheen laitteet eivät

kuitenkaan tähän pakettikokoon pysty DVX-protokollan rajoitteiden takia. DVX-protokollaa käytettäessä SNMP-osuus saa olla vain 185 t:n kokoinen. (Teleste 2016.)

Liian isot SNMP-viestit pilkotaan pienemmiksi SNMP-viesteiksi. Pilkotut viestit lähetetään kokonaisina SNMP-pyyntöinä, joten vastaanottaja ei tiedä sitä, että alkuperäinen kysely on pilkottu osiin. SNoT ei pysty selvittämään tilannetta, jossa yksi OID-arvo -kenttä on liian iso TSEMP-viestiin. Tässä tapauksessa paketti voidaan hylätä tai lähettää takaisin. SNMP-viestin pilkkomisen onnistuminen ei ole taattu. (Teleste 2016.)

SNoT ei ole erityisen tehokas, mikäli SNMP-viesti joudutaan pilkkomaan, sillä jokaisen osan täytyy sisältää SNMP-viestin otsake, joka voi sisältää pitkän community-merkkijonon. (Lehtinen 2015, 28)

## 3 HDO-TUOTEPERHE

HDO-tuoteperhe sisältää kymmeniä erilaisia moduuleja. Moduulit hoitavat HFC-verkon eri tehtäviä. Tuoteperhe sisältää vahvistimia, lähettämiä ja vastaanottimia. Moduulit asennetaan HDX-kehykseen, joka liittää moduulin kehyksessä olevaan virransyöttökiskoon ja DVX-väylään. Yhteen kehykseen mahtuu 12 moduulia ja kehyksiä voi liittää yhteen 16, joten enimmäislaitemäärä on 192 moduulia. Modulaarisuus mahdollistaa verkkojen helpon laajentamisen sekä ylläpidon. HDO-moduuleja ohjataan TSEMP-viesteillä, jotka kulkevat kehyksen DVX-väylää pitkin. (Teleste 2017b.)

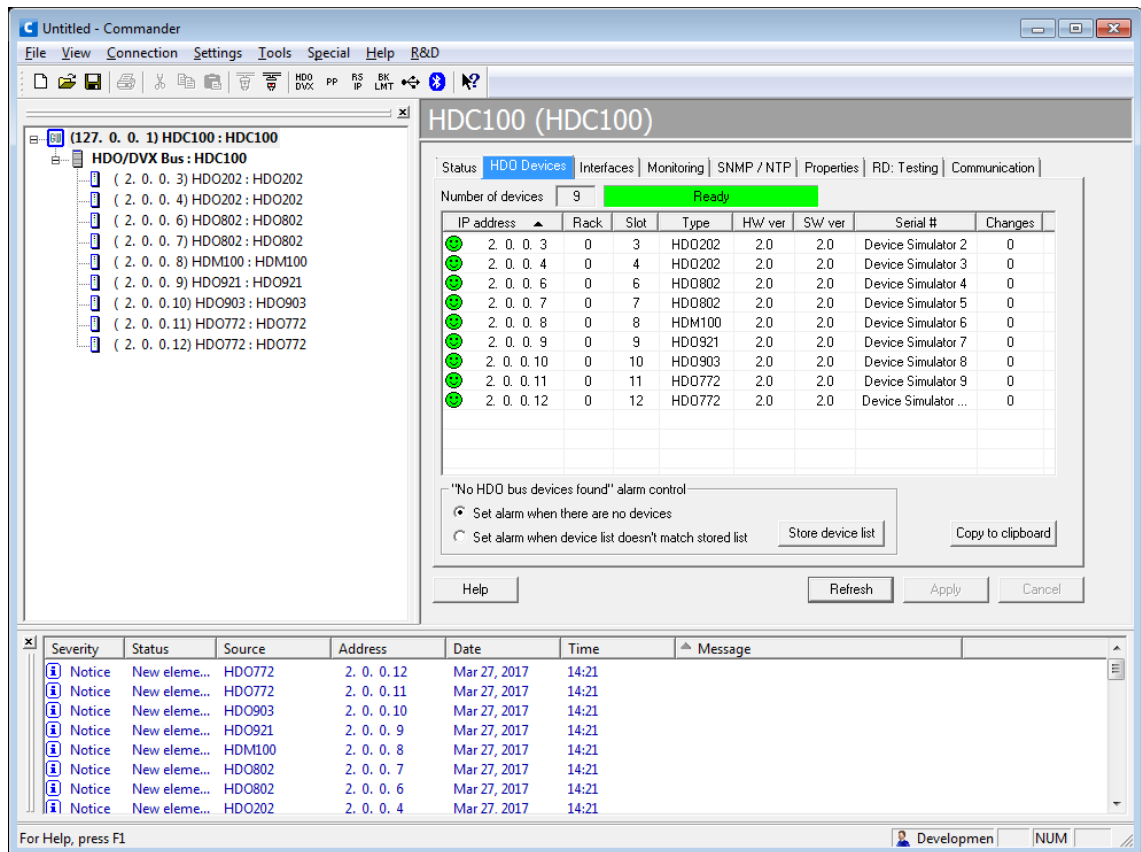
### 3.1 HDC100 -moduuli

HDC100 on DVX-kehykseen asennettava HDO-moduuli, joka toimii gateway-laitteena muille HDX-kehykseen asennetuille moduuleille. Se mahdollistaa HDO-moduulien hallinnoimisen Ethernet-verkon yli. (Teleste 2011, 3.)

HDC100 muuntaa Ethernet-verkosta tulleet TSEMP-viestit DVX-väylään sopiviksi ja lähettää sen oikeaan DVX-osoitteeseen. Sille on määriteltä aliverkko ja osoite, jonka avulla se osaa muuntaa IP-osoitteen DVX-osoitteeseen. HDC100 on suorituskyvyltään muita HDO-tuoteperheen laitteita parempi.

### 3.2 CATVisor Commander -ohjelmisto

CATVisor Commander on Telesten kehittämä Windows-ohjelmisto, jolla voidaan hallita Telesten kehittämää verkkolaitteita IP-verkon, sarjaliikenne- tai Bluetooth-yhteyden yli. Commander osaa muodostaa Telesten laitteiston käyttämiä TSEMP-viestejä. Ohjelmalla on mahdollista hallita myös laitteita, joista löytyy SNMP-tuki. Kuvassa 6 näkyy HDC100:n CATVisor Commander -näkyvä. (Teleste 2017a.)



Kuva 6. CATVisor Commander -näkyvä.

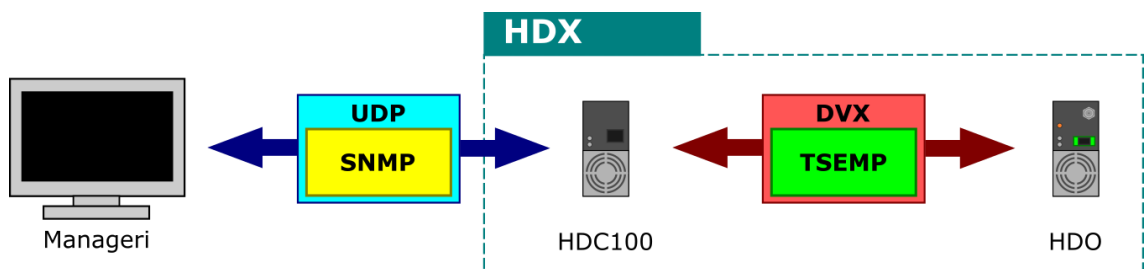


## 4 VAIHTOEHDOT

Tässä luvussa käydään läpi erilaisia vaihtoehtoja SNMP-tuen toteutukselle. Yksi vaihtoehtojen merkittävin asia on missä SNMP:n käsittely tapahtuu ja miten erityyppiset SNMP:n viestit toimivat. Myös HDO-moduulien välinen tiedonsiirto tapahtuu DVX-väylän yli, jonka hitaus ja pieni pakettikoko vaikuttavat kaikkiin vaihtoehtoihin.

### 4.1 Nykyinen toteutus

Nykyisessä toteutuksessa HDC100 hoitaa SNMP:n käsittelyn, muuntaa viestin TSEMP-viesteiksi ja lähettää ne DVX-väylään. HDO-moduuli vastaa TSEMP-viesteihin ja HDC100 muodostaa TSEMP-vastauksista SNMP-vastauksen managerille. Kuvassa 7 on esitetty nykyisen toteutuksen toiminta.



Kuva 7. Nykyinen toiminta.

SNMP:n Trap- ja Inform-viestejä lähetetään, kun HDC100 kiertokyselyä tehdessään huomaa moduulin muuttuneet lipukkeet. HDC100 kyselee moduulin tilanteen tarkemmin ja muodostaa SNMP-viestin managerille.

#### 4.1.1 Hyvät puolet

Toteutuksen hyvänä puolena on, että HDO-moduulit säästävät SNMP-ohjelmiston tuomalta ylimääräiseltä työltä. DVX-väylällä kulkee moduuleille jo ennestään tuttuja TSEMP-viestejä, jotka ovat SNMP-viestejä lyhyempiä ja toimivat paremmin DVX-väylän rajoitteiden kanssa.

#### 4.1.2 Ongelmat

HDO-moduulin päivittyessä ja sen SNMP-toteutuksen muuttuessa HDO-moduulin lisäksi täytyy päivittää myös HDC100. Muuntoon tarvittava tieto on koodattu HDC100:aan ja tämän hetkisessä toteutuksessa sen päivittäminen tarkoittaa muutoksia ohjelmistoon. Aina kun jonkin moduulin SNMP:n käyttäytymistä muutetaan, täytyy moduulin lisäksi testata myös HDC100:n SNMP toimivuus kokonaan. Nykyinen toteutus käyttää myös SNMPv2c:tä, jonka heikko tietosuoja ja -turva voivat aiheuttaa ongelmia.

#### 4.2 HDC100 SNMP-tulkkina

Tämä vaihtoehto on toiminnaltaan samanlainen kuin nykyinenkin toteutus, mutta SNMP- viestien muuntoon tarvittava tieto voidaan päivittää helpommin.

##### 4.2.1 Tulkkaustiedosto

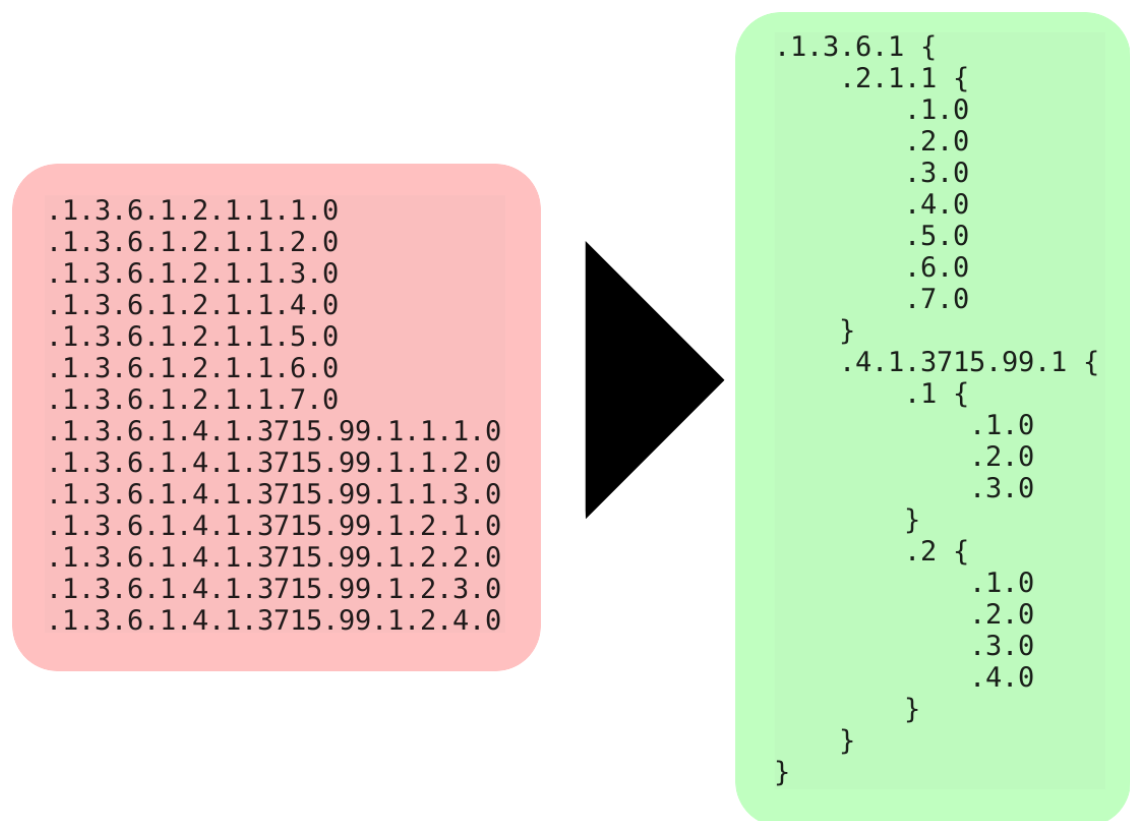
Tulkkaamiseen tarvittava tieto on ohjelmistosta erillisessä tulkkaustiedostossa. Tiedostossa täytyy olla OID ja tieto, jolla TSEMP-viesti voidaan muodostaa. Tarvittavia tietoja ovat arvon tietotyyppi, aliosoite, parametrin numero ja mahdollinen muunnosoperaatio. Monet OID:t saattavat jakaa saman TSEMP-viestin, ainoastaan niiden vastausviestissä olevan arvon aloituskohta muuttuu.

Tulkkaustiedoston noudon voi toteuttaa muutamalla eri tavalla. HDO-moduuleille yhteiset OID:t voidaan säilyttää HDC100:ssa, mutta HDO-moduuleille yksilölliset OID:t pitää saada HDC100:aan jollakin tavalla.

HDC100 voi noutaa HDO-moduulilta tulkkaustiedoston käynnistysrutiiniensa aikana tai silloin kun moduuli liitetään HDX-kehykseen. Ennen kuin HDC100 pyytää moduulilta tiedostoa on sen selvitettävä moduulin tyyppi ja tulkkaustiedoston versio. HDC100 tarkistaa näillä tiedoilla onko se jo ladannut vastaavan tiedoston. Tulkkaustiedosto voi olla HDO-moduulilla pakattuna, sillä se vähentää DVX-väylällä siirrettävän datan määrää ja moduulin ei tarvitse käyttää kyseistä tiedostoa. HDC100:n ladatessa tiedosto moduulilta käynnistysaika pitenee, sillä tiedosto on todennäköisesti siirrettävä DVX-väylän ylinä osassa ja pakattu tiedosto purkaa. HDC100:ssa olisi hyvä olla asetus, jolla SNMP-tuen saa kytkettyä pois ja tiedostoja ei tarvitse noutaa.

Tiedostot voi myös jättää käyttäjän vastuulle, jolloin hänen on itse hallita tarvitsemiansa tulkkauksetiedostoja HDC100:ssa käyttämällä Commanderia tai SFTP:tä. Tämä säästää HDO-moduulin tiedostolta ja käynnistysaika ei myöskään pitenisi, sillä DVX-väylää ei tarvitse käyttää sen siirtämiseen.

Tulkkauksetiedoston koko täytyy saada minimoitua etenkin, jos se löytyy HDO-moduulilta ja HDC100 noutaa sen DVX-väylän yli. Kuvassa 8 on esitetty kuinka OID:ien puumaista rakennetta on hyödynnetty niiden lyhentämiseen.



Kuva 8. OID:ien lyhentäminen.

Kokoa saa vielä pienennettyä puolella vaihtamalla ASCII-koodauksen tehokkaampaan. Kuvan 8 esimerkissä käytetään vain 14:ää eri merkkiä, joten yhden merkin säilömiseen voidaan käyttää 4 b:ä 8 b:n sijaan. Taulukossa 3 on käytetty edellä mainittuja menetelmiä OID:ien koon pienentämiseen. Taulukko 3 näyttää, että näillä yksinkertaisilla menetelmillä saadaan OID:ien esittämiseen tarvittava data melkein 10-kertaa pienempään tilaan alkuperäisestä. AC8710 ei kuulu HDO-tuoteperheeseen, mutta suuren OID määrän vuoksi otettu mukaan vertailuun.

Taulukko 3. OID:ien pakkaus.

Laite	OID määrä	Raaka (t)	Pakattu (t)	% raa'asta
AC8710	1280	44473	4024	9,0 %
HDC100	176	6664	709	10,6 %
HDM100	72	2231	229	10,3 %
HDO204	348	15145	1520	10,0 %
HDO302	289	11303	1297	11,5 %
HDO802	292	11627	1453	12,5 %
HDO902	191	8506	1044	12,3 %
HDP230	316	12989	1433	11,0 %
ka.	370,5	14117,25	1463,63	10,4 %

OID:ien lisäksi tiedostoon tarvitaan TSEMP-viestin muodostamiseen tarvittava tieto, jota jäljiteltiin lisäämällä 4 satunnaista 1 t:n arvoa jokaista OID:tä kohti. Taulukossa 4 on vertailtu eri pakkausalgoritmien tehokkuutta tämänlaisille tiedostoille. Jokainen kokeiltu pakkausalgoritmi pystyi pienentämään tiedostojen kokoa. Algoritmeista LZMA saavutti pienimmän lopputulokseen. LZMA on vertailuista algoritmeista vaativin ja sen purku on pitkäkestoisin, mutta muutaman kilotavun tiedoston purkamiseen kuluva aika on joka tapauksessa lyhyt (Collin 2005; CatchChallenger 2016).

Taulukko 4. Pakkausalgoritmien vertailu.

	7z	bzip2	gzip	lzma
% alkuperäisestä	64,7 %	74,7 %	67,4 %	58,7 %

Taulukossa 5 on laskettu DVX-väylällä tapahtuvan tiedonsiirron kestoa. Tiedostoina on LZMA-pakattu tulkaustiedosto, joka sisältää jokaista OID:tä kohden 4 satunnaista 1 t:n muuttujaa. Laskuissa tiedosto siirretään 200 t:n osissa, sillä tiedosto saattaa sisältää DVX:n varattuja tavuja, joiden siirtäminen vaatii ylimääräisen tavun. Siirrettävään tietoon on lisätty DVX- ja TSEMP-otsakkeiden koko ja ylimääräiset 2 t, jossa kerrotaan pyydettyään tai lähetettävään osaan liittyviä tietoja.

Taulukko 5. Tulkkaustiedoston siirtoon kuluva aika DVX-väylällä.

Laite	Tiedoston koko (t)	Osia	Siirrettävä (t)	Siirron-kesto (s)
HDC100	1062	6	1218	0,514
HDM100	500	3	578	0,244
HDO204	1829	10	2089	0,880
HDO302	1543	8	1751	0,738
HDO802	1606	9	1840	0,776
HDO902	1162	6	1318	0,555
HDP230	1677	9	1911	0,805

Mikäli kaikki taulukon 5 tiedostot siirrettäisiin DVX-väylän yli, kuluisi aikaa noin 5 s. Siirron lisäksi aikaa kuluu pakkausten purkuun. Todennäköisesti kokonaisaika ei ole niin merkittävä, että käynnistykseen kuluva aika kasvaisi huomattavasti.

Taulukossa 6 on mitattu aikaa kuinka kauan nykyisellä HDC100:lla menee aikaa käynnistyksestä löytää DVX-väylään liitetyt laitteet. Isoja laitemääriä on simuloitu liittämällä Raspberry Pi DVX-väylään ja vastaamaan HDC100:n kyselyihin HDO-moduulin tavoin.

Taulukko 6. HDC100:n käynnistysaika eri laitemäärillä.

Laitemäärä	Aika (s)
5	100
62	272
172	620

Taulukon 5 laskuista ja taulukon 6 mittauksista päätellen siirtoon kuluva aika on pieni verrattuna kokonaiskäynnistysaikaan ja käyttäjälle se ei tositilanteessa esiinny merkittävänä hidasteena.

#### 4.2.2 Työmäärä

Vaihtoehdon toteuttaminen vaatii työtä jokaiselta tuettavalta HDO-moduulilta ja HDC100:lta. HDC100 tarvitsee ohjelman, joka osaa käyttää tulkkaustiedostoja. Jokaiselle moduulille täytyy toteuttaa tulkkaustiedosto. TSEMP:iä täytyy laajentaa, jotta tulk-

kaustiedoston hallinnointi olisi mahdollista. Vaihtoehto vaatii myös erillisen ohjelman kehittämistä helpottamaan tulkkauksetiedostojen tekoa ja muokkaamista. Jokainen tulkkauksetiedosto vaatii myös kattavan testauksen.

Tulevaisuudessa HDO-moduulien päivittyessä HDC100 voi jäädä ilman päivitystä ja vältytään HDC100:n testaukselta. Vain tulkkauksetiedostoja täytyy päivittää, mikäli SNMP-viestin käyttäytymistä muutetaan.

#### 4.2.3 Hyvät puolet

HDO-moduuleille ei tarvitse toteuttaa SNMP-tukea HDC100:n tulkatessa SNMP-viestit TSEMP:ksi ja muodostaessa SNMP-vastauksen. HDC100 käyttää tulkkaukseen erillisiä tiedostoja, jotka voidaan päivittää ilman, että HDC100:n ohjelmistoa tarvitsee päivittää SNMP:n parametrien muuttuessa. Testatessa tarvitsee vain todeta, että muuttunut tulkkauksetiedosto toimii.

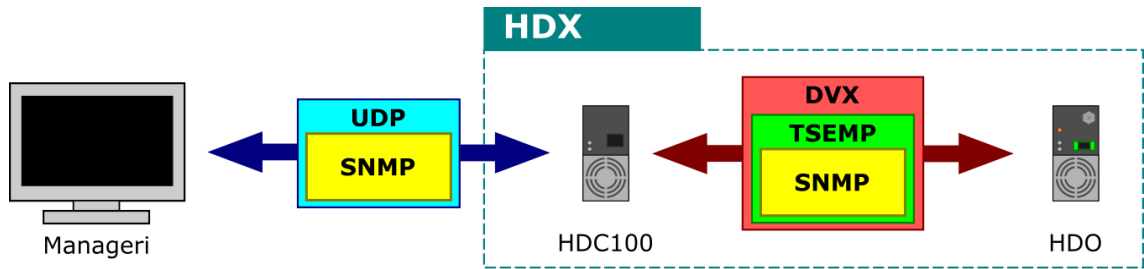
#### 4.2.4 Ongelmat

Tulkkauksetiedosto siirretään DVX-väylän yli HDO-moduulilta HDC100:lle, mikä pidentää HDC100:n käynnistymisaikaa. Mikäli moduuleita on paljon ja ne ovat erityyppisiä, täytyy tiedosto noutaa jokaiselta erikseen. Tosin aikaisemmat päätelmät näyttivät ajan olevan pieni.

Vastuun tulkkauksetiedostojen ylläpidosta voi siirtää asiakkaalle, silloin niiden siirtäminen DVX-väylän yli poistuu. SNMP:n käyttö vaatisi asiakkaalta ylimääräisiä toimenpiteitä ja moduulien päivittyessä sen pitää huolehtia myös tulkkauksetiedostojen ajantasaisuus.

### 4.3 HDC100 SNMP-välityspalvelimena

HDC100 toimiessa välityspalvelimena tarkoittaisi, että vastaanottaessa SNMP-viestin se reitittäisi sen suoraan DVX-väylää pitkin HDO-moduulille. Moduulin pitää sisältää SNMP-agentti, joka pystyy käsittelemään viestin ja lähettämään vastauksen HDC100:lle DVX-väylää pitkin. Kuvassa 9 on esitetty vaihtoehdon toiminta.



Kuva 9. Toiminta HDC100:n ollessa SNMP-välittäjänä.

Kun moduulilla on Trap- tai Inform-viesti pitää sen odottaa HDC100:n kiertokyselyä ja kertoa SNMP-viestin saatavuudesta, minkä HDC100 noutaa erikseen moduulilta.

#### 4.3.1 SNMPv3:n käsittely

SNMPv3:n vahvempi tietoturva ei tule ilmaiseksi. Myös SNoT on suunniteltu vanhemmille SNMP:n versioille, joiden kyselyitä ei ole salattu. Mikäli HDO-moduuli käsittelee SNMPv3-pyyntöjä ei SNoT:ia voida käyttää. Koko viesti on siirrettävä osissa DVX:n yli ennen kuin sen käsittelyä voidaan aloittaa. On mahdollista myös, että käyttäjän tunnistaminen epäonnistuu ja viesti on siirretty hitaan DVX:n yli turhaan. Moduuli tarvitsee myös SNMP:n käyttäjätiedot, joiden asettaminen vaatii uusia TSEMP-viestejä. Olisi mahdollista, että jokaiselle moduulille on omat käyttäjät.

Toinen vaihtoehto on, että managerilta tuleva SNMPv3-viestin käyttäjän tunnistamisen hoitaa HDC100 ja muuntaa sen vanhempaan SNMPv1:een, jolloin voidaan käyttää SNoT:ia viestin lähettämiseen DVX-väylällä. HDC100:n hoitaessa käyttäjän tunnistamisen voidaan SNoT-viestistä jättää community-merkkijono pois ja hyödyntää sen käyttämä tila varsinaisen tärkeän tiedon siirtämiseen.

#### 4.3.2 SNoT-viestit DVX-väylässä

Taulukossa 7 on laskettu, kuinka kauan SNMPv1-viestin siirtäminen DVX-väylän yli kestää käyttämällä SNoT-viestejä. Taulukon 7 vertailussa on lähetetty SNMP:n Get-kyselyjä, joka mahtuvat yhteen SNoT-viestiin. Vastaukset sisältävät 2 t:n kokoisen arvon jokaista lähetettyä OID:ia kohden. Community-merkkijono on viesteissä tyhjä.

Taulukko 7. SNoT-viestin siirron kesto DVX-väylällä.

OID määrä	Kysely (t)	Vastaus (t)	Kesto (s)	Kesto/OID (s)
7	177	191	0,153	0,022
1	54	56	0,046	0,046
4	185	193	0,158	0,039
1	60	62	0,051	0,051

Taulukon 7 tuloksista voidaan päätellä, että SNMP:n käytötapa vaikuttaa merkittävästi kuinka tehokkaasti SNoT toimii. Jos manageri lähettää paljon lyhyitä yhden OID:n kyselyjä, SNMP toimii hitaammin, sillä halutun tiedon lisäksi pitää DVX-väylällä siirtää DVX-, TSEMP- ja SNMP-otsakkeet, joiden osuus on viestin kokonaiskoosta suurempi lyhemmissä viesteissä. On myös mahdollista, että vastausviesti joudutaan lähettämään kahdessa osassa, jos OID:n osoittama tieto on iso merkkijono tai taulukko.

#### 4.3.3 Työmäärä

Tämä vaatii SNMP-välityspalvelimen toteuttamisen HDC100:aan ja SNMP-agentin toteuttamisen jokaiselle HDO-moduulille, jolle tuki halutaan.

HDC100 tarvitsee ohjelmiston, jolla SNMPv3-viestit voidaan muuntaa SNMPv1:een ja toisinpäin. Mikäli moduuli varmentaa käyttäjät itse TSEMP tarvitsee laajennuksen, jolla SNMP:n käyttäjätunnukset voidaan asetta HDO-moduuleille. Myös Trap- ja Inform-viestien käsittely tarvitsee muutosta kiertokyselyn toimintaan.

#### 4.3.4 Hyvät puolet

Tässä vaihtoehdossa HDC100:n ei tarvitse tietää HDO-moduulin toiminnasta mitään, sillä moduuli käsittelee itse SNMP-kyselyt.

Kun tulevaisuudessa tehdään muutoksia jonkin HDO-moduulin SNMP:n toimintaan, ne täytyy tehdä vain muutettavalle moduulille. Muutosten jälkeen ainoastaan muutettava moduuli täytyy testata.



#### 4.3.5 Ongelmat

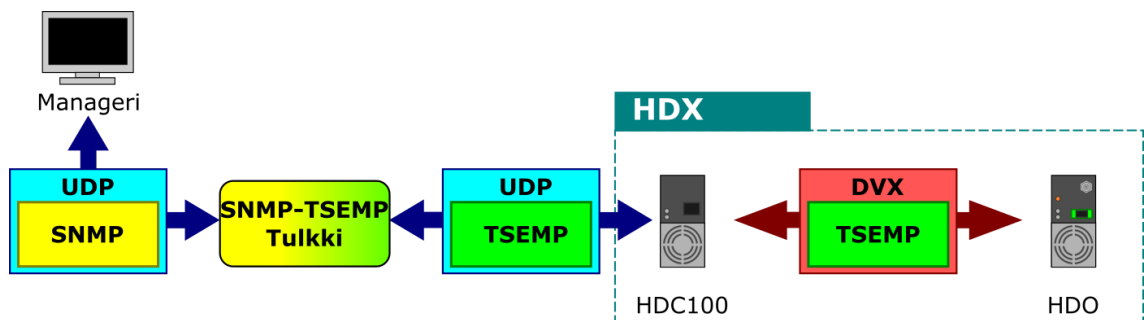
Ongelmaksi muodostuu SNMP-pakettien minimikoko, sillä agenttien pitäisi pystyä käsittelemään vähintään 484 t:n paketteja (Case ym. 1990). DVX-väylän mahdollistaessa enintään 244 t:n kokoiset paketit saattaa SNMP-paketti ylittää rajan varsinkin, jos paketti sisältää monta OID-tunnistetta. Tämä ongelma voidaan ratkoa käyttämällä SNoT:ia tai muuta ratkaisua, joka pilkkoo kyselyn osiin.

Kyselyn käsittely ja SNMP-vastauksen luominen kestävät vaihtelevan ajan kyselystä riippuen. Vastausviesti voidaan myös joutua lähettämään osissa. HDC100:n täytyy samalla suoriutua DVX-väylän isännän roolistaan ja kysellä kaikki mahdolliset ylemmän prioriteetin isäntäosoitteet läpi määritellyssä aikaikkunassa.

SNMP:n käyttötapa vaikuttaa merkittävästi kuinka nopeana se loppukäyttäjälle esiintyy. GetNext-kyselyketjut, joissa lähetetään lyhyitä yhden OID:n SNMP-kyselyjä peräkkäin toimivat hitaammin kuin isommat SNMP-kyselyt, jotka käyttävät SNoT:n kokorajoituksia tehokkaammin.

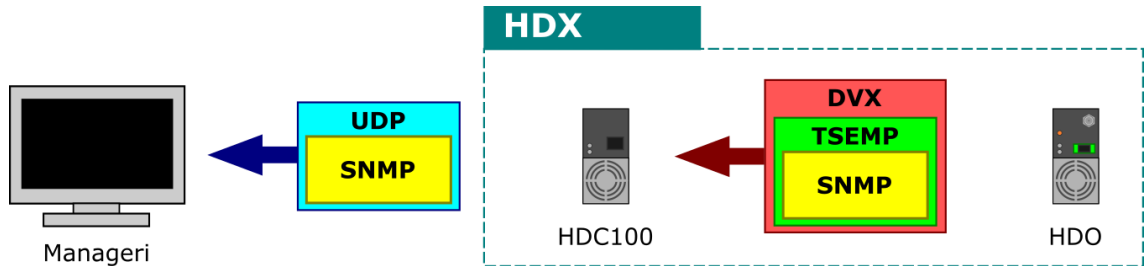
#### 4.4 Erillinen SNMP-TSEMP tulkki

Tämä vaihtoehto eroaa edellisiin siten, että SNMP:n käsittely on täysin irti nykyisestä HDO-laitteistosta. SNMP-kyselyn käsittelee erillinen ohjelmisto, joka voi toimia SNMP-managerin kanssa samassa tai erillisessä laitteessa. Ohjelmiston läpi ohjataan kaikki SNMP-kyselyt ja se muuntaa ne TSEMP:ksi ja lähettää eteenpäin HDC100:lle, joka käsittelee ne samalla tavalla kuin Commanderilta tulevat TSEMP-viestit. Tulkkauksessa voidaan käyttää hyödyksi aikaisemmin esiteltyjä tulkkaustiedostoja. Kuvassa 10 on esitetty, kuinka SNMP-kyselyt managerilta HDO-moduuleille toimivat.



Kuva 10. Ohjelmiston toiminta SNMP-kyselyn tapahtuessa.

SNMP:n Trap- ja Inform-viestit lähetetään HDC100:n huomatessa niiden saatavuus moduulilta, jonka jälkeen se noutaa viestin erikseen. HDC100 lähettää viestin asetuksissa määriteltyyn osoitteeseen, joka voi olla suoraan manageri tai SNMP-TSEMP-tulkki, joka ohjaa viestin managerille. Inform-viestien kuittaus menisi muiden SNMP-viestien tavoin tulkin läpi. Kuvassa 11 on esitetty Trap- ja Inform-viestien toiminta.



Kuva 11. Toiminta Trap- ja Inform-viestien tapauksessa.

On myös mahdollista, että ohjelmisto kyselee tietoja etukäteen ja säilöo niitä välimuistissa, mikä nopeuttaa SNMP-kyselyihin vastaamista.

#### 4.4.1 Työmäärä

Vaihtoehto vaatii tulkkausohjelmiston tekemisen ja testaamisen. Tuettaville HDO-moduuleille tarvitsee tehdä tulkkaustiedostot ja kyky muodostaa Trap- sekä Inform-viestejä.

HDC100:n ja HDO-moduulien ollessa erotettuna SNMP-viestien käsittelystä. SNMP-viestien käsittelyn muuttuessa ainoastaan tulkkausohjelmiston käyttämiä tulkkaustiedostoja täytyy muuttaa ja testata. HDC100 ja muut HDO-laitteet jäävät ilman päivitystä ja testausta. Poikkeuksena on HDO-moduulin muodostamat Trap- ja Inform-viestit, jotka vaativat moduulin päivittämisen.

#### 4.4.2 Hyvät puolet

Teleste tekee vain tulkkausohjelmiston ja voi jättää laitteiston hankinnan asiakkaan vastuulle. Ratkaisua ei rajoita HDO-laitteiston suorituskyky ja DVX-väylä, myöskään monet muiden vaihtoehtojen ongelmat eivät päde tässä vaihtoehdossa. Tulkkausohjelmisto toimisi samankaltaisesti kuten Commander HDO-laitteiden kanssa ja nopeus olisi vastaava. SNMP-tukea on myös mahdollista myydä erillisenä ohjelmistona tai lisäpalveluna.

#### 4.4.3 Ongelmat

SNMP-tuen käyttöönotto tulkkausohjelmiston tapauksessa vaatii asiakkaalta ylimääräistä työtä ja mahdollisesti joissain tapauksissa ylimääräisen laitteen liittämisen verkkoon. Asiakkaan on myös huolehdittava HDO-laitteiston päivittämisen lisäksi tulkkausohjelmiston ajantasaisuus.

Tulkin ollessa erillinen laite vaatii se kaksinkertaisen osoitemäärän, jotta SNMP:n ohjaus toimii. Asiakas ei välttämättä halua varata isoa määrää osoitteita tai sen nykyinen verkko ei mahdollista osoitteiden varaamista tämän vaihtoehdon käyttöönottoon.

## 5 YHTEENVETO

Työssä etsittiin parempaa vaihtoehtoa HDO-tuoteperheen nykyiselle SNMP-toteutukselle. Vaihtoehdon pitäisi vähentää nykyisen toteutuksen päivittämisen tuomaa työmäärää testauksessa. Vaihtoehtojen toimintaa selvitettiin päättelyllä, ja niihin liittyviä asioita selvennettiin laskuilla ja kokeiluilla. Vaihtoehdoista kerättiin myös mahdolliset toteuttamisen ja käytön ongelmat sekä arvioitiin työmäärää tarvittavilla muutoksilla.

Vaihtoehdoille keskeinen asia on DVX-väylän käyttö, sillä se määrittelee HDO-laitteiston tiukimmat rajoitteet tiedonsiirtoon. Pakollisia muutoksia on SNMPv3:n toteutus, mikäli siihen halutaan siirtyä.

Vaihtoehto, jossa HDC100 tulkaa SNMP-viestit TSEMP-viesteiksi tulkaustiedostoja käyttäen omaa paljon samankaltaisuuksia nykyisen toteutuksen kanssa ja DVX-väylän käyttö pysyy hyvin samankaltaisena. SNMP-viestien käsittely HDO-moduulilla erottaa SNMP-viestien käsittelyn täysin HDC100:sta, mikä vähentää testauksen työmäärää, mutta jokaista SNMP-viestiä rajoittaa DVX-väylän hitaus ja pieni pakettikoko. Erillinen SNMP-TSEMP-tulkki olisi täysin irti nykyisestä toteutuksesta, mutta verkko-osoitevaatimukset tekevät ratkaisun joihinkin ympäristöihin soveltumattomaksi. Vaihtoehto olisi hyvä ja toteutuskelpoinen, jos ongelmaan löytyy ratkaisu.

Parhaimmassa vaihtoehdossa HDC100 käyttää tulkaustiedostoja SNMP-viestien muuntamiseen TSEMP-viesteiksi. Tällöin DVX-väylällä kulkee lyhyitä TSEMP-viestejä ja HDO-moduulit säästyvät SNMP-agentilta. Vaihtoehdolla on myös monia yhtäläisyyksiä nykyiseen toteutukseen, ja niitä voi todennäköisesti hyödyntää toteuttamisessa. Ratkaisu vaatii ison kertaluotoisen ponnistuksen, jossa suunnitellaan, toteutetaan ja testataan tulkaustiedostot ja niiden käyttö. Tulevaisuudessa toteutusten muuttuessa päivittäminen on helpompaa ja testauskuormaan tulee vain muutokset.

Toiseksi parhaimpana on SNMP:n käsittely HDO-moduulilla. Vaihtoehdossa isona etuna on HDC100:n täydellinen tietämättömyys moduulin toiminnasta. Huonona puolena on suurien SNMP-viestien siirto ja mahdollinen pirstoutuminen DVX-väylän rajoitteiden takia, mikä hidastaa SNMP:n toimintaa. Ratkaisu vaatii myös ison kertaluontoisen päivittämisen ja testauksen, mutta tämän jälkeen HDO-moduulin päivittyessä tarvitsee testata vain kyseinen laite.

Tutkituista vaihtoehtoista mikään ei kuitenkaan näyttäytynyt ylivoimaisena voittajana, vaikka vaihtoehtoista jokainen selvittä nykyisen toteutuksen isoimman ongelman ja vähentäisivät testauksen työmäärää. Parhaimman toteutusvaihtoehdon valinta vaatii toteutuksen osittaista toteuttamista ja toiminnan toteamista käytännöstä. Vaihtoehtoihin voi liittyä myös jotain yksityiskohtia, joiden huomaaminen voi tapahtua vasta toteutusvaiheessa.

## LÄHTEET

Alvestrand Data 2014. OID description for 1.3.6.1.4.1.3715 - Teleste Corporation. Viitattu 27.3.2017 <http://www.alvestrand.no/objectid/1.3.6.1.4.1.3715.html>.

Case, J.; Davin, J.; Fedor, M. & Schoffstall, M. 1990. RFC 1157 - Simple Network Management Protocol (SNMP). Viitattu 2.3.2017 <https://tools.ietf.org/html/rfc1157>.

CatchChallenger 2016. Quick Benchmark: Gzip vs Bzip2 vs LZMA vs XZ vs LZ4 vs LZO. Viitattu 7.4.2017 [https://catchchallenger.first-world.info/wiki/Quick\\_Benchmark:\\_Gzip\\_vs\\_Bzip2\\_vs\\_LZMA\\_vs\\_XZ\\_vs\\_LZ4\\_vs\\_LZO](https://catchchallenger.first-world.info/wiki/Quick_Benchmark:_Gzip_vs_Bzip2_vs_LZMA_vs_XZ_vs_LZ4_vs_LZO).

Cisco 2006. Chapter: Configuring SNMP Support. Viitattu 27.3.2017 [http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12\\_2/configfun/configuration/guide/ffun\\_c/ffun\\_c\\_fc014.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/configfun/configuration/guide/ffun_c/ffun_c_fc014.html).

Collin, L. 2005. A Quick Benchmark: Gzip vs. Bzip2 vs. LZMA. Viitattu 7.4.2017 <http://tu-kaani.org/lzma/benchmarks.html>.

Haikonen, J; Hlinovsky, J. & Paju A. 2000. Verkonhallinta - Johdanto. Viitattu 10.5.2017 <https://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s00/tyot/47/>.

Lehtinen, M. 2015. SNMP-viestien lähettäminen TSEMP-protokollalla. Opinnäytetyö. Tietotekniikan koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

McCloghrie, K. & Rose, M. 1990. RFC 1155 - Structure and identification of management information for TCP/IP-based internets. Viitattu 2.3.2017 <https://tools.ietf.org/html/rfc1155>.

Net-SNMP 2011. Net-SNMP Tutorial -- SNMPv3 Options. Viitattu 3.4.2017 <http://www.net-snmp.org/tutorial/tutorial-5/commands/snmpv3.html>.

Teleste 2007. DVX BUS SPECIFICATION. Version 1.8.

Teleste 2011. User manual HDC100 Controller Module. Rev.004.

Teleste 2016. EMS PROTOCOL DESCRIPTION. VERSION 1.45.

Teleste 2017a. CATVisor Commander. Viitattu 27.3.2017 <https://www.teleste.com/broadband-network/products/catvisor-software/catvisor-commander>.

Teleste 2017b. HDO and LGX headend optics. Viitattu 27.3.2017 <https://www.teleste.com/broadband-network/products/hdo-and-lgx-headend-optics>.