

Jani Töllikkö

OPTISEN VERKON TOIMINTA JA  
TOTEUTUS  
MONIKAMERATUOTANNOSSA  
Kassun karnevaalit 2011

Opinnäytetyö  
Tietotekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2011




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> <small>Mikkeli University of Applied Sciences</small>	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  2.12.2011	
<b>Tekijä(t)</b> Jani Töllikkö	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Tietotekniikan koulutusohjelma,	
<b>Nimeke</b> Optisen verkon toiminta ja toteutus monikameratuotannossa		
<b>Tiivistelmä</b>  Tämä opinnäytetyö käsittelee optisen verkon toimintaa ja toteutusta osana monikameratuotantoa. Työn käytännönsuus tehtiin Kassun Karnevaaleilla 7.-10.9.2011. Tapahtuman aikana toteutettiin kolme monikameratuotantoa, jotka olivat Mikkelin ammattikorkeakoulun 20-vuotisjuhla, sekä kaksi yhtyeen keikkaa.  Työn teoriaosuudessa käsitellään aluksi optisia kuituja sekä niiden ominaisuuksia. Tämän jälkeen perehdytään optiseen tiedonsiirtoon. Teoriaosuuden loppuun käsitellään vielä monikameratuotannon laitteistoja. Käytännönsuus pitää sisällään tuotannon valmistelun, testauksen sekä toteutuksen. Työn lopuksi kerrotaan vielä tulokset tuotannon onnistumisesta sekä omat johtopäätökset.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Monikameratuotanto, media		
<b>Sivumäärä</b> 28+8	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415437">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415437</a>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Reijo Vuohelainen Tomi Numento	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Mikkelin ammattikorkeakoulu	

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  2 December 2011
<b>Author(s)</b> Jani Töllikkö	<b>Degree programme and option</b> Information technology, Telecommunications	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Operation of optical network and implementing it in a multi-camera production		
<b>Abstract</b>  <p>This bachelor's thesis described the operation of the optical network and its implementation in a multi-camera production. The practical part of the bachelor's thesis was carried out at Kassun Karnevaalit held from 7 to 10 September 2011. During the event three multi-camera productions were carried out, involving the 20<sup>th</sup> anniversary party of Mikkeli University of Applied Sciences as well as two band gigs.</p> <p>The theory section dealt first with optical fibers and their properties. After that the focus was on optical data transmission. The end of the theory part dealt with multi-camera production equipment. The practical part included the preparation, testing and implementation of the production. Finally, the end of the work covered a description of the results regarding the production and my own conclusions.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b> Multi-camera production, media		
<b>Pages</b> 28+8	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415437">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011112415437</a>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Reijo Vuohelainen Tomi Numento	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Mikkeli University of applied Sciercecs	

## SANASTO

Absorptio	Tarkoittaa kuituoptiikassa valotehon imeytymistä kuidun materiaaleihin.
Bitti	Engl. bit eli binary digit on digitaalisen tiedon pienin osa. Yhdellä bitillä on kaksi mahdollista tilaa, joita kuvataan yleensä numeroilla 0 ja 1.
CWDM	Engl. Coarse Wavelength Division Multiplexing, harva aallonpituuskanavointi.
DWDM	Engl. Dense Wavelength Division Multiplexing, tiheä aallonpituuskanavointi.
Dispersio	Tarkoittaa valopulssin leviämistä.
FDM	Engl. Frequency Division Multiplexing, taajuuskanavointi
G.652-kuitu	Perus yksimuotokuitu, joka on optimoitu toimimaan 1310 nm aallonpituusalueella.
GK-kuitu	GI-kuitu 62,5/125 $\mu\text{m}$ (suomalainen merkintätapa).
Multiplekseri	Elektroninen laite, minkä avulla voidaan ohjata monta sisääntuloa yhteen ulostuloon.
SDI	Engl. Serial Digital Interface, suuren siirtokapasiteetin digitaalinen liitäntä, jonka kautta voidaan siirtää pakkaamatonta videokuvaa reaaliajassa.
Streamaus	Tekniikka, jossa videota tai audiota ei tallenneta kokonaan muistiin vaan toistetaan suoraan sitä mukaa kun sitä ladataan.
TDM	Engl. Time Division Multiplexing, aikakanavointi
WDM	Engl. Wavelength Division Multiplexin, aallonpituuskanavointi

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	OPTISET KUIDUT .....	1
2.1	Yksimuotokuitu .....	4
2.2	Monimuotokuitu .....	5
2.2.1	Askeltaitekertoiminen kuitu.....	5
2.2.2	Asteittaistaitekertoiminen kuitu .....	6
2.2.3	Monimuotokuidun kaistanleveys ja numeerinen aukko .....	6
2.3	Liittimet .....	7
3	TIEDONSIIRTO OPTISESSA KUIDUSSA.....	8
3.1	Aallonpituuskanavointi.....	8
3.2	Optiseen signaaliin vaikuttavat häiriöt .....	11
3.2.1	Vaimennus .....	11
3.2.2	Heijastuminen .....	14
3.2.3	Kohina.....	15
3.2.4	Hajonta.....	15
3.3	Yksimuotokuidun dispersiot.....	16
3.3.1	Kromaattinen dispersio .....	16
3.3.2	Polarisaatiomuotodispersio .....	16
3.4	SDI-liitäntä .....	17
4	MONIKAMERATUOTANNON LAITTEET.....	17
4.1	CopperHead -kuitumuunnin .....	17
4.2	Telecast Mamba Teleport –multiplexeri .....	18
4.3	Hitachi V-21W studiokamera .....	19
5	KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS.....	20
5.1	Kuidun asennus.....	21
5.2	Tuotannon valmistelu .....	22
5.3	Juhlatuotanto.....	23
6	TULOKSET .....	24
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	25
	LÄHTEET .....	27
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

7.-10.9.2011 järjestetty Kassun Karnevaalit oli nelipäiväinen tapahtuma, joka juhlisti 20 vuotta täyttävää Mikkelin ammattikorkeakoulua ja uudistettua Kasarmin kampusta. Päätapatumapaikka oli Kasarmin kampuksen paraatikentälle pystytetty noin tuhannen hengen juhlateltha ja erilaisia tapahtumia oli järjestetty kaikenikäisille.

Tämä opinnäytetyö liittyy kyseisessä tapahtumassa opiskelijavoimin toteutettuihin monikameratuotantoihin ja keskittyy niissä käytettyihin kuituyhteyksiin, laitteisiin sekä yhteyksien toimintaan. Tuotannot tehtiin keskiviikon 20-vuotisjuhlasta, perjantain Osmos Cosmoksen keikasta sekä lauantain Paukkumaissin keikasta.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään aluksi optisia kuituja sekä niiden ominaisuuksia, jonka jälkeen kerrotaan tiedonsiirrosta optisessa verkossa ja tutustutaan tiedonsiirron ongelmakohtiin, kuten signaalin vaimenemiseen, heijastumiseen, kohinaan sekä hajoamiseen. Teoriaosuuden päätteeksi käydään läpi vielä tuotannossa käytetyt optisen tiedonsiirron laitteet sekä niiden toiminta. Käytännönoosuudessa käydään läpi tuotannon valmistelu, testaus ja toteutus. Lopuksi on vielä pohdinta käytännön toteutuksen onnistumisesta sekä mahdollisia parannusehdotuksia vastaavan tuotannon järjestämiseen.

## 2 OPTISET KUIDUT

Optisen tiedonsiirron periaate on ollut tiedossa jo joitakin vuosikymmeniä. 1970-luvun alkupuolella läpimurron odotettiin tapahtuvan lähitulevaisuudessa, mutta kuidun ja optisten komponenttien valmistamiseen tarvittava teknologia kehittyi hitaammin kuin oli alun perin odotettu ja kaupallinen läpimurto viivästyi 1980-luvun puoliväliin asti. Nyt kaikki korkean kapasiteetin yhteydet, merenalaiset mukaanlukien, toteutetaan optisilla kuiduilla. [1, s. 155.]

Optisissa järjestelmissä kaapelivedot voivat olla kymmeniä kilometrejä ilman, että on tarvetta välivahvistimelle. Perinteisellä koaksiaalikaapelilla vedon pituus voi yleensä olla vain noin 1,5 km, jonka jälkeen signaalia pitää vahvistaa. Tämä selittää osaltaan kustannusten laskua pitkien matkojen yhteyksissä 1970-luvun jälkeen. [1, s. 155.]

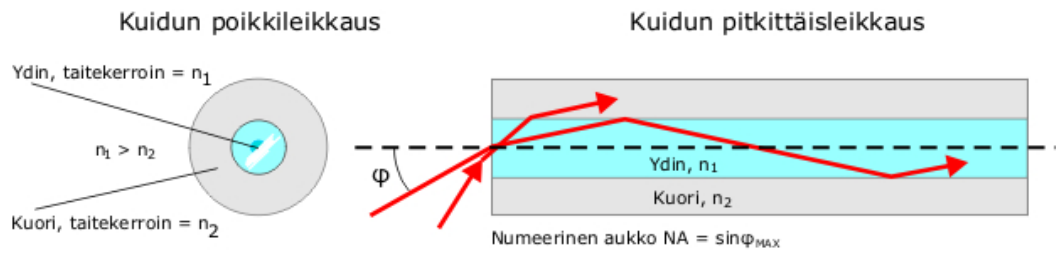
Optisen kaapelin ominaisuuksia on korkean siirtonopeuden ja pienen vaimennuksen lisäksi myös hyvä sietokyky sähköisiä häiriöitä vastaan. Siksi sitä käytetäänkin kaikissa kehittyneissä maissa pitkien matkojen yhteyksissä ja sillä korvataan vähitellen vanhentuneita koaksiaaliyhteyksiä. [1, s. 155-156.]

Koska optisissa kuiduissa tieto siirtyy digitaalisesti valopulssien avulla, eivät optiset kuidut kärsi muiden johtimien tapaan sähköisten signaalien ongelmista, vaan oikeastaan ainoina ongelmina ovat signaalin vaimeneminen, kohina, heijastuminen ja hajonta, joista kerrotaan lisää luvussa 3.2. [2, s. 48.]

Optinen kuitu koostuu kolmesta osasta; ydinjohdosta, kuoresta ja vaipasta. Kuidun ydin on valmistettu erittäin puhtaasta lasista ja sen halkaisija vaihtelee 5 – 60  $\mu\text{m}$ :n välillä. Ytimen tehtävänä on kuljettaa valopulssit yhteyden päästä päähän. Ulompi kuori on valmistettu vähemmän tiheästä lasista ja sen tehtävä on taittaa valo takaisin ytimeen materiaalien välisestä pinnasta. Valon saapuessa kahden läpinäkyvän aineen rajapintaan osa valosta heijastuu samassa kulmassa takaisin ja osa menee rajapinnan läpi muuttaen samalla suuntaansa. Valon taittuminen tapahtuu Snellin lain mukaan, joka on esitetty kaavassa (1). Päällimmäisenä optisessa kuidussa on muovista valmistettu vaippa, jonka tehtävänä on suojata kuidun rakennetta valmistuksen, testauksen ja asennuksen aikana. Nykyään vaippa valmistetaan kahdesta kerroksesta, joista sisempi toimii eräänlaisena iskunvaimentimena ja ulompi suojaa kuitua pitkittäistä vetoa vastaan. [1, s. 155-156.] [2, s. 48-50.]

Kuvassa 1 näkyy optisen kuidun poikittais- sekä pitkittäisleikkaukset sekä valonsäteiden heijastuminen ytimen ja kuoren rajapinnassa. Valonsäde lähtee etenemään kuidun ytimessä, kun ytimen taitekerroin  $n_1$  on suurempi kuin kuoren taitekerroin  $n_2$  sekä valonsäde tulee kuituun riittävän pienessä kulmassa  $\varphi$ . Tätä kutsutaan myös kokonaisheijastukseksi. Jos kulma on liian suuri, valonsäde läpäisee ytimen ja kuoren rajapinnan. Valon suurinta mahdollista tulokulmaa kuituun kutsutaan numeeriseksi aukoksi, josta kerrotaan tarkemmin luvussa 2.2.4. [3.]

Snellin laki valon taittumisesta kuidussa:  $n_1 \sin\varphi_1 = n_2 \sin\varphi_2$ . [3.] (1)



**KUVA 1. Havainnekuva valon heijastumisesta valokuidussa [3]**

Optisessa tiedonsiirrossa on käytössä kolme eri taajuusalueita: 825 – 875 nm, 1270 – 1340 nm ja 1525 – 1575 nm. Näillä taajuusalueilla suurin mahdollinen kaistanleveys on 25 000 - 30 000 GHz. Aallonpituudet on valittu kuidussa käytetyn lasin ominaisuuksien mukaan. [2, s. 48.]

Valo voidaan syöttää kuituun joko led- tai laser-lähttimellä. Erona näillä kahdella on se, että led-lähtetin säteilee valoa, jonka avaruuskulma on suurempi. Tästä johtuen johtimeen siirtyy valoa parhaalla mahdollisella kulmalla vain osa lähttimen säteilemän valon kokonaismäärästä. Laser-lähttimen valo taas on aina samansuuntaista ja samanvaiheista, joten lähttimen koko teho saadaan siirtymään valokuituun. [2, s. 50.]

Lähttimessä sähköinen signaali muutetaan optiseksi signaaliksi, jossa valopulssi tarkoittaa 1-bittiä ja valon puuttuminen 0-bittiä. Kuidut jaetaan rakenteensa mukaan kahteen pääryhmään, yksimuotokuidut ja monimuotokuidut ja niistä kerrotaan tarkemmin luvuissa 2.1 ja 2.2. [2, s. 50.]

Kuidun suurimpia etuja ovat:

- *Korkea tiedonsiirtokapasiteetti:* Optisilla kuiduilla on erittäin suuri kaistanleveys ja tiedonsiirtonopeus, jopa 50Gbit/s.
- *Alhaiset kustannukset:* Kuidun hinta on pudonnut jo samalle tasolle kuin parikaapeli. Pinnoite ja suojaus nostavat kuitenkin hintaa kaksinkertaiseksi tai yli.
- *Sieto ulkoisia häiriöitä vastaan:* Sähkömagneettiset häiriöt eivät vaikuta kuidun sisäiseen valopulssiin.
- *Pieni koko ja alhainen paino:* Optisen kaapelin materiaalit ovat kevyitä ja kuidun halkaisija on alle sata mikrometriä, mikä on erittäin vähän verrattuna kuparikaapelin millimetriin tai yli.
- *Rajaton materiaalin saatavuus:* Kvartsi, mistä kuitu valmistetaan, on yksi yleisimmistä raaka-aineista maapallolla.



- *Pieni vaimennus*: Nykyaikaisissa yksimuotokuiduissa vaimennusta tulee alle puoli desibeliä kilometriä kohden ja se on riippumaton siirtonopeuksista.

Haittana kuidun käytössä on, että se on vaikeampi asentaa kuin kuparikaapeli ja kuidusta säteilevä valo voi vahingoittaa silmiä. Turvallisuusstandardit rajoittavatkin signaalin sallittua maksimitehoa. [1, s. 155-165.]

## 2.1 Yksimuotokuitu

Yksimuotokuituja (Single-Mode Fiber, SMF) käytetään televerkoissa korkeaa siirtonopeutta vaativissa pitkien välimatkojen sovelluksissa. Kuidun ytimen halkaisija määräytyy sen mukaan minkä mittainen siirrettävän valon aallonpituus on. Tästä johtuen ytimen halkaisija on noin 8-13 $\mu$ m. Koska ytimen halkaisija on niin pieni, kuituun syötettävä valo etenee heijastumatta kuidun päästä päähän. Kuidun suojakuoren halkaisija on 125  $\mu$ m. Yksimuotokuiduissa käytetään ainoastaan laserlähettämiä, koska vain laserin tuottama valo on aina samansuuntaista ja saman vaiheista. Verrattuna monimuotokuituihin, joissa siirtoetäisyydet ovat lyhyitä ja siirtonopeuksia on pudotettava nopeasti matkan kasvaessa, yksimuotokuidut voivat olla ilman välivahvistintakin pituudeltaan kymmeniä kilometrejä. Tästä syystä niitä käytetäänkin erityisesti runkoverkossa pitkiä etäisyyksiä kaapeloitaessa. Yksimuotokuiduissa ei juurikaan tapahdu heijastuksia, joten pulssien hajoaminen ei ole yhtä suuri ongelma kuin monimuotokuituja käytettäessä. Yksimuotokuidun vaimennus on tyypillisesti korkeintaan 0,5 dB kilometriä kohden. [1, s. 156-157.] [2, s. 52.]

Yksimuotokuidun eräs tärkeä ominaisuus on raja-aallonpituus. Raja-aallonpituutta suuremmilla aallonpituuksilla valo etenee kuidussa yksimuotoisesti. Tuon rajan alapuolelle mentäessä tulee eteneviä muotoja useita. Teoriassa rajan alittavilla aallonpituuksilla yksimuotokuidusta tulee tuolloin monimuotokuitu. Siksi onkin tärkeää, että kuidun raja-aallonpituus on pienempi kuin kuidussa siirrettävän valon aallonpituus. Kuidun pituudella on myös vaikutusta raja-aallonpituuteen. Esimerkiksi muutaman metrin pituisella kytkentäkaapelilla sen tulisi olla vähän pienempi kuin pitkän matkan kaapelissa. [3.] Yksimuotokuidun raja-aallonpituus, sekä muita tärkeimpiä ominaisuuksia on esitelty taulukossa 2.

## 2.2 Monimuotokuitu

Monimuotokuituja (Multimode Fiber) käytetään lyhyillä matkoilla, kuten optisissa lähiverkoissa. Kuitujen halkaisijat ovat 125/62,5  $\mu\text{m}$  (kuori/kuitu). Kuten alla olevasta taulukosta 1 voidaan todeta, yhteyden pituuden kasvaessa suurin mahdollinen käytettävissä oleva siirtonopeus pienenee nopeasti. Monimuotokuidun vaimennus on noin 2 dB kilometriä kohden ja jokainen liitin lisää vaimennusta noin 0,5 dB. Monimuotokuituja käytetään lyhyillä etäisyyksillä myös siksi, että ne ovat halvempia ja kuidun ytimen suuremmasta halkaisijasta johtuen liitokset eivät ole niin herkkiä häiriöille kuin yksimuotokuituja käytettäessä. Monimuotokuidut jaetaan rakenteensa mukaan edelleen kahteen ryhmään; askeltaitekertoimisiin kuituihin ja asteittaistaitekertoimisiin kuituihin. [1, s. 156.] [2, s. 50-51.]

**TAULUKKO 1. Monimuotokuidun siirtonopeudet erilaisilla etäisyyksillä [2, s. 51]**

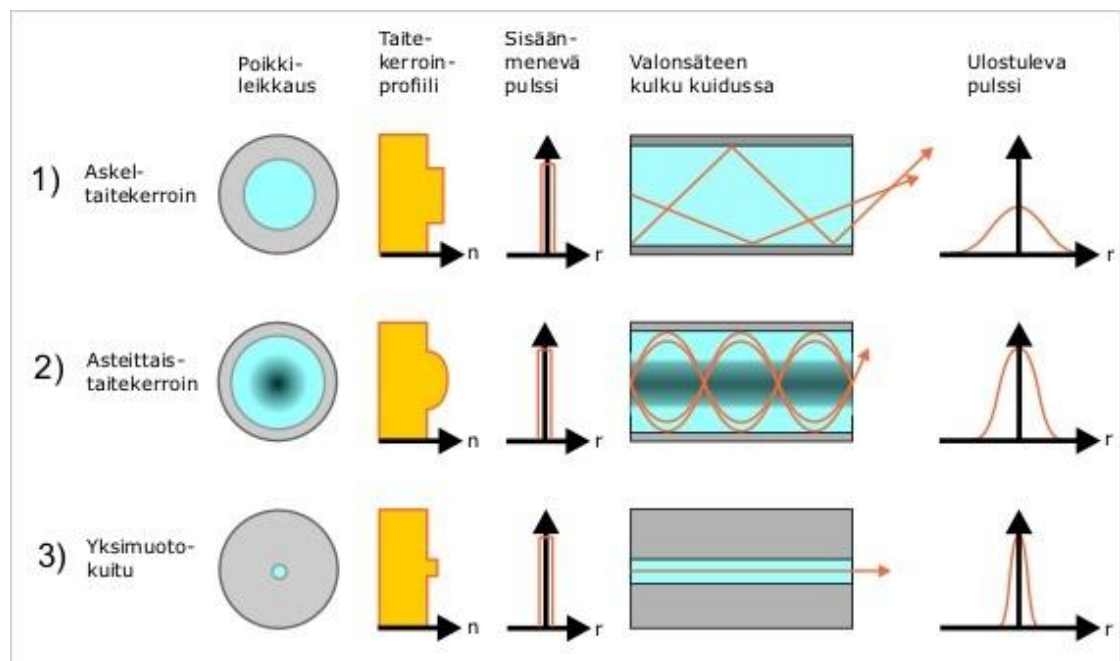
Etäisyys	Nopeus
200-300 m	10 Gbit/s
500-700 m	1 Gbit/s
2 km	100 Mbit/s

### 2.2.1 Askeltaitekertoiminen kuitu

Askeltaitekertoimisen kuidun ytimen halkaisija on huomattavasti suurempi kuin käytettävän valon aallonpituus. Kuitu perustuu valon kokonaisheijastukseen ytimen ja kuoren rajapinnassa, joten eri kulmissa syötetty valo kulkee kuidussa eripituisen matkan. Tästä johtuen vastaanottopäässä pulssi leviää aikatasossa. Ilmiötä kutsutaan muotodispersioksi eli hajonnaksi. Askeltaitekertoimisen kuidun käyttö on nykyään erittäin vähäistä johtuen juuri huomattavasta pulssin levenemisestä verrattuna asteittaistaitekertoimiseen kuituun. Kuidun poikkileikkaus ja pulssin eteneminen kuidun ytimessä on esitetty kuvassa 2. [2, s. 50-51.]

## 2.2.2 Asteittaistaitekertoiminen kuitu

Asteittaistaitekertoimisessa kuidussa taitekerroin muuttuu lineaarisesti ytimen keskustan ja reunan välillä. Tästä johtuen kun kuituun syötetään valopulssi, osa valonsäteistä kulkee ytimen keskellä ja osa reunalla. Pulssi ei kuitenkaan hajoa yhtä voimakkaasti kuin askeltaitekertoimisessa kuidussa, koska reunalla kulkevat valonsäteet kulkevat keskustaa nopeammin ja siten kompensoivat kulkemansa pidemmän matkan. Tästä johtuen asteittaistaitekertoimisessa kuidussa voidaan käyttää suurempaa siirtonopeutta ja kuituvedot voivat olla pidempiä. Kuva 2. [2, s. 51.]

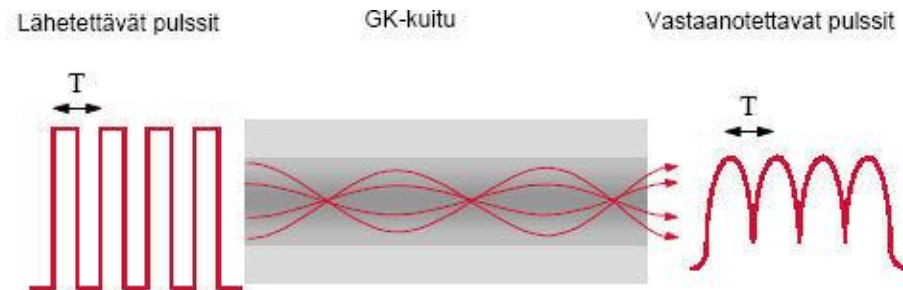


KUVA 2. Valonsäteen eteneminen kuidussa [3]

## 2.2.3 Monimuotokuidun kaistanleveys ja numeerinen aukko

Monimuotokuidun kaistanleveyden yksikkönä käytetään taajuutta kerrottuna matkalla (MHz\*km) ja kaistanleveys riippuu tiedonsiirrossa käytettävästä aallonpituudesta. Jos esimerkiksi kuidun kaistanleveys aallonpituudella 1310 nm on 500 MHz\*km, niin suurin siirrettävä taajuus voi kilometrin pituisella yhteydellä olla 500 MHz. Jos matka kaksinkertaistuisi kahteen kilometriin tarkoittaisi se taajuuden puolittumista 250 MHz:iin. Kaistanleveys asettaa rajoitukset siis suurimmalle mahdolliselle siirtonopeudella sekä etäisyydelle. Kuvassa 3 näkyy pulssien leventyminen ja pyöristyminen niiden edetessä ytimen halkaisijaltaan 62,5 $\mu$ m olevassa GK-kuidussa. Tarkemmat GK-kuidun ominaisuudet löytyvät taulukosta 2. Jos pulssit lähetetään liian

nopeasti, ne alkavat sekoittua toisiinsa, eikä vastaanotin pysty enää erottamaan niitä toisistaan. Pulssien välisen lähetysajan  $T$  tulee siis olla tarpeeksi suuri. Kaistanleveys kuvaa tuota pulssien suurinta mahdollista lähetystaajuutta ( $f = 1/T$ ). Signaalille tapahtuvaa muotodispersiota eli hajontaa esitellään tarkemmin luvussa 3.2.4. [3.]



**KUVA 3. Monimuotokuidun kaistanleveys [3]**

Monimuotokuiduille ilmoitetaan yleensä myös numeerisen aukon arvo (Numerical Aperture, NA), jolla on merkitystä silloin, kun valo syötetään kuituun. Toinen tilanne missä numeerisella aukolla on merkitystä, on silloin kun yhdistetään erikokoiset ytymet omaavat kuidut toisiinsa. Numeerinen aukko määrittelee valon suurimman mahdollisen tulokulman kuituun. [4.] Tilannetta havainnollistaa kuva 1. Alla on esitelty numeerisen aukon kaava (2) sekä selitykset käytetyille symboleille.

$$NA = \sin\varphi_{\max} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = \text{Numeerisen aukon yhtälö} \quad (2)$$

$\varphi_{\max}$  = valon tulokulma.

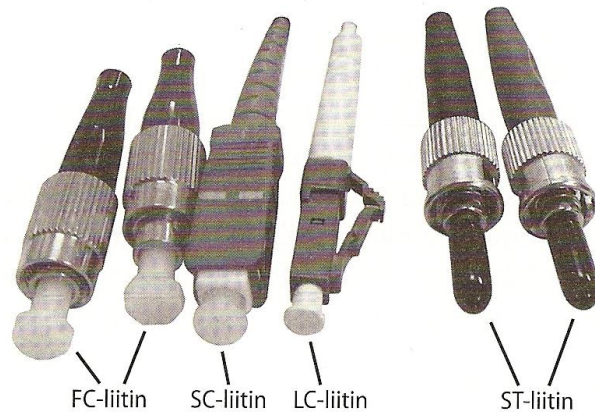
$n_1$  = ytimen taitekerroin.

$n_2$  = kuoren taitekerroin.

[4]

### 2.3 Liittimet

Optisen kuidun päättämiseen tarkoitettuja liittimiä on olemassa paljon ja niitä on esitelty kuvassa 4. Käytössä on mm. ST-, FC-, LC- ja SC -liittimiä. LC- ja SC-liittimistä on olemassa myös malleja, joissa samaan runkoon on yhdistetty kaksi liittintä. Näitä duplex-liittimiä käytetään silloin kun yhdistetään kuitu sekä lähtevälle, että tulevalle liikenteelle. Kyseiset liittimet ovat yhteensopivia sekä yksi-, että monimuotokuitujen kanssa. Käyttämässämme kuiduissa ja laitteissa oli kaikissa joko ST- tai SC -liittimet. [2, s. 52-53.]



**KUVA 4. Optisen kaapelin liittimiä [2, s. 53]**

### 3 TIEDONSIIRTO OPTISESSA KUIDUSSA

Kun signaali lähetetään optisessa kuidussa, muunnetaan se lähettimen toimesta sähköisestä signaalista valon muotoon. Saapuessaan vastaanottimeen, valopulssit muunnetaan takaisin sähköiseksi signaaliksi [4]. Tiedonsiirtoon on olemassa monia erilaisia tekniikoita, mutta tässä työssä keskitytään ainoastaan monikameratuotannossa käytetyn multiplekserin käyttämään tekniikkaan WDM (Wavelength Division Multiplexin) eli aallonpituuskanavointi. Kyseisestä tekniikasta kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa 3.1.

#### 3.1 Aallonpituuskanavointi

Aallonpituuskanavointi (Wavelength-division multiplexing, WDM) on optiseen tiedonsiirtoon kehitetty tekniikka, mikä hyödyntää optisen kuidun kaistanleveyttä ja tarkoittaa useiden piikkiaallonpituuksien lähettämistä samassa optisessa kuidussa. Se on tiettyssä mielessä taajuuskanavointia analogisesta elektroniseen taajuuteen ja onkin hyvin samanlainen kupariyhteyksissä käytetyn taajuudenjakokanavoinnin (Frequency-division multiplexing, FDM) kanssa. Eroa näillä kahdella on kuitenkin käytettyjen aallonpituuksien osalta sekä siinä, että FDM-tekniikassa digitaalinen signaali moduloidaan ja WDM-tekniikassa valopulssien modulointia ei tehdä. Lisäksi WDM-tekniikassa kanavalla on käytössä kuidun koko kaistanleveys. Aallonpituuskanavoinnilla voidaan myös välttää toisen tiedonsiirrossa käytetyn tekniikan, sähköisen aikajakokanavoinnin (Time-division multiplexing, TDM) tehorojoitukset. Kun nopeus tiettyssä optisessa yhteydessä tuplataan käyttäen aikajakokanavointia, tarvitaan vastaanottimessa yleensä 3 – 6 dB lisää optista tehoa,

jotta bitti pystytään tunnistamaan kohinan seasta oikein. Vastaanottimen tarvitsema optinen teho on vastaanottimen elektronisten komponenttien ja havaitsimen funktio, ja se on erittäin riippuvainen kohinan määrästä. Vaikka aallonpituuskanavoinnissa ei tuota tehon lisäystä tarvita, pieniä häviöitä kuitenkin ilmenee aallonpituus multiplekserien ja demultiplekserien käytön seurauksena. Bitin tunnistus on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 5. Pystyviivan vasemmalla puolella on signaali, missä esiintyy kohinaa ja oikealla puolella tiheysfunktio (Probability Density Function, PDF). Kohinan oletetaan jakautuvan normaalijakauman mukaisesti ja sitä edustavat käyrät  $P_1(x)$  ja  $P_2(x)$ . [2, s. 104-105.] [5, s. 674-675.] Alla ovat selitykset kuvassa 5 käytetyille merkinnöille.

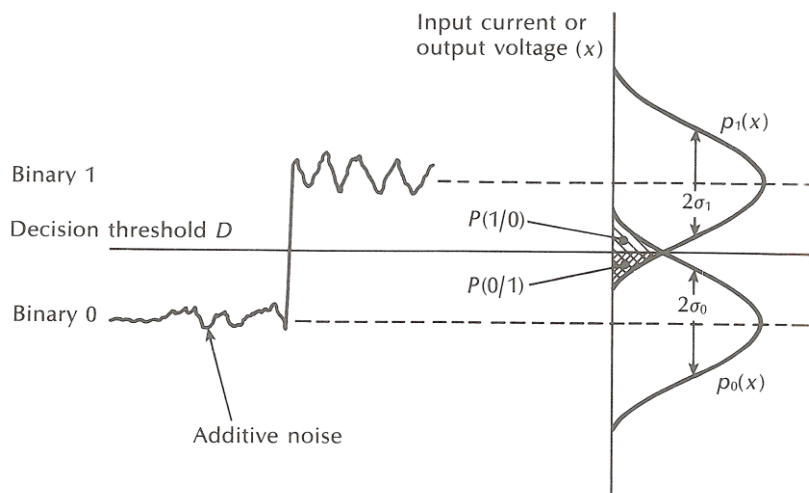
$P_1$ –alue: bitti tunnistetaan ykköseksi.

$P_2$ –alue: bitti tunnistetaan nolllaksi.

$P(1/0)$ : binääri nolllan väärintunnistuksen todennäköisyys.

$P(0/1)$ : binääri ykkösen väärintunnistuksen todennäköisyys.

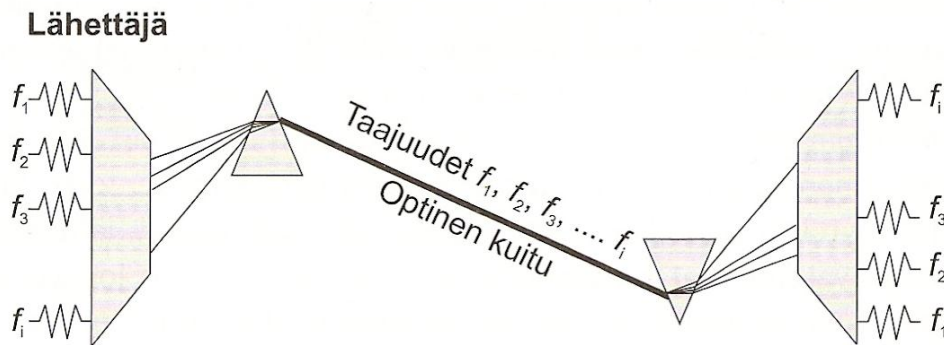
Keskihajonta:  $\sigma_1$  ja  $\sigma_0$



**KUVA 5. Bitin tunnistus [5, s. 622]**

Kuvassa 6 on yksinkertaistettu esimerkki aallonpituuskanavoinnin toiminnasta. Jokainen kanava lähetetään omalla aallonpituudella toimivalla laserlähettimellä ja suunnataan prismaan. Prismassa kaikki säteet taittuvat samaan kohtaan ja yhdistyvät yhdeksi optiseksi signaaliksi, joka sitten siirretään kuitua pitkin vastaanottimeen. Vastaanottopäässä yhdistetty signaali suunnataan uudelleen prismaan mikä erottaa ne taas valon aallonpituuden mukaan omiksi signaaleiksi.

Käytännössä siis jokaisella aallonpituudella on oma lähetin-vastaanotinpari ja lähetetyt valonsäteet lomitetaan yhteen optiseen kuituun. [2, s. 105.]



**KUVA 6. Aallonpituuskanavoinnin periaate** [2, s. 105]

Nykyisin WDM-tekniikka on käytössä lähinnä runkoyhteyksissä ja se toteutetaan käyttäen yksimuotokuitua. Sen avulla saadaan kuljetettua useita rinnakkaisia signaaleja, joista jokainen voi olla nopeudeltaan 10Gbit/s. WDM-tekniikka on myös mahdollistanut optisten siirtoteiden kapasiteetin kasvatuksen ilman kaapelien lisäystä tai vaihtoa. Yleisimmin käytössä olevat taajuudet ovat 1300/1550 nm ja jokaista aallonpituutta kutsutaan kanavaksi. Kun kanavia on käytössä 2-15 yhtä kuitua kohden, käytetään ratkaisusta nimitystä WDM. Kun taas kanavien määrä ylittää 15 puhutaan DWDM-tekniikasta (Dense Wavelength Multiplexing). Tällä hetkellä on jo saatavilla ratkaisuja, mitkä mahdollistavat 32 ja 64 kanavan lomittamisen samaan kuituun, eikä 160 kanavan lomittaminenkaan ole kovin kaukana tulevaisuudessa. [2, s. 105.]

Monikameratuotannossa käytetty Telecast Mamba Teleport käyttää tekniikkaa, josta käytetään nimitystä karkea aallonpituuskanavointi CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing). Se eroaa WDM:stä ja DWDM:stä vain käytettyjen aallonpituuksien ja kanavajaon osalta. CWDM tekniikassa aallonpituusalue on laajempi; 1280 – 1625 nm ja kanavat ovat jaettu 20 nm:n välein. Tämän tekniikan etuina voidaan mainita halvemmat kuitulinkin komponentit sekä, että se on teknisesti yksinkertaisempi. Esimerkkinä voidaan mainita CWDM-laserlähettimen hinta, joka on vain noin kolmasosa vastaavan DWDM-laserlähettimen hinnasta. Lisäksi CWDM-järjestelmissä voidaan käyttää edullisempaa G.652 kuitua, koska kuidulta ei vaadita erityisominaisuuksia. Eri kuitujen tärkeimpiä ominaisuuksia on listattu taulukossa 2. [6.]

## TAULUKKO 2. Optisten kuitujen ominaisuuksia [4]

### Monimuotokuidut

	62,5/125 $\mu\text{m}$ (GK)	50/125 $\mu\text{m}$ (GI) (ITU-T G.651)	100/140 $\mu\text{m}$ (GN)
Vaimennus			
825...875 nm	$\leq 3,5$ dB/km	$\leq 2,7$ dB/km	$\leq 4,5$ dB/km
1270...1340 nm	$\leq 1,0$ dB/km	$\leq 0,8$ dB/km	$\leq 2,0$ dB/km
Kaistanleveys			
825...875 nm	$\geq 200$ MHz·km	$\geq 400$ MHz·km	$\geq 100$ MHz·km
1270...1340 nm	$\geq 500$ MHz·km	$\geq 600$ MHz·km	$\geq 100$ MHz·km
Numeerinen aukko	0,28	0,20	0,29

### Yksimuotokuidut

	Standardikuitu (SM) (ITU-T G.652)	Alhaisen dispersion kuitu (ITU-T G.655)
Vaimennus		
1285...1330 nm	$\leq 0,43$ dB/km	–
1525...1575 nm	$\leq 0,28$ dB/km	$\leq 0,28$ dB/km
Kromaattinen dispersio		
1285...1330 nm	$\leq 3,5$ ps/(nm·km)	–
1530...1565 nm	$\leq 18$ ps/(nm·km)	0,1...6 ps/(nm·km)
Raja-aallonpituus	$\leq 1260$ nm	$\leq 1470$ nm

## 3.2 Optiseen signaaliin vaikuttavat häiriöt

Optiseen signaaliin ja sen etenemiseen valokuidussa vaikuttaa heikentävästi monia erilaisia ilmiöitä kuten vaimennus, heijastuminen, kohina sekä hajonta. Näistä ilmiöistä kerrotaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

### 3.2.1 Vaimennus

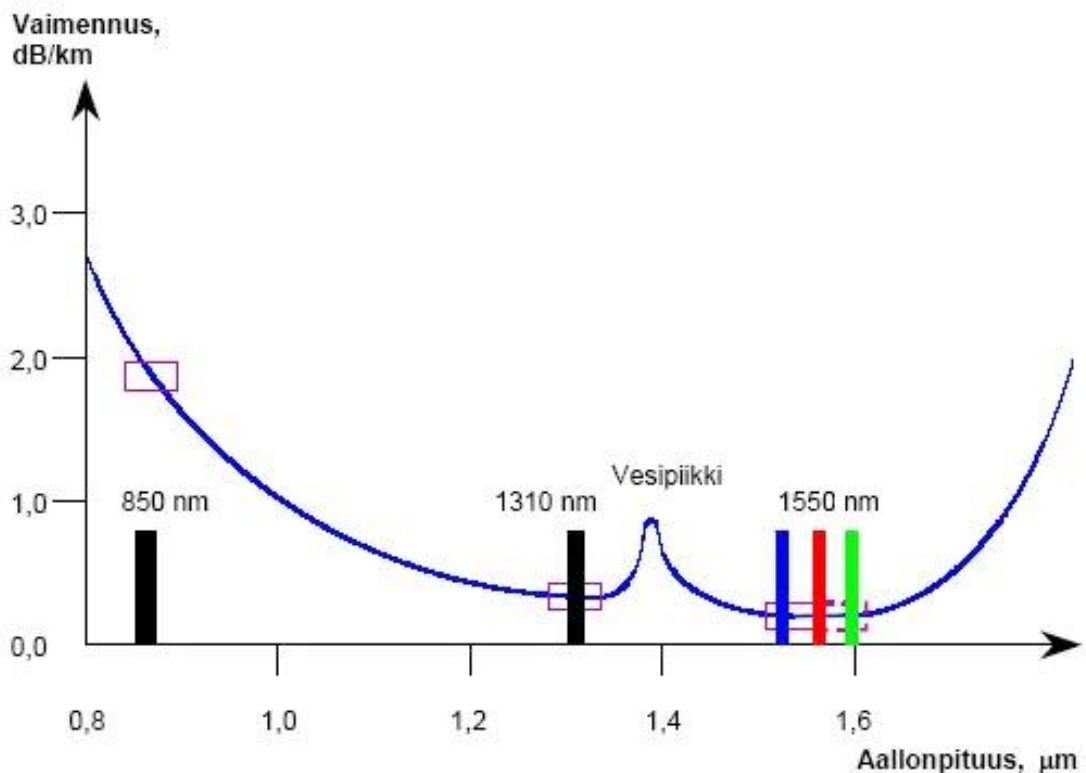
Vaimennus (attenuation) on etäisyydestä johtuvaa signaalin voimakkuuden häviämistä. Vaimennuksen yksikkönä käytetään desibeliä kilometriä kohden dB/km, mikä tarkoittaa kuituun lähetetyn valotehon pienenemistä suhteessa kuidun pituuteen. Toisin sanoen yhden bitin jännitesignaalin amplitudi pienenee energian siirtyessä signaalista kaapeliin. Vaimennusta tapahtuu aina kun käytetään sähköistä signaalia, mutta sitä esiintyy myös optisissa verkoissa. [9, s. 139.] Se määrittelee suurimman mahdollisen matkan minkä signaali voi kuidussa kulkea ennen kuin sitä pitää vahvistaa.



Valokuituyhteyksistä tuli erittäin kiinnostavia kun kuidun vaimennus laski alle metallijohtimien vaimennuksen, eli alle viiteen desibeliin kilometriä kohden (5 dB/km). [5, s. 86.]

Vaimennusta aiheuttaa lähinnä kaksi asiaa, absorptio eli imeytyminen sekä sironta. Absorptio on sitä, kun osa valopulssin eli bitin energiasta imeytyy kuidun materiaaleihin kuidussa olevien epäpuhtauksien sekä infrapuna- (IR) ja ultravioletialueiden (UV) vaikutuksesta. IR-alueella säteilyllä ei ole tarpeeksi energiaa saadakseen aikaa elektronitason sähköisiä muutoksia kuten UV-säteilyn tapauksessa, vaan se on rajoittunut yhdisteisiin, joissa vaihtelu värähtelyenergian tiloissa on pieni [7] [8]. Infrapunavalon imeytyminen tapahtuu siis kun valon taajuus vastaa kuidun materiaalin molekyylien värähtelytaajuutta (tai sen monikertaa) ja ultraviolettivovalo taas imeytyy kun elektronikehä on kvantittunut siten, että se voi imeä tietyn aallonpituuden omaavan fotonin [7] [8]. Vaimennusta on mahdollista vähentää käytettävän valon aallonpituudella, mutta kokonaan sitä ei voida poistaa. [3.] [9, s. 139.]

Sironta taas on sitä, kun valopulssit heijastuvat kaikkiin suuntiin kuidussa esiintyvien mikroskooppisen pienten taitekerroinerojen vaikutuksesta. Vapaan kuidun vaimennuksen alaraja aallonpituudella 1550 nm on noin 0,16 dB/km ja se määräytyy Rayleigh-sironnan perustella. Kvartsilasista valmistetun kuidun vaimennus on riippuvainen käytettävästä aallonpituudesta kuvan 7 mukaisesti. [3.]



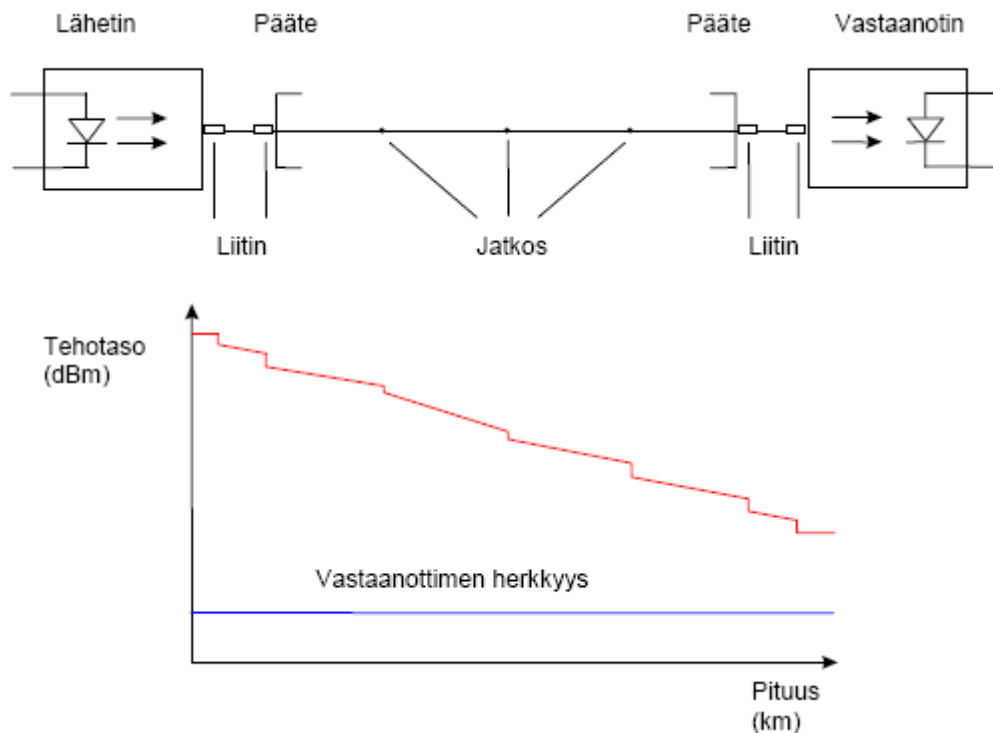
**KUVA 7. Kuidun vaimennus [3]**

Kuten kuvasta 7 voidaan huomata, on aallonpituusalueella 800 – 1700 nm vaimennus suurimmillaankin reilusti alle kolmen desibelin kilometriä kohden. Alueen ulkopuolella lyhempiin aallonpituuksiin mentäessä vaimennusta kasvattaa UV-absorptio ja 1700 nm suurempiin aallonpituuksiin mentäessä vaikuttaa vastaavasti IR-absorptio. Kuvassa näkyvät kolme aallonpituusaluetta; 850 nm, 1310 nm ja 1550 nm, ovat käytössä tiedonsiirrossa. Alueiden 1310 nm ja 1550 nm välissä näkyvä vesipiikki tarkoittaa huonosti valoa heijastavaa aluetta, joka johtuu kuidun valmistusvaiheessa siihen jääneistä hydroksidimolekyyleistä. [3.]

Kuidussa liikkuvaan valopulssiin vaikuttaa vaimentavasti myös kuidussa esiintyvät makro- ja mikrotaipumet, vety sekä radioaktiivinen säteily. Lisäksi kuituyhteydessä olevat kuitujatkokset sekä kaikki kuiduissa ja jakotelineissä olevat liittimet aiheuttavat myös signaaliin vaimennusta. Pyrkimyksenä on kuitenkin minimoida tai poistaa ne kokonaan käyttämällä tarkoituksenmukaisia kaapelirakenteita ja asennusmenetelmiä. [3.] [4.]

Kuituyhteyden kokonaisvaimennus saadaan laskemalla yhteen kuidun aiheuttama vaimennus sekä jatkosten ja liittinten aiheuttamat vaimennukset. Jotta signaali kulkisi perille ja vastaanotin pystyy sen tunnistamaan, pitää lähetetyn pulssin tehotason olla

suurempi kuin yhteenlaskettu kokonaisvaimennus. [4]. Yhteyden toiminnan kannalta on vaimennus suositeltavaa pitää alle 20 desibelissä. Tuon rajan yllä mentäessä yhteys ei ole enää luotettava, vaikka poikkeustapauksissa se saattaisikin toimia. [14.] Yhteyttä suunniteltaessa pitää siis ottaa huomioon lähtetimen teho, yhteyden kokonaisvaimennus sekä vastaanottimen herkkyys. Kuvassa 8 on havainnollistettu kuidussa tapahtuvia vaimennuksia.



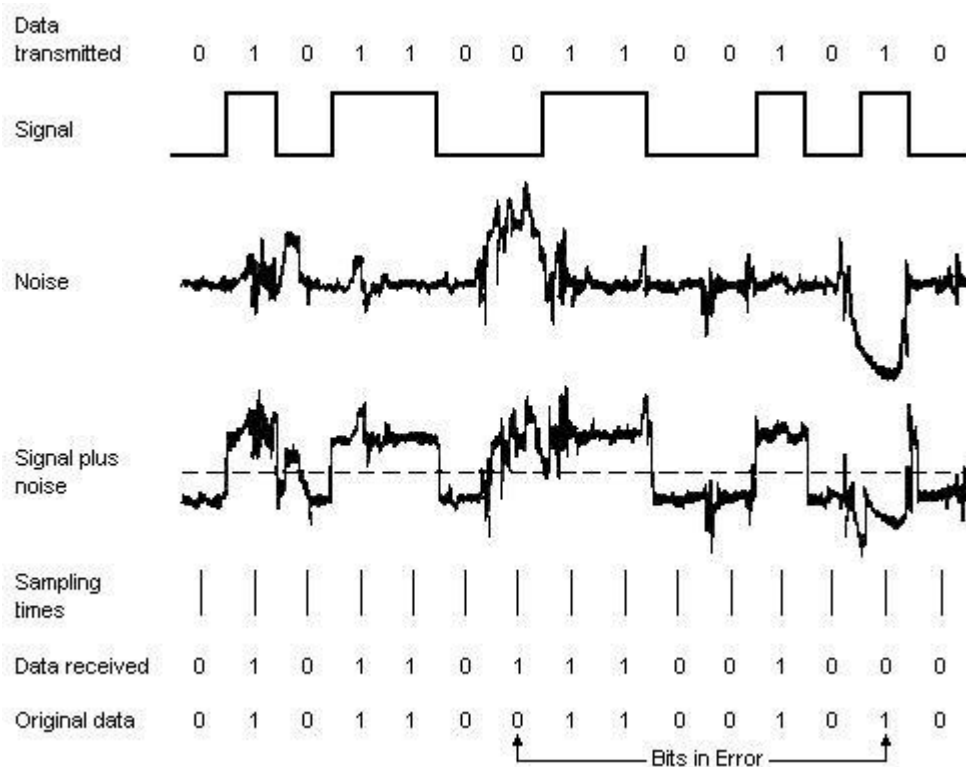
**KUVA 8. Signaalin vaimeneminen kuidussa [4]**

### 3.2.2 Heijastuminen

Kuten sähköisissä signaaleissa, myös optisissa signaaleissa esiintyy heijastumista (Reflection). Valopulssien osuessa kuidun epäjatkuvuuskohtaan, esimerkiksi laitteen liittimeen, kuidun jatkokseen tai kuidun päähän, voi osa valoenergiasta heijastua paluusuuntaan ja sotkea myöhempiä bittejä. Mikäli heijastusta esiintyy liikaa, voi se sotkea kahteen tilaan perustuvan binäärijärjestelmän täysin. Kuituverkoissa liikkuu dataa miljoonista aina miljardeihin bitteihin sekunnissa, joten heijastuvaan energiaan on kiinnitettävä huomiota ja sitä on pyrittävä kontrolloimaan tekemällä verkon kaapelointi ja liittokset huolella. [4.] [9, s. 140-141.]

### 3.2.3 Kohina

Kohina (Noise) on myös ongelma, joka vaikuttaa sähköisten signaalien lisäksi optisissa signaaleissa. Sillä tarkoitetaan hyötysignaaliin tulevia ei-toivottuja laajennuksia. Signaaleissa esiintyy aina kohinaa, joten on tärkeä pitää signaali/kohinasuhde (signal-to-noise ratio, eli S/N) mahdollisimman korkeana. S/N-suhde on mittayksikkö, joka saadaan jakamalla signaalin voimakkuus kohinan voimakkuudella. Saatu lukema ilmoittaa miten helposti alkuperäinen signaali voidaan lukea kohinan seasta. Jos kohina on liian suurta, voi binäärijärjestelmän bitti vääristyä ja kääntyä päinvastaiseksi, ja siten sotkea lähetetyn datan. Kuvassa 9 on esitetty kohinan vaikutus vastaanotettavan informaation tunnistukseen. [9, s. 141.] [10.]



**KUVA 9. Kohinan vaikutus signaalin tunnistuksen [10]**

### 3.2.4 Hajonta

Hajonta (Dispersion), värinä (Jitter) ja viive (Latency) ovat tiedonsiirrossa esiintyviä ilmiöitä ja ne on ryhmitelty tässä kappaleessa yhteen, koska ne kaikki vaikuttavat bitin ajastukseen. Ajastus on erittäin tärkeä asia tiedonsiirrossa kun kuidussa liikkuu miljardeja bittejä sekunnissa. Hajonta tarkoittaa signaalin leventymistä ajan suhteen ja se riippuu käytettävästä siirtomediasta. Kun hajontaa tulee liikaa, yksittäinen bitti voi

alkaa häiritä sitä edeltävää ja seuraavaa bittiä ja sotkeutua niiden kanssa yhteen. Hajontaa voidaan rajoittaa pienentämällä kaapelien pituuksia ja käyttämällä juuri tietyn aallonpituuden laservaloa. Kaikkien digitaalisten järjestelmien toiminta perustuu kellopulsseihin ja värinää syntyy kun lähettäjän ja vastaanottajan kellot eivät ole sykronoitu. Tämä on kuitenkin hyvin epätodennäköistä. Viiveeseen vaikuttaa optisessa tiedonsiirrossa kaikki yhteydessä käytetyt laitteet ja niiden elektroniikka, joten siihen voidaan vaikuttaa laitevalinnoilla. [9, s. 146.]

### **3.3 Yksimuotokuidun dispersiot**

Dispersio eli hajonta on lähinnä monimuotokuidun ongelma, mutta pitkillä matkoilla sitä esiintyy myös yksimuotokuiduissa. Yksimuotokuidun dispersiot voidaan jakaa kahteen lajiin, kromaattinen dispersio ja polarisaatiomuotodispersio, joista kerrotaan hieman tarkemmin seuraavaksi.

#### **3.3.1 Kromaattinen dispersio**

Yksimuotokuiduissa esiintyy kromaattista dispersiota, jonka vaikutus näkyy siten, että valopulssin sisältämät hieman toisistaan eroavat aallonpituudet etenevät eri nopeuksilla kuidun sisällä. Dispersion yksikkö on ps/(nm \* km) ja se voi esiintyä sekä positiivisena, että negatiivisena. Positiivisessa dispersiossa lyhyemmät aallonpituudet etenevät nopeammin ja negatiivisessä dispersiossa taas nopeampia ovat pidemmät aallonpituudet. Kromaattinen dispersio on sitä pienempää mitä kapeampi on lähetettävän valon spektri. [3.]

#### **3.3.2 Polarisaatiomuotodispersio**

Yksimuotokuidussa esiintyy myös eräs toinenkin dispersion laji, polarisaatiomuotodispersio, joka johtuu valon etenemisestä kuidussa kahdessa eri polarisaatiomuodossa. Noilla polarisaatiomuodoilla on hieman eri kulkunopeudet mistä johtuen ne saapuvat perille eri aikoina aiheuttaen pulssin hajoamista. Polarisaatioidispersion suuruuteen vaikuttavat erityisesti kaapelin rakenne sekä ympäristöolosuhteet ja sen mittaaminen on hankalaa. Suuruudeltaan se on pienempää kuin kromaattinen dispersio, eikä sillä ole yleensä merkitystä tiedonsiirrossa, jos siirtonopeudet ovat alle 2,5 Gbit/s. [3.]

### 3.4 SDI-liitäntä

Sähköinen SDI-liitäntä (Serial Digital Interface) on alan standardi televisiostudioille ja muille lähetyksiöille. Liitäntä löytyykin lähinnä vain ammattilaiskäyttöön tarkoitetuista laitteista ja siksi sitä käyttävät laitteet ja kamerat ovat suoraan yhteensopivia useimpien studiolaitteiden kanssa.

SDI-liitännän kautta pystytään siirtämään pakkaamatonta digitaalista videota reaaliajassa. Siirtonopeudet SDI:tä käytettäessä ovat normaalitarkkuuden TV-signaalilla 270 Mbps ja teräväpiirtomateriaalilla jopa 1,485 Gbps. Kun nopeutta vertaa pakattuun tallennettuun 1080i HDV materiaaliin, jonka nopeus on 25 Mbps, ero on huomattava. Suuren siirtokapasiteetin ansiosta SDI-liitäntä ja sitä käyttävät kamerat sopivat erinomaisesti videokuvan reaaliaikaiseen lähettämiseen pakkaamattomana parhaalla mahdollisella laadulla. [11.]

## 4 MONIKAMERATUOTANNON LAITTEET

Kassun karnevaaleilla toteutetuissa tuotannoissa kameroina käytettiin kolmea Hitachin V-21W studiokameraa, jotka yhdistettiin CopperHead -kuitumuuntimien avulla valokuitua käyttäen Telecast Mamba Teleport -multiplekseriin. Tapahtuman äänet tuotannossa otettiin suoraan tapahtumanjärjestäjän miksauspöydän Master-ulostulosta ja yleisöäänät saatiin talteen käyttäen yhtä Shuren SM-81 mikrofonia. Kaikki tuotannoissa käytetyt valokuidut olivat yksimuotokuituja. Laitteiden kytkennät selviävät tarkemmin videokaaviosta, joka löytyy liitteestä 2.

### 4.1 CopperHead -kuitumuunnin

Telecast CopperHead on kameran videon, äänen ja datan multipleksauslaite, joka kiinnitetään kameran ja akun väliin. Se kytketään Mamba-multiplekseriin optisella kuidulla. Kaikki liikenne kameran ja studion välillä kulkee pitkin yksimuotokuitua, jonka pituus voi olla jopa 5 km.

Kameran kuitupäätelaite multipleksaa kameran SDI-liittimestä ja mahdollisista muista lähteistä tulevan sähköisen signaalin ja muuntaa sen optiseen muotoon, jotta se voidaan lähettää kuitua pitkin studiolla olevaan ja samalla periaatteella toimivaan

kuitumuuntimeen purettavaksi. Samaan aikaan laite muuntaa studiolla olevasta kuitumuuntimesta tulevan optisen signaalin sähköiseen muotoon kameraa, sen käyttäjää ja mahdollisia lisälaitteita varten. [12.]

Kuvasignaali kamerasta studioon kulkee yhden kuidun kautta ja muu liikenne kulkee toisessa kuidussa. Eri informaatioiden kulkusuunnat selviävät seuraavasta taulukosta 3. [12.]

**TAULUKKO 3. Signaalit ja niiden kulkusuunnat [12]**

Camera to Base	Signal	Base to Camera
x	Program video	
x	Audio 1: Program audio	
x	Audio 2: Auxiliary audio	
	Return Video	x
	Black Burst / Gen Lock	x
x	Intercom, 4-wire	x
x	Camera Control signals	x

#### 4.2 Telecast Mamba Teleport –multiplekseri

Telecast Mamba Teleport – multiplekseri on monikameratuotannoissa käytettävä monikanavainen hallintalaitteisto, jolla yhdistetään useista kameroista tulevat optiset signaalit yhteen valokuituun. Näin poistetaan useiden kuitujen tarve kuvauspaikan ja studion välillä. Signaalien yhdistäminen toteutetaan käyttämällä karkeaa aallonpituuskanavointia (Coarse Wavelength Division Multiplexing, CWDM). Mamba toisin sanoen moninkertaistaa käytettävissä olevan kuidun kapasiteetin, helpottaa yhteyksien hallintaa ja alentaa samalla kaapelikustannuksia.

Aallonpituuskanavoinnista on tullut suosittu lähestymistapa videon ja audion optisessa tiedonsiirrossa, koska se on luotettava menetelmä ja edullista käyttää. Multiplekserin avulla WDM-järjestelmän toteuttaminen on suhteellisen helppoa ja joustavaa. Multiplekseri välittää signaaleja lähes mistä digitaalisesta lähteestä tahansa ja muuntaa sen tiettyyn aallonpituuteen. Vastaanottopäässä signaali puretaan ja ohjataan vastaanottimeen. Laitteessa on kaikki tarvittava sisäänrakennettuna eikä siihen tarvitse ostaa erikseen lisäosia jokaiselle aallonpituudelle. [13.]

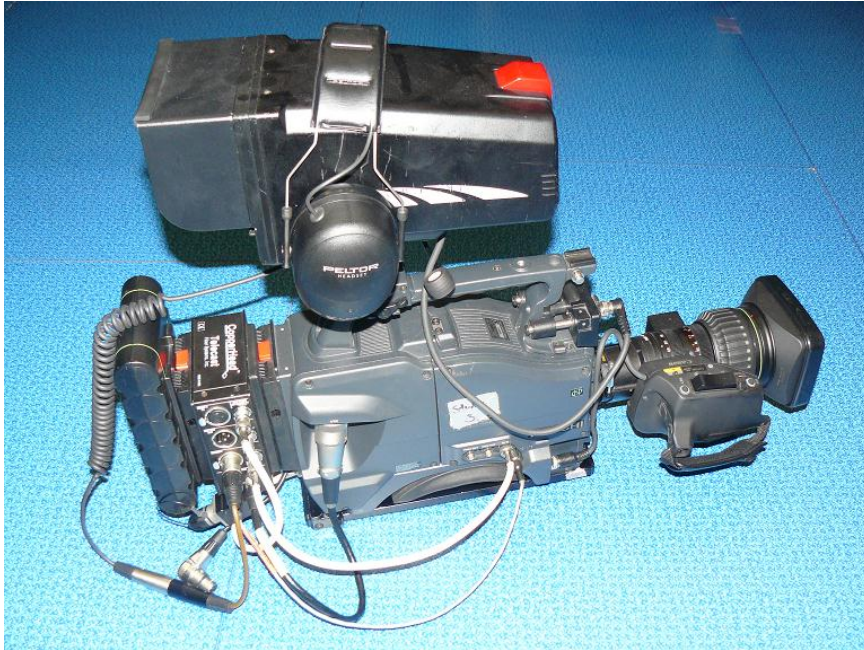
Tuotannossa käytetyssä multiplekserissä on yksi portti sisääntulevalle liikenteelle ja yksi uloslähtevälle. Kameroita varten portteja laitteessa on kahdeksan ja niihin on mahdollista kiinnittää kolme säädettävää kameraa sekä yksi kamera ilman säätömahdollisuutta. Laite sisältää multiplekserin ja demultiplekserin lisäksi myös lisäyksikön, joka vastaa kaksisuuntaisen signaalin muuntamisesta kahdeksi yksisuuntaiseksi signaaliksi. Kaksisuuntaisia signaaleja ovat komentoyhteys ja kameran ohjaussignaalit. [14.]

### **4.3 Hitachi V-21W studiokamera**

Tuotannossa käytetyt kamerat olivat kaikki Hitachin V21-W studiokameroita, joihin oli vaihdettu studioperän paikalle CopperHead –kuitumuuntimet. Kuitumuuntimen avulla kamerat voitiin liittää Mamba multiplekseriin ja edelleen optisen verkon kautta studioon. Kuvasignaali kamerasta studioon kulkee SDI-linjaa pitkin yhden kuidun kautta. Kameroiden ohjaussignaali ja komentoyhteys taas kulkee toisessa kuidussa. Kamerasta tulevan sähköisen SDI –signaalin, sekä muiden signaalien muuttaminen optiseen muotoon tapahtuu kameraan kytketyssä CopperHead –kuitumuuntimessa. [14.]

Kameran 600 000 pikselin CCD-kenno ja digitaalinen signaaliprosessori tuottavat kuvaa, jonka erottelukyky on 750 vaakajuovaa. Kuvasuhde on valittavissa 16:9 laajakuvan ja perinteisen 4:3 välillä. Signaaliprosessori pitää sisällään koko järjestelmän prosessorista enkooderiin ja kaikki ne on sisällytetty yhteen piiriin. Tämä pienentää järjestelmän kokoa ja virran kulutusta sekä lisää järjestelmän vakautta. Korkea 63dB:n signaali-kohinasude (S/N) pitää korkeana tarkoitukseen kehitetty kohinanvähennyspiiri. Kuvassa 10 on esitetty V-21 W kamera ja CopperHead - kuitumuunnin. [15.]





**KUVA 10. Hitachi V21-W ja CopperHead**

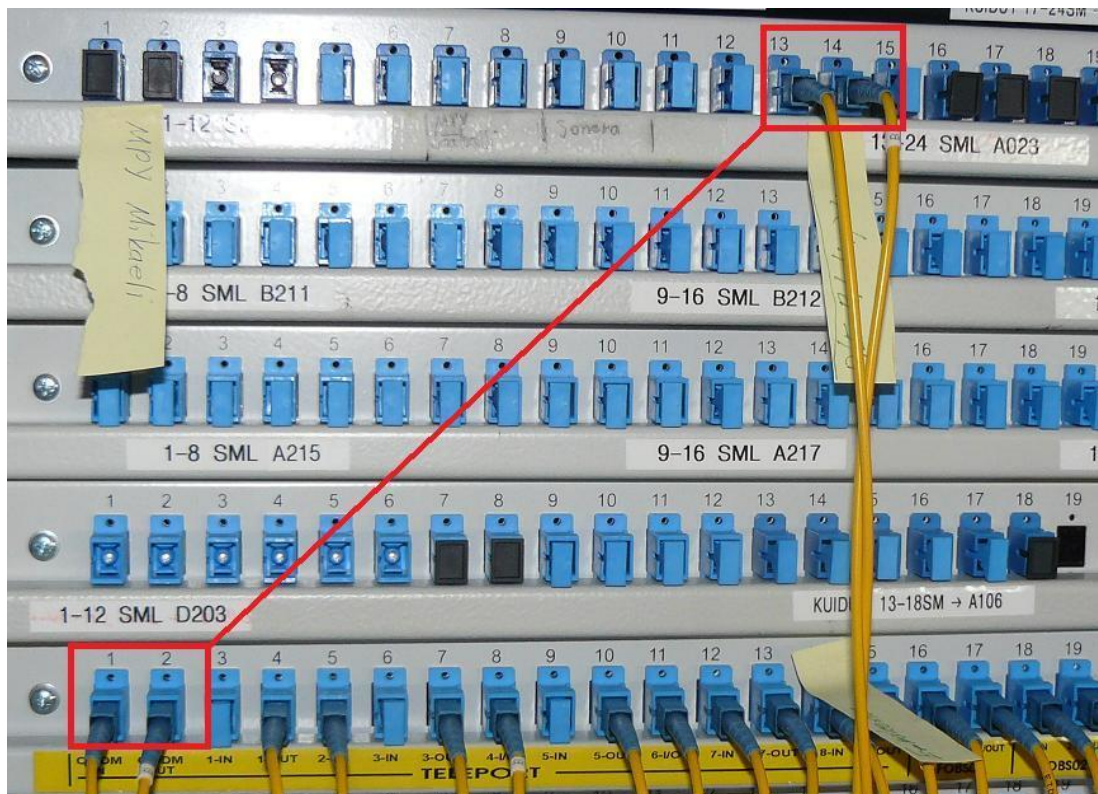
## 5 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

Tuotannon suunnittelu tehtiin yhdessä Janne Saarelan kanssa pari viikkoa ennen tapahtuman alkua tekemällä tapahtumasta tuotantokäsikirja. Käytännön järjestelyt aloitettiin maanantaina 5.9.2011 laitteiston tarkistuksella ja testauksella. Laitteet myös pakattiin ja järjesteltiin valmiiksi helpottaakseen tuotannon kasausta. Tuotannossa käytettävät Hitachin V-21W –studiokamerat olivat kaikki kolme studioasetuksilla, joten ensimmäisenä tehtävänä oli vaihtaa niihin studioperän paikalle Copperhead – kuitumuuntimet. Tämä siksi, että kamerat saataisiin yhdistettyä multiplekseriin ja kuituverkon kautta studioon. Kuituperän kytkennästä ja toiminnasta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.1. Seuraavaksi keräsimme tarvittavat laitteet studioon ja kasasimme tuotannon kokonaisuudessaan testausta varten. Tarkat listat käytetyistä laitteista voi katsoa liitteenä olevasta tuotantokäsikirjasta. Testauksessa halusimme varmistaa kameroiden ja multiplekserin toiminnan sekä tuotannossa käytettävien kuitujen kunnon. Emme havainneen testauksen aikana ongelmia, joten pakkasimme laitteet valmiiksi tapahtumaa varten.

## 5.1 Kuidun asennus

Tiistaina 6.9. tavoitteena oli rakentaa kuituyhteys Mikpolissa olevan studion ja kasarminaukiolla olevan tapahtumateltan välille. Mikpolin studio, kamerat ja kuitulaitteisto soveltuvat hyvin monikameratuotantojen tekoon ja niitä onkin mahdollista tehdä jopa 20 km säteellä studiosta käyttäen palveluntarjoajan kuituyhteyttä (MPY, Sonera). [14.]

Nyt kuitenkin tarvetta ulkoiselle yhteydelle ei ollut, vaan tuotanto voitiin toteuttaa käyttäen ammattikorkeakoulun sisäistä kuituverkkoa. Paras vaihtoehto kuituyhteyden luomiseen oli kuljettaa signaali sisäistä kuituverkkoa hyväksikäyttäen studiolta tapahtumapaikan edustalla sijaitsevan E/D-rakennuksen jakamoon ja vasta sieltä vetää erillinen kuitu itse tapahtumapaikalle. Jakamo sijaitsee maan tasolla, joten veto voitaisiin toteuttaa erittäin yksinkertaisesti yhtä kuitua käyttäen ja kuitu kulkee mahdollisimman lyhyen matkan suojaamattomana ulkona. Yhteys studion ja E/D-jakamon välille saatiin tekemällä kuvan 11 mukainen kytkentä Mikpolin kytkentäkaapissa teleport-paneelin 1 ja 2 paikoista A023-paneelin paikkoihin 13 ja 14.



**KUVA 11. Mikpolin kytkentäkaappi.**

Jakamosta yhteys jatkettiin vetämällä kuitu kuvan 12 mukaisesti paneeli 14:n paikoista 1 ja 2 tapahtumapaikalle. Itse veto pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman siististi ja siten, ettei kuitu häiritsisi talossa asioivia ihmisiä tai olisi alttiina vioittumiselle. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että jakamosta kuitu vedettiin valmiista reiästä seinän läpi toisella puolella olevalle käytävälle. Käytävältä kuitu vietiin katon kautta toisella puolella olevaan luokkaan, mistä se saatiin ikkunan kautta ulos. Ulkona kuitu vedettiin tapahtumaa varten tehtyjä suojakouruja käyttäen lopulliselle paikalle tapahtumateltiltaan.



**KUVA 12. E/D –jakamon kuitukytkentä**

## 5.2 Tuotannon valmistelu

Keskiviikkona 7.9. oli Kassun karnevaalien avajaispäivä ja tarkoituksena oli rakentaa ja testata tekniikka, sekä tehdä harjoitustuotanto Ammattikorkeakoulun 20-vuotisjuhlatilaisuudesta. Veimme kuvauksia varten tapahtumapaikalle kaksi kameraa varusteineen sekä Mamba multiplekserin, johon kamerat kytkettäisiin. Kamera 1, joka oli tapahtumassa pääkamerana, sijoitettiin mikserikoppiin lavan edessä ja kytkettiin multiplekserin portteihin 3 (Cam1 IN) ja 5 (Cam1 I/O). Kamera 1:n kautta otettiin myös tapahtumapaikan äänet, jotka saatiin mikseripöydän äänitulosta. Kamera 2 sijoitettiin lavan oikealle puolelle ja yhdistettiin multiplekserin portteihin 6 (Cam2 IN) ja 8 (Cam2 I/O). Kamera 2:een liitettiin yksittäinen mikrofoni yleisönääniä varten. Kameralle 1 tuleva kuitu oli vedetty muiden mikseripöydän johtojen kanssa hiekkalattian poikki teltan sivulle ja sieltä lavan vieressä olevaan multiplekseriin. Suojana kuidulla ja muilla johdoilla oli suuri kumimatto. Kameran 2 kuitu vedettiin korotettuna teltan reunusrakenteita pitkin multiplekserille. Kuvassa 13 on Mamba multiplekserin etupaneeli, mistä löytyy liitännät kameroille sekä tulevalle ja lähtevälle liikenteelle.





**KUVA 13. Telecast Mamba Teleport –multiplekserin etupaneeli**

Yhteyden testauksessa huomasimme, ettei kuvasignaali kulkenut kameroista studiolle mutta komentoyhteys toimi molempiin suuntiin. Yritimme ratkaista ongelman puhdistamalla kaikkien kuitujen päät sekä laitteiden liittimet (Mikpoli, E/D-jakamo, Multiplekseri) mutta ongelma ei ratkennut. Lopulta vedimme uuden yhteyden jakamon ja tapahtumapaikan välille. Uudella kuidulla yhteys toimi, joten se kertoo vian olleen vanhassa kuidussa. Kuitujen vaihdossa menetetyin ajan takia yhteyden ja laitteiden testausta ei ehditty tehdä kunnolla. Juuri ennen juhlan alkua kävi ilmi, ettei ääni kulje tapahtumapaikan mikseripöydän äänilähdöstä studioon. Viaksi selvisi studion päässä tehty virheellinen äänilähteen kytkentä ja asia korjattiin nopeasti. Tämän jälkeen juhlan kuvaus sujui ongelmitta ja oli hyvää harjoitusta tulevia tuotantoja ajatellen.

### 5.3 Juhlatuotanto

Keskiviikon harjoituksen jälkeen Perjantaina 9.9. oli vuorossa ensimmäinen kahdesta yhtyeen kuvauksesta, Osmos Cosmos. Tekniikan kasaus tehtiin kuten aikaisemminkin, sillä lisäyksellä, että nyt olisi yksi kamera enemmän. Tapahtumapaikalle tuotiin kaikki kolme kameraa laitteineen ja ne asennettiin paikoilleen.

Kamerat 1 ja 2 yhdistettiin multiplekseriin samoin kuin keskiviikkona ja kolmas kamera yhdistettiin portteihin 9 (Cam3 IN) ja 11 (Cam3 I/O).

Kameroiden paikat olivat 1. keskellä mikserikopissa, 2. lavan edessä vasemmalla ja 3. lavan edessä oikealla. Testauksessa ei havaittu ongelmia vaan kuva- ja komento-yhteydet toimivat moitteettomasti. Keikan alettua kamera 1:n kuvassa ilmeni kuitenkin ajoittaista huojumista ja komento-yhteys meni ajoittain itsestään päälle. Tämä johtui mitä ilmeisimmin kamerakuidusta. Ihmisten liikkua kaidun yli, sen päällä ollut kumimatto ei mahdollisesti antanut tarvittavaa suojaa vaan antoi kaidun taittua liikaa mikä aiheutti häiriöitä yhteyteen. Mutta koska käytössä oli kolme kameraa ei yhden kameran satunnaiset häiriöt haitanneet kuitenkaan kuvauksen läpiviemistä.

Lauantaina 10.9. oli vuorossa tuotannon viimeinen päivä ja toisen yhteyden eli Paukkumaissin keikan kuvaus. Tuotannon vaiheet olivat samat kuin edelliselläkin kerralla, joten niihin ei paneuduta enempää. Tuotannon päätyttyä oli vuorossa työryhmän kanssa tuotannon purku ja laitteiston paikalleen laittaminen. Kuvattu materiaali jätettiin talteen studion palvelimelle ja perjantain sekä lauantain tuotannoista tehtiin taltioinnit DVD-levyille.

## 6 TULOKSET

Tuotanto sujui kokonaisuudessaan hyvin ja suuremmilta ongelmilta vältyttiin. Rakennettu kuituverkko toimi odotusten mukaan hyvin, yhden kamerayhteyden paria pätkimistä lukuunottamatta. Tapahtumaa varten rakennetun kuituyhteyden pituus E/D –jakamosta tapahtumapaikalla sijaitsevaan multiplekseriin oli 150 metriä. Siitä yhteydet kameroille vedettiin 10 metrin mittaisella kamerakuidulla sekä 150 metrin mittaisilla kuitukeloilla. Studion ja E/D –jakamon yhdistävän sisäverkon pituus on arviolta 200 metriä [14] joten yhteyden kokonaispituus, noin 450 metriä. Yhteyden suojaus toteutettiin vetämällä valokuitu suojakouruun muiden tapahtumaa varten tehtyjen kaapelivetojen yhteyteen. Koska yhteys oli näinkin lyhyt ja se oli toteutettu käyttäen yksimuotokuitua, kaapelin aiheuttama vaimennus oli häviävän pieni. Jokainen liitin sen sijaan vaimensi signaalia noin 0,5dB mikä vastaa karkeasti yhden kilometrin kaapelivaimennusta [14]. Yhteydessä kameran ja studion välillä liittimiä oli arviolta noin 10kpl, mikä nostaa yhteyden kokonaisvaimennuksen on noin 6dB:n

paikkeille. Noin pienellä vaimennuksella ei vielä ole huomattavaa vaikutusta yhteyden laatuun. Kuten aiemmin on mainittu, rajana yhteyden toiminnalle voidaan pitää 20 desibeliä, vaikka joissakin poikkeustapauksissa yhteys saattaa kestääkin jopa 25dB:n vaimennuksen. [14.]

Eri tapahtumista kuvattu materiaali oli kaiken kaikkiaan laadultaan hyvää, vaikka lauantain kuvaolosuhteet olivatkin hieman hankalat johtuen valaistuksesta. Keikka kuvattiin aamupäivällä, joten teltan läpi tuleva auringonvalo vaikeutti kuvausta ja kameroiden säätöä. Kaikki tuotannot tallennettiin studion palvelimelle ja 20-vuotisjuhla lisäksi streamattiin, eli suoratoistettiin suorana CampusTV:n verkkosivujen kautta. Perjantain ja lauantain tuotantoja ei streamattu verkkoon, vaan niistä tehtiin tallenteet DVD-levyille.

Tuotantoja ei olisi ollut mahdollista toteuttaa samalla tavalla ilman kuituyhteyttä. Silloin ainoana vaihtoehtona olisi ollut käyttää kiintolevyille tallentavia kameroita ja tehdä miksaus vasta jälkikäteen. Myöskään live streamaus ei olisi ollut mahdollista.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Päätös tehdä opinnäytetyö monikameratuotannoista Kassun Karnevaaleilla osoittautui hyväksi, koska se antoi mahdollisuuden syventää opintojen aikana saatuja tietoja ja taitoja, ja soveltaa niitä itsenäisesti käytännössä. Jo tuotannon suunnitteluvaihe osoitti monet ennako-odotukset ja luulot vääriksi ja auttoi ymmärtämään, mitä kaikkea tapahtuman monikameratuotannon toteutus vaatii onnistuakseen. Jos vastaava tuotanto pitäisi järjestää uudestaan, sujuisi se varmasti nyt paljon helpommin ja nopeammin.

Työn painopiste oli kuitutekniikassa, joten vastuualueeseeni kuului kuituyhteydet sekä siihen tarvittavat laitteet. Yhteyden rakentaminen studiolta tapahtumapaikalle tuntui suunnitteluvaiheessa aluksi hankalalta toteuttaa, vaikka studio sijaitti tapahtumapaikkana toimivan kasarminaukion välittömässä läheisyydessä. Erityisesti ongelmia aiheutti ulkoisen liityntäpisteen puuttuminen rakennuksen ulkoseinästä, joten yhteys oli pakko vetää rakennuksen sisältä. Ensimmäisenä vaihtoehtona kuituyhteyden kulkureitille saimme ehdotuksen vetää kuitu suoraan studion vieressä sijaitsevasta kytkentäkaapista ikkunan kautta ulos Mikpolin katolle ja sieltä kirjaston katon kautta tapahtumapaikalle. Tämä vaihtoehto tuntui kuitenkin epäkäytännölliseltä

ja hankalalta toteuttaa, lisäksi se olisi tarkoittanut suuren suojaamattoman ikkunan jättämistä auki koko Karnevaalin ajaksi tai kuidun purkamista jokaisen tapahtuman jälkeen. Toinen vaihtoehto olisi ollut vetää kuitu Mikpolin käytävien kautta rakennuksen katolle, mutta siinä olisi tullut ongelmaksi ovien hälyytysten päällekytkeytyminen yön ajaksi. Lisäksi latioilla lojuva kuitu olisi pitänyt suojata jollakin tapaa. Hylkäsimme myös sen ehdotuksen ja päädyimme pienestä vastustuksesta huolimatta mielestämme parhaaseen vaihtoehtoon, joka oli kuljettaa signaali ammattikorkeakoulun omaa kuituverkkoa käyttäen studiolta tapahtumapaikan edustalla sijaitsevan E/D-rakennuksen jakamoon ja sieltä edelleen tapahtumapaikalle. Näin kuituedosta saatiin lyhyempi, joten se olisi vähemmän altis hajoamiselle. Vastaavanlainen sisäistä kuituverkkoa mahdollisimman paljon hyödyntävä toteutus on syytä ottaa huomioon myös mahdollisissa tulevilla Kasarmin kampuksella järjestettävissä tuotannoissa.

Käytännön työskentely valokuitujen parissa auttoi ymmärtämään kuitujen suojauksen tärkeyden ja kuidun päiden puhtaanapidon merkityksen yhteydelle. Jos yhteys ei kuidun kytkemisen jälkeen muodostu, on vika hyvin usein likaisessa kuidun päässä. Jo pienikin pölyhiukkanen voi häiritä lähetettävää valopulssia niin, ettei se enää kulje kuidun päästä suoraan vastaanottimeen. Myös liittimien määrä kannattaa pitää mahdollisimman vähäisenä ja turhia jatkoksia välttää, koska ne vaikuttavat yhteyden laatuun heikentävästi. Tuotannossa käytetty yhteyskuitu jakamon ja multiplekserin välillä oli riittävästi suojattuna, mutta yhden kamerakuidun suojaus oli mahdollisesti hieman puutteellinen. Ihmisten liikkua kuitun yli, sen päällä ollut kumimatto ei mahdollisesti antanut tarvittavaa suojaa, vaan antoi kuidun taittua liikaa mikä aiheutti ajoittaisia häiriöitä yhteyteen. Tulimme tähän johtopäätökseen, koska kuidun päiden ja liittimien puhdistaminen ei poistanut ongelmaa. Yhden kameran muutama häiriö ei kuitenkaan haitannut ratkaisevasti kuvauksen läpiviemistä, koska ohjaajan käytössä oli kuitenkin kaksi täysin toimivaa kamerayhteyttä. Vastaavaa tuotantoa järjestettäessä kannattaa tulevaisuudessa kiinnittää erityistä huomiota kuitujen suojaukseen ja sijoitteluun. Myös kuitujen päät kannattaa pitää hyvin suojattuna ja puhdistaa huolellisesti ennen kytkemistä. Yhteyden testaukselle kannattaa varata tarpeeksi aikaa ja mahdollisuuksien mukaan voisi harkita myös mittalaitteiden käyttöä, jotta yhteyden laatu voidaan varmistaa mahdollisimman hyvin.

**LÄHTEET**

- 1 Anttalainen, Tarmo. Introduction to Telecommunications Network Engineering. Norwood: Artech House. 1998.
- 2 Granlund, Kaj. Tietoliikenne. Jyväskylä: WSOYpro : Docendo. 2007
- 3 Kuitu.net. Kuidun toiminnan perusteet. Verkkodokumentti. [http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen\\_liityntaverkko](http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko). Päivitetty 2006. Luettu 9.11.2011.
- 4 Mustakangas, Raimo. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. PDF-dokumentti. <http://www.helkamabica.fi/pdf/FlashCord-fi.pdf>. Päivitetty 2004. Luettu 15.11.2011
- 5 Senior, John M. Optical Fiber Communications: Principles and Practice Second Edition. New York : Prentice Hall. 1992.
- 6 Tietoa aallonpituuskanavoinnista. Verkkodokumentti. <http://users.evtek.fi/~karisv/optiv2004/luento3.htm>. Päivitetty 23.9.2004. Luettu 27.10.2011.
- 7 Tietoa infrapuna absorptiosta. Verkkodokumentti. <http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/molspec/irspec1.htm>. Ei päivitystietoja. Luettu 14.11.2011.
- 8 Tietoa ultravioletti absorptiosta. Verkkodokumentti. <http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/molspec/uvvisab1.htm>. Ei päivitystietoja. Luettu 14.11.2011.
- 9 Holttinen, Jarmo. Ciscon verkkoakatemia – 1. vuosi. Helsinki : Edita, IT Press. 2002.
- 10 Tietoa kohinasta. Verkkodokumentti. [http://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom\\_principles/noise.shtml](http://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom_principles/noise.shtml). Ei päivitystietoja. Luettu 7.11.2011.
- 11 SDI-liitäntä. Verkkodokumentti. [http://www.canon.fi/For\\_Home/Product\\_Finder/Camcorders/High\\_Definition\\_HD/tech/HD-SDI.asp](http://www.canon.fi/For_Home/Product_Finder/Camcorders/High_Definition_HD/tech/HD-SDI.asp) Päivitetty 9.12.2009. Luettu 25.10.2011.
- 12 Kuitumuuntimen ohjekirja. Telecast CopperHead Manual. 2002
- 13 Telecast Mamba multiplekseri. Verkkodokumentti. <http://www.telecast-fiber.com/multichannel-cwdm-management-system/>. Ei päivitystietoja. Luettu 25.10.2011.

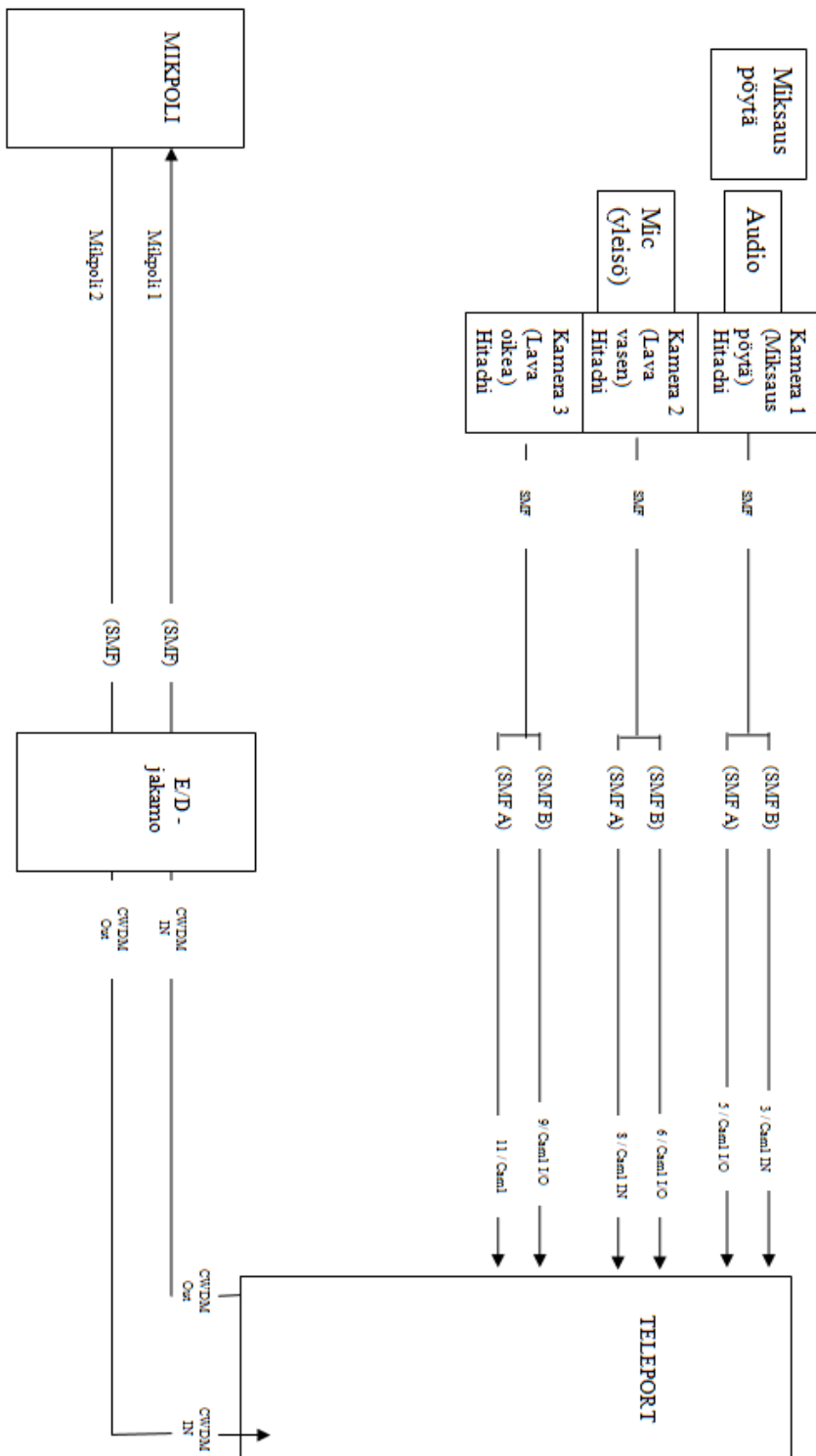


- 14 Lappalainen, Pauli 2011. Henkilökohtainen tiedonanto. 21.11.2011. Laboratorioinsinööri. Informaatio- ja mediatekniikan laitos.
- 15 Hitachi V21-W ohjekirja. Digital Camera V21-W / V21 operating instructions.

**LIITE 1.**  
**Videokaavio**

KASSUN KARNEVAALIT 7.-10.9.2011

Videokaavio



# KASSUN KARNEVAALIT 7.9. - 10.9.2011

## TUOTANTOKÄSIKIRJA

Tuotannon sisältö.....	2
Yhteystiedot.....	2
Tuotannon kulku.....	3
Kamerat ja kuvakoot.....	3
Äänet.....	4
Varustelista.....	4

**Tuotannon sisältö**

Mikkelin ammattikorkeakoulu tuottaa Informaatio- ja mediatekniikan laitoksen opiskelijatyönä osana opiskelijoiden opinnäytetyötä 7.-10.9.2011 monikameratuotannon Kassun karnevaaleista. Kassun karnevaalit järjestetään Kasarmin kampuksen paraatikentälle pystytettävässä n. 1000 hengen juhlateltassa. Tarkoituksena on kuvata keskiviikkona 7.9. MAMK:n 20-vuotisjuhla, joka alkaa klo 19:00 ja päättyy 21:00. Tämä tapahtuma streamataan CampusTV:n verkkosivujen kautta. Perjantaina 9.9 kuvataan Osmos Cosmoksen keikka, josta tehdään myös tallenne. Keikka on merkitty aika välille klo 21 – 24. Lauantaina kuvataan Paukkumaissin esiintyminen klo 11 – 14, josta myös tehdään tallenne. Kaikki tapahtumat kuvataan kolmella kameralla.

**YHTEYSTIEDOT***Tuotannon vastuuhenkilöt / MAMK*

Tomi Numento		yhteystiedot piilotettu
--------------	--	-------------------------

*Tuotannon yhteyshenkilöt / asiakas*

Olli Järvenkylä		yhteystiedot piilotettu
-----------------	--	-------------------------

Pete Kiisseli /Osmos Cosmos		yhteystiedot piilotettu
-----------------------------	--	-------------------------

Kari Hulkkonen /Paukkumaissi		yhteystiedot piilotettu
------------------------------	--	-------------------------

**Tuotantotiimi ja vastualueet****Mikpoli:**

Tomi Numento		yhteystiedot piilotettu
--------------	--	-------------------------

Janne Saarela	ohjaaja/kuvamiksaus	yhteystiedot piilotettu
---------------	---------------------	-------------------------

Jani Töllikkö	tekniikka/kamera	yhteystiedot piilotettu
---------------	------------------	-------------------------

Timo Vainikka	kamera	yhteystiedot piilotettu
---------------	--------	-------------------------

Jarkko Kerminen	kamera	yhteystiedot piilotettu
-----------------	--------	-------------------------

Juha Kärkkäinen	Kamera	yhteystiedot piilotettu
-----------------	--------	-------------------------

Henri Romo	Kamera	yhteystiedot piilotettu
------------	--------	-------------------------

## **Tuotannon kulku**

Tiistai 6.9.2011

- Tavaroiden tarkistus, testaus ja pakkaus
- Akut lataukseen
- Serverin tyhjennys?

Keskiviikko 7.9.2011

- Tekniikan rakentaminen ja testaus
- 20-vuotisjuhlan kuvaus klo 19-21
- Tekniikan purku

Perjantai 9.9.2011

- Tekniikan rakentaminen ja testaus
- Osmos Cosmoksen keikan kuvaus klo 21-24
- Tekniikan purku

Lauantain 10.9.2011

- Tekniikan rakentaminen ja testaus
- Paukkumaissin keikan kuvaus klo 11-14
- Tekniikan purku

## **Kamerat ja kuvakoot**

### **CAM1**

Ykköskamera (Hitachi) sijaitsee n. 20 metrin päässä lavasta miksauskopissa (miksauskopin viereen rakennetulla korokkeella) mahdollisimman lähellä äänipöytää, jotta äänet voidaan vetää kameraan mahdollisimman pienellä vaivalla. Kuvissa on olennaista, että koko lava tulee aluksi kuviin, muutoin kuvakoko rajataan mahdollisimman tiukaksi (n. LKK). Ykköskameralla yritetään saada myös näyttävät valot mukaan.

## **CAM2**

Kakkoskamera (Hitachi) sijoitetaan yleisöstä katsottuna lavan vasempaan reunaan, sille rakennetulle korokkeelle. Sen pääasiallinen tehtävä on poimia mielenkiintoisia yksityiskohtia kuviin. Kuvakoot ovat puolilähikuvasta aina erikoislähikuvaan. (PLK -> LK -> ELK) Erityisesti soolot ym. tulisi saada poimittua kakkoskameralle. Kameramiehen tulee suojata kuulonsa korvatulpilla ja/tai melusuojilla. Komentoyhteys siihen korvaan, joka on pois päin lavasta.

## **CAM3**

Kolmoskamera (Hitachi) sijoitetaan yleisöstä katsottuna lavan oikeaan reunaan (screeniä lähinnä), sille rakennetulle korokkeelle. Tällä kameralla kuvataan melko laajaa kuvaa, yleisön reaktioita sekä kokokuvasta aina puolikuvaan ja puolilähikuvaan (KK -> LPK -> PK -> PLK). Kolmoskamera keskittyy kuvaamaan laulajia. Kuvaajalle korvatulpat ja komentoyhteys kuten kamerassa 2.

Kamerat 2 ja 3 mukautuvat tehtävissä ohjaajan komentoihin ja valoisuusolosuhteisiin. Esimerkiksi jos lavan valot osoittaa suoraan kameraan tietyssä kuvakulmassa, pyritään välttämään sitä.

## **Äänet**

Äänet otetaan suoraan päälavan miksauspöydästä master out -linjasta xlr-kaapelilla kamera ykkösen kautta. Yleisöäänet saadaan mikittämällä 2 tai 3 kamera Shuren mikrofoniilla. Äänimiehen tulee tarkistaa, että programmiin ajettava ääni tulee oikeasta linjasta.

## **Varustelista**

### **Kamera #1:**

-Kamera

-19 x zoom

- 4 johtoa (remote, signal, xlr (aux video), gen lock)
- Näyttö ja sen kiinnike
- Virtalähde ja virtajohto (15m)
- Jalustalevy
- Käyttöohjaimet 2kpl (Zoomi ja Tarkennus)
- Linssin suoja
- Copperhead ja akku
- Headset ja siihen ruskea välikappale
- Kuitujohtoa (SMF) kela
- Audio (XLR-XLR) 50m
- Jalusta ja kahvat x 2

**Kamera #2:**

- Kamera
- 12 x zoom
- 4 johtoa (remote, signal, xlr (aux video), gen lock)
- Näyttö ja sen kiinnike
- Virtalähde ja virtajohto (10m)
- Jalustalevy
- Käyttöohjaimet 2kpl (Zoomi ja Tarkennus)
- Linssin suoja
- Copperhead ja akku
- Headset ja siihen ruskea välikappale
- Kuitujohtoa (SMF) kela
- Audiojohto (XLR) 30m
- Jalusta ja kahvat x 2

**Kamera #3:**

- Kamera
- 19 x zoom
- 4 johtoa (remote, signal, xlr (aux video), gen lock)
- Näyttö ja sen kiinnike
- virtalähde ja virtajohto 5m
- käyttöohjaimet (zoomi)

- Jalustalevy
- Linssin suoja
- Copperhead ja akku
- Headset ja siihen ruskea välikappale
- Kuitujohtoa (SMF) n.10m (irtonainen)
- Jalusta kahvoineen

**Muut:**

- ”Inttikuitu”
- Kuitujen tarvikesalkku ja kuituputsain
- Telecast Teleport –mediamuunnin
- PagLoc akkuja 6kpl ja laturi
- Mikrofoni ja teline
- 2 x XLR-kaapelia (äänipöytään paluu ääni)
- Koaksaalikaapeli (screen)
- Virtajohtoja
- Nippusiteitä
- Roudarinteippi
- Muovipusseja

**Varalle:**

- Koaksaalikaapeli (BNC)
- Kuitujohtoa (SMF) pitkä, sininen kela
- Virtajohtoja
- Audiojohtoja (XLR)

**Kuvausohje, jos et kuule komentoja**

Aloituskuva kamera 1:stä. Laaja kuva, koko lava näkyy. Zoomaus sisään kokokuvaksi bändistä/juontajasta.

Bändin lavalle tulo kuvataan kameralla 2 tai 3.



## **LIITE 2(7).**

### **Tuotantokäsikirja**

Kitara- ym. soolot kameralla 2. Lähikuvaa, erikoislähikuvaa, voi leikkiä fokuksella, jos saa varmasti skarpin lopuksi kohdalleen.

Yleisön huudatukset/laulatukset ym. kameralla 2 ja 3. Koko- ja puolilähikuvaa, pannauksia.

Kameralle esiintymiset / kitaristit kepittää vastakkain yms. näkyviin. Poimi mielenkiintoisia ja vaihtelevia kuvia.

Setin lopuksi kamera 1 zoomaa hitaasti auki, koko lava näkyviin, jonka jälkeen siirrytään grafiikoihin.

Tarjoile vaihtelevaa kuvaa. Myös liikettä ja fokuksen kanssa leikittelyä. Jos olet kuvannut samaa kuvaa jo 15 sekuntia, on korkea aika vaihtaa sitä!