

Tallinna Ülikool
Informaatika Instituut

**Ülevaade intelligentsetest valgussüsteemidest ja
nende juhtimine arvutipõhiste juhtseadmete abil**
seminaritöö

Autor: Maddis Reitav
Juhendaja: Andrus Rinde

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	3
1 LÜHIÜLEVAADE VALGUSJUHTIMISE AJALOOST.....	4
2 VALGUSSEADMETE JUHTIMISPROTOKOLLID	6
2.1 Digital Multiplex Signal (DMX512).....	6
2.1.1 Ülevaade DMX512 protokollide käsklustest	7
2.1.2 Näide prožektori juhtimisest	10
2.2 ArtNet.....	13
2.3 Pathport	15
2.4 Remote Device Management	16
3 TUNTUMAD ARVUTIPÕHISED LAHENDUSED	18
3.1 ENTTEC DMX USB pro	18
3.2 Freestyler DMX.....	19
3.2.1 Freestyler DMX kasutuselevõtt.....	19
3.2.2 Seadmete lisamine	19
3.2.3 Programmeerimine ja testimine.....	20
3.2.4 Freestyler DMX-i eelised ja puudused.....	21
3.3 Martin LightJockey.....	23
3.3.1 Kasutuselevõtt.....	23
3.3.2 Juhitavate valgusseadmete lisamine.....	23
3.3.3 Liikumise programmeerimine ja testimine	24
3.3.4 Martin Lightjockey eelised ja puudused	25
4 HÜBRIIDKONTROLLERID	26
4.1 Avolites Pearl Expert.....	26
KOKKUVÕTE.....	28
Kasutatud kirjandus.....	29

SISSEJUHATUS

Ühel korralikult organiseeritud kontserdil on edukalt toimiv valgustus samavõrd tähtis ja vajalik, kui hästi seadistatud heli. Valguslahendused varieeruvad ja neid kasutatakse väga erinevalt kontsertidel, teatrietendustel, ööklubides – mistahes lavashowdel. Selles valdkonnas edukaks olemiseks peab teadma, kuidas luua üks hästi toimiv valgusshow, mis standarditel on kõige mõistlikum valgussüsteem üles ehitada, kuidas toimub tervikliku valgusshow programmeerimine erinevatel juhtseadmetel, mismoodi luua kogu show-st 3D mudel ning värviteooria, füüsika, elektroonika ja mehhaanika seaduspärasusi. Eestis on sellise eriala õppimise võimalus üpris piiratud ja enamuse valgustehnikuid, kes selle erialaga tegelevad, on iseõppinud. Paljudel neist puuduvad teoreetilised teadmised ning seetõttu ei osata luua seoseid valgussüsteemidega seotud mõistetega.

Mujal maailmas saab valguseriala õppida väga suure ja tugeva teoreetilise põhjaga, kõige kõrgemal tasemel USA-s asuvas USITT-is (*United States Institute of Theatre Technology*), mis kuulub esimeste ülikoolide hulka, kus on võimalik omandada valgustehniline kõrgharidus.

Käesoleva seminaritöö eesmärk on anda ülevaade erinevatest olemasolevatest valgussüsteemidest, nende ülesehitusest ning eraldi osana ka arvutipõhistest valgussüsteemidest. Samuti kirjeldatakse, kuidas on arvutite tehnoloogiline areng mõjutanud valgustehnika arengut.

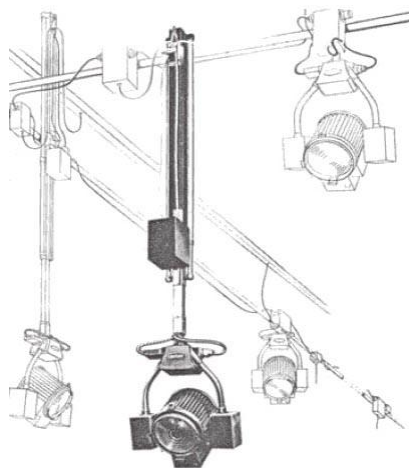
Töö jaguneb viieks erinevaks osaks: valgussüsteemide ajalugu, ülevaade üldtunnustatud standardist, mõisted seoses üldiste standarditega, valgusjuhtimine PC-arvuti platvormi vahenditega ning hübriidseade (*Avolites Perl Expert*).

1 LÜHIÜLEVAADE VALGUSJUHTIMISE AJALOOST

Järgnev peatükk annab ülevaate intelligentsete valgussüsteemide arengust.

Esimeste valguseffektide loomise vahenditena kasutati rasvaküünlaid, õlilampe, päikesevalgust, püssirohtu ning värvitud klaasidega laternaide. (*Northern: „Stage Lightning History“*. 5.01.2012)

Mehhaniseeritud valgustuse mõiste tekkis aastal 1906, kui Edmund Sohlberg patenteeris kaugjuhtimise prožektori seadme (Joonis 1) – valgusaparaadi, millel oli süsinikust valmistatud valgusallikas ja elektromehaaniline värvivahetus; väliskorpuse küljes mitmeid nõõre ning hammasrattaid, mis lubasid seadme operaatoril kaugjuhtimise teel muuta prožektori valguspunkti asukoha kõrgust mööda X telge, laiust mööda Y telge ning valguspunkti suuruse muutmist läätse abil. Kõik see toimus erinevate nõõride pikkuste muutmisel, mis olid kinnitatud kas kuhugi lakke või siis torude otsa. (*Cadena 2006: 7*)



Joonis 1 Esimene kaugjuhitav prožektor (*Cadena 2006: 11*)

1925. aastal võeti esimest korda valgusseadmetel kasutusele elektroonilised mootorid, mis liigutasid valgusaparaati ja sellega koos ka valguskiirt. Selle leiutise patenteerijaks on Herbert F. King (Patent 1,680,685). (*Cadena 2006: 7-8*)

2. märtsil 1981. aastal patenteeriti esimene arvuti abil juhitud valguse süsteem „*Computer controlled lighting system having automatically variable position, color, intensity and beam divergence*“.(*Cadena 2006: 20*)

Esimest täielikult arvutil põhinevat juhtseadet *VLI (Var-Lite 100)*, mille arendas välja *Var-Lite*, tutvustati avalikkusele 27. septembril, aastal 1981. See juhtitav seade suhtles läbi perioodilise andmevahetuse ühenduse juhtseadmega. Täpsemalt seletades: andmeid saadeti juhitavale seadmele ühe *bit*-i kaupa, mis kutsusid esile teatud muudatuse. (*Cadena* 2006: 19)

Valgusjuhtimise standardiseerimine sai alguse 1970ndatel. Esimeseks valgusprotokolliks oli *AMX192*, millele järgnes 1986. aastal *DMX512* – sellest sai alus kõikidele edaspidi ametlikult kinnitatud valgusprotokollidele (*RDM, ArtNet, Pathport*). (Everything Explained At: „*AMX192*“:5.01.2012)

2 VALGUSSEADMETE JUHTIMISPROTOKOLLID

Valgusedastamise protokolle on tänaseks mitmeid, võrgubaasil (*Ethernet*) ning samuti ka kahe suunalise signaali edastamisevõimalustega – kõige tuntum nendest on DMX512. Hiljem ametlikult kinnitatud standardid on täiendused *DMX512* protokollile. *DMX512* protokollide edasiarendus toimub lootuses võimaldada erinevate tootjate valgusjuhtpultidega ühendada aina rohkem eri valgusseadmeid. Samuti kaasatakse sellega ka seadmete ühendusvõimaluste edasiarendus, üks ühendusmeetod selleks on *Ethernet*.

2.1 Digital Multiplex Signal (DMX512)

See valgusseadmete juhtimisprotokoll arendati välja aastal 1986 *United States Institute of Theatre Technology (USITT)* poolt. 1998ndal aastal andis *USITT* *DMX512* protokollide arendamise üle *ESTA*-le (*The Entertainment Services and Technology Association*). 2004ndal aastal kiitis Ameerika Ühendriikide Standardite keskus (*ANSI*) *DMX512* protokollide standardi heaks. (*Elation: "DMX512". 05.01.2012*)

DMX512 standardi abil on võimalik edastada valgusseadmetele mitmeid erinevaid käsklusi: katik avatud/suletud (*shutter open/close*); suurenda (*zoom*); valguskiire vilkumine ehk strobo (*strobe*), tugevuse muutmine (*intensity*), liikumine mööda ettenähtud trajektoori (*pan/tilt*), värvivahetus/värv (*color*); kujutise projektsioon (*gobo*) ja keerlemine (*rotation*); prismaefekt (*prisma*). Enamus neist võtavad enda alla ühe kanali, välja arvatud liikumine mööda etteantud trajektoori, mis võtavad enda alla 2 kanalit. . (*Elation: "Cable". 05.01.2012*)

Valgusseadmed toimivad algaadressi järgi konventsiooni järgi. See tähendab, et kasutaja määrab seadmele ühe kindla baasaadressi (*base address*) ehk *DMX*-i kanali, mis reserveeritakse koos järgnevate järjestikuste aadressidega antud valgusseadmele. Näiteks määrates valgusseadmele, mis võtab enda alla viis kanalit, esimeseks aadressiks 10, reserveerib ta automaatselt ka kanalid 11, 12, 13 ja 14. (*onstagelighting: "address". 05.01.2012*)

DMX suudab korraga saata 250 000 *bit*-i andmeid sekundis, kasutades selleks *RS-485* andmete ülekandmise standardit. Tema eelkäijaks loetakse *AMX192*-te, mis juhtis valgusseadme andmeid pingetugevuse muutmisel 0-10V. (*Pangolin: "DMX". 5.01.2012*)

Valguskäskluse edastamiseks *DMX512*-signaali abil võeti kasutusele spetsiaalsed varjestatud juhtmed (Joonis 2), kus ühes otsas on isapesa (*father plug*) ja teises emapesa (*mother plug*). *DMX*-kaabel koosneb standardkujul kolmest juhtmekiust, millest ühte juhtmekiudu läbib positiivne (*DATA 1+*), teist negiivne vool (*DATA 1-*) ja kolmas on mõeldud maanduseks (*GROUND*) ning juhtme otstesse on ühendatud *XLR*-tüüpi pistikuotsad. Kolmekiulise *DMX*-kaabli kaudu edastati signaal, mis võimaldas luua primaarse ühenduse juhtseadme ja juhitava seadme vahel. Kahe juhtmekiu lisamisel (*DATA 2+* ja *DATA 2-*) oli võimalik luua ka sekundaarne ühendus, mis oli mõeldud valgusseadme signaali saatmiseks juhtseadmesse.



Joonis 2 *DMX*-kaabel (Squidoo: „*DMX Cable*“. 5.01.2012)

DMX512 standardi ülesehitus oli loodud väga lihtne – andmeid saadeti valguseadme juhtimiseks vahetpidamata. Kui üks andmepakett oli ära saadetud, järgnes sellele kohe järgmine, mis tõi esile järgmise muutuse juhittavas masinas. Kui uut käsku ei edastatud, siis saadeti sama andmepakett, mis ei kutsunud juhtseadmes esile muudatusi.

2.1.1 Ülevaade *DMX512* protokollis käsklustest

Järgnevalt on lahti seletatud *DMX512* protokollis andmepaketi edastamisega seonduvad mõisted.

IDLE – Käsklus, mis kutsutakse valgusseadmel esile siis, kui valguspuldist edastatud väärtus puudub või ei edastata ühtegi uut väärtust. Esimesel juhul püsib seade tegevusetuna ootel – kehtiva *DMX*-i andmepaketi puudumisel saadetakse *DMX*-väljundisse kõrgsagedussignaal, mis jääb *HI* (*digital high*) seisundisse, kuni edastatakse kehtiv *DMX*-i andmepakett. Teisel juhul tagab käskluse püsiva viimase käskluse andmevoo saatmise, kuni edastatakse uus väärtus, ehk ühte ja sama *DMX*-i andmepaketti saadetakse automaatselt uue andmepaketi esitamiseni. (*dmx512-online: “packet*“. 5.01.2012)

BREAK – Tähistab uue paketi saatmise algust. *DMX*-i andmepaketi edastamiseks muundub väljundi kõrgsagedussignaali *LO* (*digital low*) signaaliks. Selle käskluse läbiviimise ajaks on määratletud 88 mikrosekundit. See tähendab – mõõdetakse välja 22 *LO* signaali *bit*-i järjestikku ning *BREAK*-ide puhul arvestatakse asjaoluga, et need ei tohi olla ajaliselt lühemad kui 88 mikrosekundit, kuna juhtseade, kust impulss valgusaparaati edastatakse, omab algoritmi „*BREAK*>88 micorsecs or 22 pulses“. Selle elemendi mahuks on 22 - 250 *kbit*-i. . (*dmx512-online: "break"*. 5.01.2012)

MARK AFTER BREAK (MAB) – Element, mis eraldab *BREAK*-i ja *START CODE*-i vahelised ajalahtrid, mis on vajalik *FRAME*-i saatmise käivitamiseks. *MAB*-i edastamise ajaks on määratud 8 millisekundit ehk 2 impulssi. *MAB*-iga aga kaasnevad probleemid, kuna on kaks *DMX512* standardit – üks patenteeriti aastal 1986 ning teine aastal 1990. Nende erinevatel aastatel loodud standardite vahel tekkis konflikt, sest 1986nda aasta standardi andmeedastamise pikkus oli *MAB*-il 4 mikrosekundit, samas kui 1990ndal aastal oli see 8 mikrosekundit. Sellest on tingitud vanemate juhtimiskontrollerite ja uuemate valgusseadmete *MAB*-ide omavaheline sobimatus või valede andmete suunamine valesse kanalis. Selle elemendi suuruseks on 2-250 *kbit*-i. . (*dmx512-online: "MAB"*. 5.01.2012)

START CODE (SC) – Element väärtusega null, mis tähistab valgusväärtuste edastamise algust valgusseadmetele. Kui juhtpuldil saatetava *START CODE*-i väärtus ei ole null, siis valgusseade, millele see edastati, tuleb kohaldada saatetud väärtusele sobivaks. *START CODE* määrab, et järgnevad andmelahtrid esitavad individuaalseid valgusseadmete kanalite andmeid. Kui *BREAK* ja *MAB* on erinevate kestvustega, siis *SC* raamistikud omavad sama struktuuri ja ajastust – 11 impulssi ehk 44 mikrosekundit. Selle elemendi suuruseks on 11 *bit*-i. . (*dmx512-online: "SC"*. 5.01.2012)

CHANNEL DATA (CD) – Erinevad käsklused, mis edastati 8 *bit*-iste andmekogudena iga valgusseadme kanalile individuaalselt, väärtustega vahemikus 0-255. Andmete edastamise alustamiseks oli vaja edastada üks algus*bit* ja lõpetamiseks kaks lõpp*bit*-i. (*dmx512-online: "CD"*. 5.01.2012)

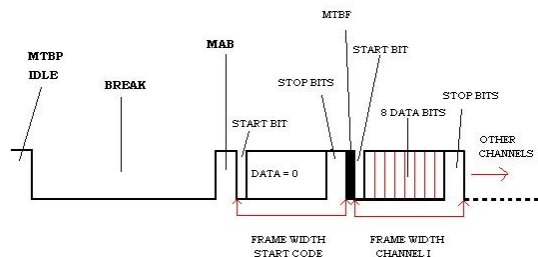
FRAME(S) – Valgusseadmele edastatavad väärtused, mis sisaldavad ühte algus*bit*-i ja kahte lõpp*bit*-i ning *START CODE*-i (ainult esimene *FRAME*) või *CHANNEL DATA*-t (järgnevad

FRAME-id). Kogu järjestikku saadetavate *FRAME*-ide suurim võimalik maht on 2 kilobyte-i. (*dmx512-online: "frame"*. 5.01.2012)

MARK TIME BETWEEN FRAMES (MTBF) – Aeg vahemikus 0 kuni 1 sekund, mis on määratud iga *FRAME*-i algusbit'i ette *FRAME*-ide omavaheliseks eraldamiseks. Mida väiksem on see aeg, seda sujuvam on andmevoo edastamine kanalisse. Selle elemendi suuruseks on 0-31,25 kilobyte-i. (*dmx512-online: "MTBF"*. 5.01.2012)

PACKET – Andmevoo kogumik, mis koosneb kõikidest eelnevatest elementidest. Kui üks *PACKET* oli edastatud, järgnes peale lühikest pausi järgmine. (*dmx512-online*. 5.01.2012)

MARK TIME BETWEEN PACKETS (MTBP) – Käsklus, mis edastab seisubite andmepakettide (*PACKET*-ite) edastamise vahel. Selle käskluse ajaliseks kestvuseks peab olema ajavahemik nulli ja ühe sekundi vahel, mille määrab valgusjuhtseadme projekteerija arvestades kasutatava juhtseadme konstruktsiooni. Selle käskluse suuruseks on 0-250 kbit-i. (*dmx512-online: "MTBP"*. 5.01.2012)



Joonis 3 DMX-protokolli andmepaketi ülekanne (*dmx512-online: "dmxpack"*. 5.01.2012)

Ülaltoodud joonisel (Joonis 3) on näidatud, milline näeb välja ühe terve andmevoo saatmine mingi teatud funktsiooni esile kutsumiseks kindlaksmääratud valgusseadmes, etteantud kanali(te)s.

Valgusseadmes kontrollitakse, millises andmete edastamise seisundis juhitud aparaat on, kas *IDLE* või *MTBP*.

Kui on tegemist *MTBP*-ga, siis eelnevalt saadetud kanalite väärtused loetakse mälust ja kirjutatakse uutega üle, iga kanali väärtus eraldi.

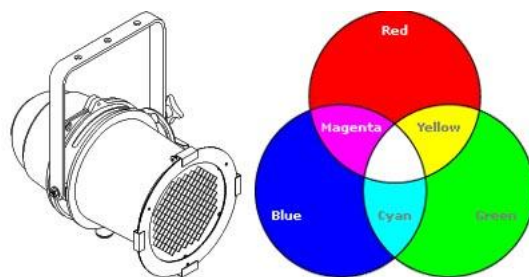
IDLE puhul edastatakse samu andmeid. *Bit*-ide edastamiseks muutub seisund *HI*-lt *LO* peale, millele järgneb *BREAK*. Impulssi edastades kutsutakse esile funktsioon *MAB*, kus *bit*-ide edastamiseks tuleb muuta signaalseisundit *LO*-lt *HI*-le. *SC* andmepakett kutsutakse esile ning signaali olek muutub *HI*-lt *LO*-le.

SC andmepaketist saadetakse kontrollbit esimesse kanalisse, mille väärtus on null, et selgitada välja, millised andmed on mõeldud valgusseadmetele. Peale kontrollbit'i edastamist võetakse järgneva *bit*-i väärtus järgmise kanali väärtuseks. Loendur nullitakse siis, kui tuvastatakse *BREAK* ning sellele järgneb *MAB* ja minnakse üle *MTBF*-i peale. *SC* andmeid hakatakse taas edastatama, kui *MTBF*-i signaali olek muutub *HI*-lt *LO*-le tagasi.

Start Code sisaldab 8 *bit*'i jagu andmeid, mis omavad kindlat väärtust vahemikus 0-255 – see kajastub valgusseadmes, määrates liikumise, projektsiooni tekitamise, värvi määramise jne. Lõppu lisatakse veel kaks *HI* seisundis stopbit-i, mis tähistavad informatsiooni edastamise lõpetamist kanali kohta.

2.1.2 Näide prožektorit juhtimisest

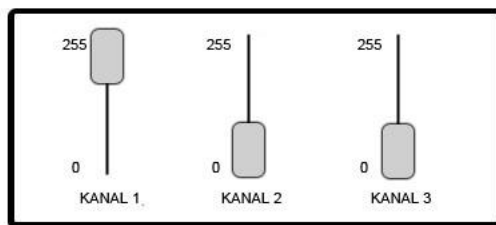
Prožektoril on punased, sinised ja rohelised diodid – igast värvist 61. Diodide on võimalik helendada panna nii eraldi, kombineeritult (tekitades kõiki teisi värve – *RGB* värvimudel) (Joonis 4), kui ka kõik värvid korraga.



Joonis 4 LED-prožektor RGB värvimudeliga (10outof10.co.uk: „PAR64“. 5.01.2012)

Valguspulti on ühendatud *LED*-prožektor, mis võtab enda alla kolm kanalit, ja selle baasaadressiks on määratud üks (Joonis 6) – see tähendab, et seade reserveerib kanalid ühest kolmeni ja reageerib vastavate kanalite alt valgusjuhtpuldist saadatud käsklustele (antud juhul liugurid 1-3). Prožektoril tahetakse helendada panna punased diodid. Selleks edastatakse valgusseadmele valguspuldist käsklus, liigutades üles esimest liugurit (Joonis 5), mis tähistab

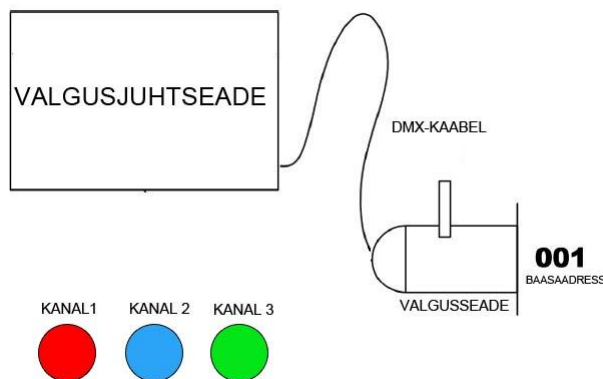
käskluste edastamist punastele diodidele, kuna nende helendamise tugevus on prožektoril määratud esimese kanali alla.



Joonis 5 Valguspult

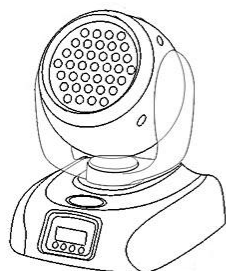
Käskluse edastamine toimub vastavalt ülaltoodud skeemile (joonis 3) – *SC*-i väärtus on mõeldud valgusseadmele (kontrollbit) ja kanali väärtus on 0. Nullkanalist tulenevalt saame esimese kanali väärtuse liites 0-ile ühe ning teise kanali väärtuse liites eelnevale väärtusele ühe juurde jne. *SC* kontrollbit-ile järgneb andmevoog, millele omistatakse kindel väärtus prožektorile edastamiseks.

Punased diodid läksid helendama. Andmete edastamise lõpetamiseks liigutame liuguri tagasi alla – kutsutakse esile käsklus, mis lisab *SC* lõppu kaks stoppbit-i.



Joonis 6 DMX-signaali edastamine juhtseadmest valgusseadmele

Käskluste edastamise tööpõhimõte säilib ka liikumist võimaldava prožektor (*LED Moving Head*) puhul, kuid kasutatavate kanalite arv on suurem (antud juhul 12), kuna värvide helendamisele lisandub ka liikumine ja teised funktsioonid (Joonis 7). Liikuvatel valgusseadmetel ei ole ühte kindlat tüüpliikumist – kallimatel valguspultidel on funktsiooni *pan/tilt* alla programmeeritud erinevad mustrid, mida vastava käskluse edastamisel valgusseade „joonistama“ hakkab; odavamate juhtseadmete puhul tuleb need ise käsitsi luua.



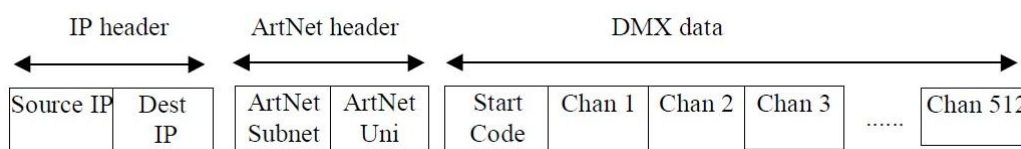
1	RGB Rainbow	000		255
2	R	000		255
3	G	000		255
4	B	000		255
5	Pan	000	Pan (8bit)	255
6	Tilt	000	Tilt (8bit)	255
7	Movement speed	000	Speed adjustment	255
8	Strobe	000	Strobe 127 128 Macro function	255
9	Inside program	Program1 Program2 Program3 Program4 Program5 Program6 Program7 Program8	Motor reset	
10	Pan rotation 16 Bit	000	Pan rotation 16 Bit	255
11	Tilt rotation 16 Bit	000	Tilt rotation 16 Bit	255
12	Dimmer	000-024	Dimmer 0-100%	025-255

Joonis 7 12-kanaliline liikuv prožektor (*LED Moving Head*) (aliexpress.com: „LED Moving Head“. 5.01.2012, en.fineart-light.com: „Channels“. 5.01.2012)

2.2 ArtNet

ArtNet-iks nimetatakse avatud protokoll, mis on välja arendatud *Artistic Licens*-i poolt. *ArtNet*-i protokoll võimaldab kanda *DMX* andmepakette üle lai- ja kohtvõrgu. Erinevalt tavavõrgust, on *ArtNet*-i võrgus oleva valgusseadme *IP*-aadress määratud olema kujul 2.x.x.x, kus x-ide väärtusteks on arvud vahemikus 0-255. *SUBNET MASK* peab olema seatud kujul 255.0.0.0 – see tähendab, et igale juhitavale valgusseadmele tuleb määrata käsitsi *Static IP*. See on vajalik ettearvamatute ühenduse rikete vältimiseks, sest sel viisil püsivad valgusseadmete *IP*-aadressid samad. Enamus juhtseadmete *IP*-aadresse genereeritakse aga automaatselt võrguliidese füüsilisel aadressil põhineva algoritmi põhjal. (*Chamsys*: “*ArtNet*”. 5.01.2012)

ArtNet-i paketid luuakse võrgu andmevoost: allika ja sihtkoha *IP*-aadressist. (Joonis 8) Sellele järgneb *ArtNet*-i *Subnet*, seejärel *ArtNet*-väljund ja viimasena *DMX*-andmepakett, mis sisaldab erinevaid väärtusi, mis on mõeldud just antud kindlale *ArtNet*-i väljundile (*Chamsys*: “*IP adress*”. 5.01.2012)



Joonis 8 *ArtNet DMX*-signaali saatmine läbi *CAT5*-e (*Chamsys*: “*ArtNet DMX data*”. 5.01.2012)

ArtNet-i andmepaketid kantakse üle võrgu igale valgusseadmele – see tähendab, et paketid saadetakse määratud *Static IP*-aadressidega valgusseadmetele korraga, nii et kõik juhitavad seadmed võrgus saaks üheaegselt samad andmed. Iga võrgustikus olev juhitav seade loeb seejärel kõiki pakette ja tuvastab, millised väljundid on tal võimalik dekodeerida.

ArtNet-i eelised võrreldes *DMX*-ga kokkuvõtvalt: (*Howell* 2007: 1-2)

- *ArtNet*-võrgusüsteem, mis põhineb *10BaseT* ülesehitusel, suudab võrreldes tava *DMX*-iga 40 korda rohkem andmeid korraga üle kanda.
- Arvutitööstus on tunduvalt suurem kui valgustööstus. Võrguseadmete kasutamine *ArtNet* valgussüsteemide ülesehitamise juures annab võimaluse kasutusele võtta madalahinnalisi arvutitooteid, nagu *HUB*-e, ning raadiosidet edastavaid seadmeid.

- Võrgukaablid on ehitatud tunduvalt odavamatest algmaterjalidest ning ei oma nii keerukat konstruktsiooni kui *DMX*-kaablid. See võimaldab kergemini mõista valgussüsteemide ülesehitamise meetodikat ka neil, kes ei ole antud alal spetsialiseerunud.
- Paljud tänapäeva hooned omavad toimivaid võrgusüsteeme. See avab võimaluse kasutada olemasolevaid kaableid moderniseerimiseks või ajutiste valgusprojektide loomiseks.
- On olemas arvuti andmeside edastamise võimalusi (*WIFI*, *ISDN*, *VPN* jne), mille abil on võimalik andmete ülekanne ühest kohast teise, ilma et loodus (jões, metsad jne) antud protsessi takistaks.
- Võrgusüsteemile üleminek tõstab valgussüsteemide töökindlust.
- *ArtNet* võimaldab korruga juhtida seadmeid mitmes ruumis korruga.
- *ArtNet* võimaldab organiseerida *DMX*-i väljundiandmeid *LTP* (*Latest Takes Precedence*) või *HTP* (*Highest Takes Precedence*) taasesitusviiside järgi.
- *ArtNet*-i süsteemi on kergem kaugjuhitavat valgusseadet integreerida.
- *ArtNet* võimaldab edastada informatsiooni valgusseadmete seisundist valgusjuhtsüsteemi.
- *ArtNet*-i kaudu on võimalik edastada video signaali

ArtNet-i puudused:

- *ArtNet*-i puhul ei saa vedada signaalijuhet ühest valgusseadmest teise, vaid peab iga seadmega ühendama eraldi kaabli.
- Kogu valgussüsteemi ülesehituseks kulub kokkuvõtvalt rohkem kaablimaterjali kui *DMX512* puhul.

ArtNet-standardiga on võimalik ühendada valgusseadmeid 32768 kanali ulatuses,. Seega sõltub ühendatavate valgusseadmete maksimaalne võimalik hulk sellest, mitut kanalit nad kasutavad – arvestada tuleb asjaoluga, et seadmete kanalite kogusumma peab mahtuma antud arvu sisse. (*Artisticlicence*: “*universe*”. 5.01.2012) Näiteks on võimalik juhtida eespool kirjeldatud kolmevärvilisi liikuvaid prožektoreid, millest igäüks kasutab 12 kanalit, kuni 2730 (Joonis 7).

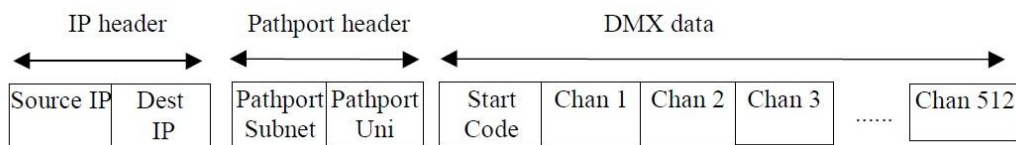
2.3 Pathport

Pathport on mõeldud alternatiivina *ArtNet*-ile, mis edastab samuti *DMX*-i andmeid üle lai- ja kohtvõrgu. Seda standardit omab ja arendab Kanadas 1985. aastal loodud firma *Pathway Connectivity Solutions*, mille rajajateks on Dave ja Mary Lou Hlggins. (*Pathway*: “About ”. 5.01.2012)

Pathport-i erinevus võrreldes *ArtNet*-iga seisneb järgnevas: kui *ArtNet* saatis andmeid kõikidele seadmetele, siis *Pathport* saadab andmeid ainult nendele seadmetele, mis parasjagu avaldavad soovi “kuulata” (ingl. k *listen*). Sellist ülekandmise meetodikat nimetakse *Multicast*-iks. (*Chamsys*: “*difference*”. 5.01.2012)

Pathport ei nõua spetsiifilist *IP*-aadressi nagu *ArtNet*, millel oli see 2.x.x.x

Pathport-i paketid luuakse võrgu andmevoost (allika *IP*-aadress ja sihtkoha *IP*-aadress), millele järgneb *Pathport*-i *SUBNET* väärtustega vahemikus 0-15, järgmisena *Pathport*-i väljund ja lõpuks *DMX*-andmepakett, mis sisaldab erinevaid väärtusi, mis on mõeldud just sellele *Pathport*-i väljundile, mis avaldas soovi “kuulata” (Joonis 9). (*Chamsys*: “*Subnet*”. 5.01.2012)



Joonis 9 DMX andmete saatmine üle *Pathport* võrgu (*Chamsys*: “*Ethernet*”. 5.01.2012)

Pathport-standardiga on võimalik ühendada valgusseadmeid 6144 kanali ulatuses – see tähendab, et kasutatavate seadmete kanalite liitsumma peab jääma selle numbriga piiratud. (*Chamsys*: “*Pathport*”. 5.01.2012) Näiteks saab 34-kanalilisi *LED Moving Head*-e ühendada kuni 180.

2.4 Remote Device Management

Remote Device Management (RDM) on valgusprotokoll, mis on *DMX512*ne edasiarendus. Kui *DMX512* andis edasi ühesuunalist signaali, siis *RDM*-i puhul on tegemist kahe-suunalise (*bi-directional*) signaali edastamisega (Joonis 10). See tähendab, et andmeid valgusjuhtseadmest edastakse juhitavatele seadmetele ja samas saab juhtseade neilt ka informatsiooni vastu. Sellepärast täiustati *DMX*-kaablilt kahe lisasoonega mis on mõeldud valgusseadmete antud hetke seisundi andmete ülekandmiseks. See standard on välja arendatud *ESTA* poolt ning avalikusele tutvustati 2006-nda aasta oktoobris. Selle standardi ametlik nimetus on: “*ANSI-ESTA E.120 Entertainment Technology - Remote Device Management over USITT DMX512*”. (Lightning Philips: „*RDM*“ 5.01.2012)



Joonis 10 Viie sooneline *DMX*-kaabel (lanirouk: „*5 pin DMX*“ 5.01.2012)

Põhjuseid käesoleva standardi kasutamiseks on veel mitmeid. Näiteks võimaldab *RDM*-standard leida valguskonsoolil üles juhitav seade, see tuvastada ning määrata seadme juhtmise jaoks aadress kaugjuhtimise teel *DMX*-kaabli kahe lisa juhtmekiu abil. Samuti saadetakse pidevat tagasisidet, mis ütleb ära kas lamp käivitus korralikult, antakse teada mootori häirest jne. See tuleb kasuks valgusseadmete osade vahetamise vajaduse planeerimisel. (Onstagelighting: „*RDM DMX*“ 5.01.2012)

RDM-standardil põhinevas valgussüsteemis paiknevad valgusseadmed tuvastatakse *UID (Unique Identification Number)* abil, mis määratletakse igale seadmele individuaalselt – selleks kasutatakse tootja ning valgusseadme *ID*-d. Iga *RDM*-valgusseadme *UID* määratlemiseks kasutatakse käsklust „*discovery*“, mis tarbib väga suures koguses arvuti resursse. Süsteem viib läbi 20 erinevat päringut, leidmaks kõikide *RDM*-valgussüsteemi ühendatud juhitavate valgusseadmete *UID*. (Onstagelighting: „*UID*“ 5.01.2012)

RDM-i tööpõhimõte baseerub väärtuste saatmisel valguskonsoolist juhitavatele seadmetele mööda *DMX512*-kaablit, mis on ühendatud valguskonsooli *RDM*-väljundisse, ning juhitavad seadmed annavad vastu vajalikku informatsiooni sisaldavat tagasisidet mööda andmeedastuskanalit. Järgneb *RDM*-i andmete ülekandmise vaibumine, mis kestab seni, kuni avaldatakse soovi edastada järgmised väärtused. Nii tarbib *RDM* 10–15% kaabli läbilaskmisvõimsusest, mitte 50% nagu *DMX512*. (Onstagelighting: „Capacity“ 5.01.2012)

RDM-standardiga on võimalik ühendada valgusseadmeid kuni 512ne kanali ulatuses.

3 TUNTUMAD ARVUTIPÕHISED LAHENDUSED

DMX Interface-id on valgusjuhtplokkid, mis on mõeldud arvuti peal olevast tarkvarast edastatud käskluste transformeerimiseks juhitavale seadmele mõistetavaks keeleks. *DMX Interface*-idel on üks väljund, kuhu on võimalik ühendada valgusseadmeid 512 kanali ulatuses. Näiteks saab sellisesse juhtblokki ühendada 42 eespool kirjeldatud *LED Moving Head*-i (Joonis 7).

Arvuti kaudu juhitavate juhtplokkide lähemaks vaatluseks katsetas autor neist kahte enimkasutatavamat (*ENTTEC DMX USB pro*-d ning *Martin Light Jockey Universal USB/DMX Interface*-i) ja kummagagi ühilduvat tarkvara. Autor annab mõlemast tarkvarast ülevaate, analüüsib kasutussõbralikkust, toob välja positiivsed ja negatiivsed omadused ning kirjeldab lihtsamate käskluste loomist.

3.1 ENTTEC DMX USB pro

ENTTEC DMX USB pro on valgusjuhtplokk, mille abil on võimalik arvuti kaudu ühendada erinevaid valgusseadmeid (Joonis 11). See juhtplokk omab ühte *DMX*-väljundit, kuhu on võimalik ühendada valgusseadmeid 512ne kanali ulatuses, ning ühte *DMX*-sisendit, kuhu on omakorda võimalik ühendada valguspult, mille alla saab määrata erinevaid käsklusi kasutades *ENTTEC DMX USB pro*-ga ühilduvat tarkvara. Seade toetab *RDM*-i ja *ArtNet*-i. Antud kontrolleriga ühilduva tarkvara testimiseks katsetati *Freestyler DMX*-i.



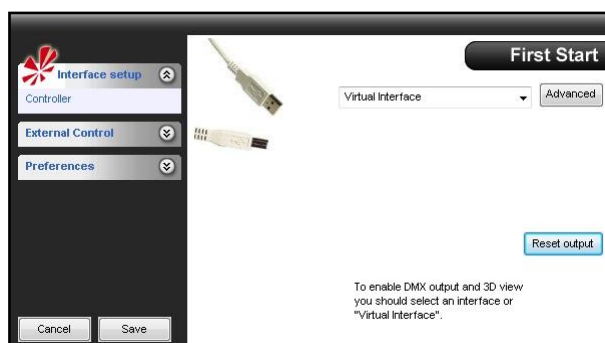
Joonis 11 ENTTEC DMX USB pro (algon: "enttec". 5.01.2012)

3.2 Freestyler DMX

Üks enim kasutatavaid valgusjuhtimisprogramme on *Freestyler DMX*. Tarkvara kuulub vabavara alla ning on võimalik alla laadida *web*-i leheküljelt: <http://www.freestylerdmx.be/>. *Freestyler DMX*-i abil valgusseadme juhtimiseks on aga vaja *DMX Box*-i (edaspidi *DMX Interface*).

3.2.1 Freestyler DMX kasutuselevõtt

Freestyler DMX-i kasutuselevõtuks tuli esmalt ühendada *DMX Interface* arvuti *USB*-pessa ja seejärel paigaldada tarkvara. *Freestyler DMX* tarkvara esmakäivitusel tuleb pärast tervitusteksti valida arvutiga ühendatud *DMX Interface*-i seade (Joonis 12). Suureks plussiks võib lugeda *Freestyler DMX* tarkvaraga ühilduvate *DMX Interface*-ide tootjate nimekirja.

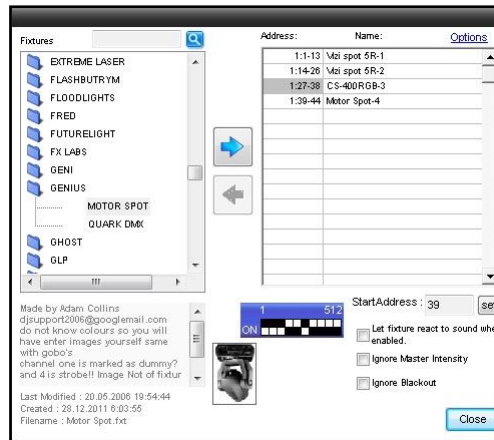


Joonis 12 *DMX Interface*-i seadistamine esmakäivitusel

3.2.2 Seadmete lisamine

Järgmiseks võeti vaatluse alla erinevate tootjate poolt valmistatud juhitavate valgusseadmete lisamise keerukus *Freestyler DMX* töökeskkonda. Tarkvara andmebaasis on erinevatele valgusseadmetele valmistatud profiilid (Joonis 13), mida on nende juhtimiseks mugav kasutada. Valgusseadmete ikoonid lisatakse *Freestyler DMX* programmi töölauale – see võimaldab valgusseadmetele sealtkaudu kiirelt ja lihtsalt käsklusi edastada.

Kui aga andmebaasis mõne valgusseadme jaoks profiili ei leidu, saab selle ise üles ehitada valides tundmatu seadme profiili (*Genius profile*) andmebaasi nimekirjast.

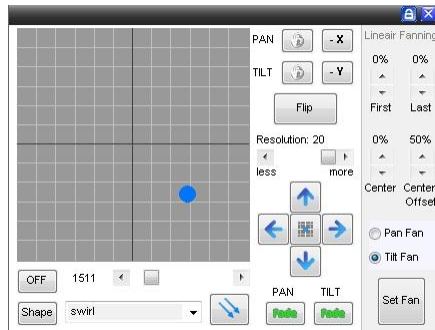


Joonis 13 Valgusprofiili loomine *Freestyler DMX* töölaual

Genius-i profiili kasutades tuli seadme lisamisel manuaalselt määrata, mitu kanalit seade kasutab ning samuti ka igale kanalile käsklus, mille järgi toimida. *Genius*-i profiilile sai kasutamiseks määrata kuni 32 *DMX*-kanalit, kuhu alla kuulusid erinevad käsklused. Praegusel juhul valiti 16 kanalit, kuhu alla määrati järgnevad käsklused: katik avatud/suletud (*Shutter Open/Close*), valguskiire tugevus (*Intensivity*), strobo (*Strobe*), valguskiire värv (*Colour*), kujundi projektsioon (*Gobo*), projektsiooni pöörlemine (*Rotation*), kujundi värisemine (*Shake*), projektsiooni suurendus (*Zoom*), prismaeffekt (*Prisma*), projektsiooni fookuseerimine (*Focus*), liikumine (*Pan/Tilt*), liikumistrajektoori korrigeerimine (*Pan fine/Tilt fine*), lamp sisse/välja (*lamp on/off*), valgusseadme liikumise kiirus mööda etteantud trajektoori (*Speed*).

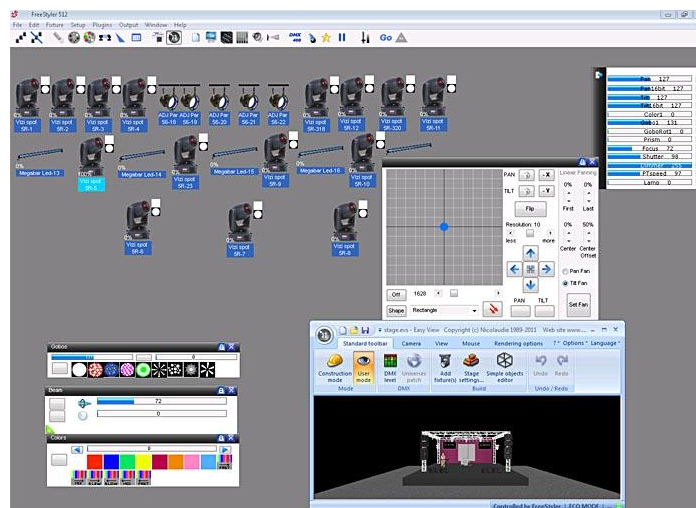
3.2.3 Programmeerimine ja testimine

Ühe lihtsa programmi tegemiseks, kus valgusseade ise liigub punktist A punkti B (Joonis 14), tuli esmalt aktiivseks teha juhitud valgusseade ja valida *tab* "*Window*" ja selle alt hüpikaken "*Create sequence*" (osadel programmidel kannab vastav käsk nime "*Create step*"). Avanenud aknas tuli vajutada märgil "+", et fikseerida programmi esimese sammuna juhitava valgusseadme kiire algasukoht (punkt A). Seejärel oli tuli klõpsata juhitava valgusaparaadi peal ning avada "*Window*" *tab*-i alt uus hüpikaken "*Pan/Tilt*". Klõpsates koordinaatteljestikus asuvale sinisele täpile ning lohistades seda ükskõik millisesse ruudustiku teise asupunkti, sai määrata valgusseadme kiire uue asukoha (punkti B). Valmis programmi liikumistrajektoori testimiseks tuli klõpsata kahe parempidise noolega nupule.



Joonis 14 Liikumisprogrammi loomine *Freestyler DMX*-is

Freestyler DMX-i 25e erineva seadmega koostatud valgusshow (Joonis 15), mis koosneb liikumistest, värvimuutustest, kujundi projektsioonidest (*gobo*) ja strobo efektist, on suurusega 439 kB, mis on ligikaudu võrdne ühe 3.2 megapikselse mobiiltelefoni kaameraga pildistatud keskmise kvaliteediga pildifailiga.



Joonis 15 *Freestyler DMX* töölaud

3.2.4 *Freestyler DMX*-i eelised ja puudused

Eelised:

- + Vabavara
- + Leidub palju *DMX Interface*-e, mis selle vabavaraga ühilduvad (*JPK USB-DMX*, *EuroLite USB-DMX*, *Sunlite 2006* ja palju teisi juhtplokk)
- + Installida on kerge, ka algaja jaoks
- + Väga palju valgusseadmete profile

- + *RDM* tugi
- + *ArtNet* tugi

Puudused:

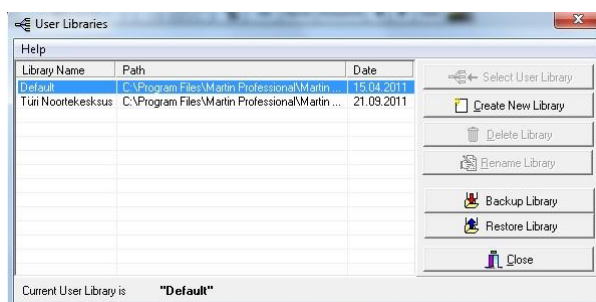
- Andmebaasis mittedisalduvatele seadmetele profiilide loomine väga keerukas ja aeganõudev
- Tervikliku programmi loomine on tehtud asjatult raskeks (näiteks ühe ööklubi tervikliku kahe tunnilise valgus*show* tegemiseks 25 prožektoriga kulus aega umbkaudselt 6 tundi,)
- Katsetamisel esines tõrkeid, mis viitavad programmi vigadele
- puudub ühilduvus *Mac OS X* operatsioonisüsteemiga
- puudub ühilduvus *Linux* operatsioonisüsteemiga

3.3 Martin LightJockey

Martin on üks suurimaid ja vanimaid turul olevaid valgustehnilisi lahendusi tootvaid firmasid, mis on loonud tarkvara, mille abil on võimalik juhtida valgusseadmeid läbi arvuti – see tarkvara kannab nime *Martin LightJockey*. Tarkvara saab laadida alla aadressilt ftp://ftp.martin.dk/controller/Lightjockey/LJ_2_95_1_large.zip. *Martin Lightjockey* tarkvaraga kaasneb *3D Vizulizer* nagu ka *Freestyler DMX*-il. Suureks erinevuseks on aga *DMX Interface*-ide ühilduvus *Martin Lightjockey* tarkvaraga – nimelt ühildub selle tarkvaraga ainult *Martin*-i enda poolt toodetud *DMX Interface*, mille maksumus jääb umbkaudu 1000€ juurde, mis on võrreldes *Freestyler DMX*-iga ühilduvate *Interface*-ide hindadega 5 korda kallim.

3.3.1 Kasutuselevõtt

Martin LightJockey DMX Interface-i kasutuselevõtuks tuli esmalt ühendada *DMX*-juhtplokk arvuti *USB*-pessa ja seejärel paigaldada tarkvara. Esmakäivitusel küsib *Martin Lightjockey* tarkvara kasutajalt, millist andmebaasi kasutada (algsätetes on selleks valikuks “*Default Library*”). (Joonis 16) Et antud andmebaasi kasutada, tuleb see teha aktiivseks ning seejärel vajutada nupule „*Select User Library*“.

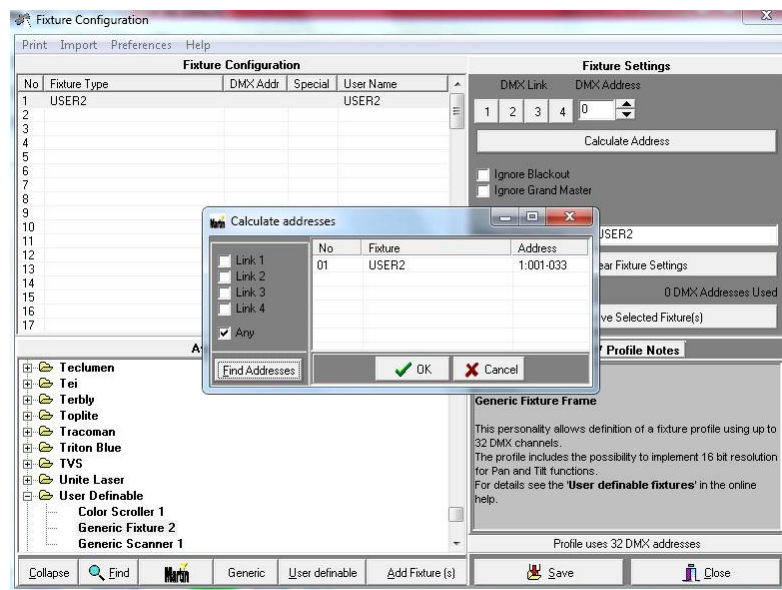


Joonis 16 Andmebaasi valimine *Martin LightJockey* esmakäivitusel

3.3.2 Juhitavate valgusseadmete lisamine

Erinevate valgusseadmete lisamine osutus üpris lihtsaks. Selleks tuli valida menüüribalt “*Setup*” ning selle alt “*Fixture Configuration*” ning avanes hüpikaken, kust avanes väga laialdane valik erinevatest valgusseadmetest, millele leidsid spetsiaalselt loodud valgusseadmete profiilid. (Joonis 17) Seadme profiili puudumuse korral tuli valida andmebaasi loendist “*User Definable*” ning valitud valgusti lisamiseks klikkides nupul “*Add Fixture(s)*“. Valgusseadme *DMX*-aadressi leidmiseks vajutati nupule „*Calculate Aadress*“ ja avanes hüpikaken, kust valiti „*Find Aadress*“,

et *Lightjockey* tarkvara ise juhitava valgusseadme DMX-aadressi üles leiaks, ning seejärel tuli vajutada “Save”, et töölauale ilmiks lisatud valgusseadme ikoon.



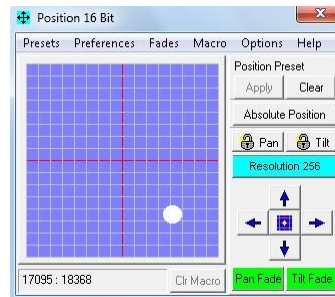
Joonis 17 Valgusseadmete lisamine *Martin LightJockey* töölauale

Andmebaasist puudu oleva valgusseadme profiili loomisel sai määrata eraldi kanalite arvu ning igale kanalile erineva käskluse (vastavalt valgusseadme kasutusjuhendile). Selleks tuli teha parem hiireklõps valgusseadme ikooni peal, mis oli *Lightjockey* töölauale tekitatud, ning valida „Define Fixture Profile“. Kui mõne kanali alla määrata suvaline selle kanali all mitteeksisteeriv käsklus, siis seade toimib ikkagi vastavalt talle tehase poolt sisse kodeeritud vastava kanali käsklusele.

3.3.3 Liikumise programmeerimine ja testimine

Prooviti luua lihtne liikumisprogramm nagu tehti seda *Freestyler DMX*-is – juhitava valgusseadme valguskiire liigutamine punktist A punkti B. *Martin LightJockey*-il oli selleks olemas funktsioon „Sequence“, mis asetseb töölaua ülasaosas tööristaribal. Sellel klikkides avanes hüpikaken, kus tuli vajutada “+” sümbolit, et fikseerida valguskiire algasukoht (punkt A). Seejärel tuli aktiivseks teha seade, millele sooviti edastada käsklusi – seda sai teha klõpsates töölaual asetseval seadme ikoonil. Liikumistejete määramiseks vajutati töölaua ülemisel tööribal nupule, millel olid kujutatud neljas erinevas suunas asetsevad nooled “Pan/Tilt“. Klõpsates ruudustikus asuvale valgele täpile, ning lohistades seda ükskõik, millisesse koordinaatvõrgustiku teise asupunkti, sai määrata valgusseadme kiire uue asukoha (punkti B) (Joonis 18). Valmis

programmi liikumistrajektoori testimiseks tuli vajutada kahe parempidise noolega nupule (*Sequence playback*) nagu see toimis ka *Freestyler DMX*-is.



Joonis 18 Lihtsa liikumise tegemine Martin *LightJockey*-is

Martin Lightjockey 25e erineva valgusseadmega koostatud valgusshow, mis koosneb liikumistest, värvimuutustest, kujundi projektsioonidest (*gobo*), strobo efektist, ning makro algoritmi järgi ehitatud vilkumistest, on suurusega 640 *kB*, mis on ligi 15 korda väiksem ühest keskmise pikkusega 320 *kbps* kvaliteediga muusikafailist.

3.3.4 Martin Lightjockey eelised ja puudused

Eelised:

- + Informatiivne kasutajatugi
- + Loogiline ja struktuurne tarkvara ülesehitus
- + Võimalusterohke
- + Leidub palju tarkvaralisasid
- + Töökindel

Puudused:

- *DMX Interface* väga kallis võrreldes *Freestyler DMX* tarkvaraga ühilduvate *Interface*-idega
- Toetab ainult *Martin*-i enda *DMX Interface*-i
- puudub *RDM*-i tugi
- *ArtNet*-i tugi puudub
- puudub ühilduvus *Mac OS X* operatsioonisüsteemiga
- puudub ühilduvus *Linux* operatsioonisüsteemiga

4 HÜBRIIDKONTROLLERID

Hübriidiks nimetatakse valgusseadet, millel on olemas kõik tavalise valgusjuhtseadme omadused – lülitid, heebliid ja seadme signaali edastamine läbi *DMX512*-ne, *ArtNet*-i või *RDM*-i – aga lisaks ka sisseehitatud arvuti, mis on oma operatsioonisüsteemiga eraldi üksus (Joonis 19). Arvuti kaudu saab jälgida muutuseid, samas toimib süsteem ka vastupidi – kui tehakse muudatus arvutis, kajastub see ka puldil. Hübriidjuhtseadme omapäradeks on võimalus määrata *MTBP*, *BREAK*-i ja *MAB*-i tsükli kestvuse aegu ja eralditoimivate süsteemide ühildatus, et pakkuda valgussüsteemi kasutajale võimalikult mitmekülgne ja laialdaste võimalustega valgusjuhtsüsteem, mis täidab kõik varasemad puudused. Hübriidvalgusseadmed on valgusjuhtsüsteemide maailma tulevikusuunaks – need abil võimaldatakse palju uut seoses valgusjuhtimisega.



Joonis 19 Hübriidkontroller (Response-box: „Hybrid“. 5.01.2012)

4.1 Avolites Pearl Expert



Joonis 20 Avolites Pearl Expert (Avolites: „Pearl Expert“. 5.01.2012)

Avolites oli üks esimesi firmasid, kes lõi hübriid-valgusjuhtsüsteemi, mille edasiarendus põhineb siiani kasutajate tagasisideme põhjal. Sellist strateegiat saab võrrelda suuremate tarkvaraarendusega tegelevate firmadega, kus tarkvara pidev täiustamine toimub samuti tagasisideme põhjal, ka peale selle kasutajateni jõudmist.

Avolites Pearl Expert-il on olemas kõik tava valgusjuhtpuldi omadused – heebid, nupud ning signaali edastamine *DMX512*-e, *ArtNet*-i või *RDM*-i kaudu. *Expert*-i teeb hübriidiks valgusjuhtpulti sisseehitatud *x86*-e arhitektuuri põhjal ülesehitatud arvutisüsteem (Joonis 20). Arvutil on *Intel Core Duo* protsessor, *Intel® Graphics Media Accelerator (GMA) 950* graafikaprotsessor ning sisseehitatud kõvaketas, kuhu peale saab salvestada valgus*show*-d. Kõvakettale on ka eraldi paigutatud *OP*-süsteem, mis kannab nime *TITAN*. (*Avolites: „Pearl Expert“*.5.01.2012)

Kui võrrelda *Avolite Pearl Expert*-i tavalise arvuti taha ühilduva *DMX Interface*-iga, siis puudub viimasel võimalus luua valgusseadmete automatiseerimine. *Avolite Pearl Expert*-i kasutades saab seadistada iga liiguri eraldi vastavalt valmistatud valgusprogrammidele ning viimasele edastatud käsklusi jälgida *Visualizer*-ist, mis kuvatakse puldiga ühendatud monitoril.

KOKKUVÕTE

Antud seminaritöö eesmärgiks oli kirjutada intelligentsetest valgussüsteemidest, tuues lühidalt välja nende ajalugu ning areng; lahti mõtestada põhimõisted, mis seonduvad *DMX (Digital Multiplex Signal)*-iga ning kirjeldada enim arvutibaasil kasutatavate valgustarkvarade praktilisust. Seminaritöö koostamise vältel tutvus autor erinevate autorite poolt kirjutatud valgustehniliste raamatute ning artiklitega, mis kirjeldasid valgussüsteemi maailma ja sellega kaasnevaid standardeid.

Tuli ilmsiks, et valgustööstus on nüüd aina enam hakanud panustama arvutialasele arendamisele, sest arvutibaasil loodud valgussüsteemid on odavamad, võimaldavad tunduvalt rohkem ning nende areng on pidev.

Valgusjuhtsüsteemide maailma tulevikusuunaks on hübriidvalgusseadmed – need annavad juurde mitmeid uusi võimalusi seoses valgusjuhtimisega.

DMX512-ne standard on kasutusel ka tulevikus, aga sellele luuakse juurde uusi võimalusi, nagu on praeguseks loodud *RDM* ja *Art-Net*.

Valgustööstuses toimub pidev edasiareng ning otsitakse uusi suundi, mida kasutusele võtta. Seega võib väita, et valgustööstus ei ole enam eraldiseisev tööstusharu, nagu oma algusaegadel, vaid kombineeritud teiste tööstusaladega, et luua võimalikult kvaliteetsed valgusseadmed või valgussüsteemid, mis oleksid klientidele kättesaadavamad.

Autor kavatseb käesoleva töö teemaga edasi tegeleda, võttes selle aluseks bakalaureusetöö koostamisel. Protsessi käigus on kavas luua arvutipõhine juhtseade, mis võimaldab kasutada ühte eespool kirjeldatud tarkvaradest ja mille abil on võimalik juhtida erinevaid valgusseadmeid, ning ehitada üles üks terviklik valgusshow.

Kasutatud kirjandus

(kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.eventa.ag>:
http://www.eventa.ag/file/2/Lichtraum/DMX_Kompendium_ENG.pdf

(Mai 2008. a.). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.elationlighting.com>:
<http://www.elationlighting.com/pdf/files/dmx-101-handbook.pdf>

Case Study: Midi Show Control to RS-232. (23. Märts 2011. a.). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a.,
allikas <http://response-box.com/>: <http://response-box.com/gear/page/2/>

*2pcs/lot,36*3W LED Moving Head Light,fast shipping .* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5.
Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.aliexpress.com/>: <http://www.aliexpress.com/product-gs/462416417-2pcs-lot-36-3W-LED-Moving-Head-Light-fast-shipping-wholesalers.html>

About DMX512. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.pangolin.com>: <http://www.pangolin.com/LD2000/dmx-about.htm>

About Us. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.pathwayconnect.com>: <http://www.pathwayconnect.com/content/view/17/39/>

About Us . (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.pathwayconnect.com>: <http://www.pathwayconnect.com/content/view/17/39/>

AMX192 explained. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://everything.explained.at>: <http://everything.explained.at/AMX192/>

Cadena, R. (2006). *Automated Lighting: The Art and Science of Moving Light in Theatre, Live Performance, Broadcast, and Entertainment.* Burlington: Elsevier Inc.

Clarke, I., Hewlett, W., & Hunt, M. (2001). *Patent nr 6175771.* Birmingham, Suurbritannia.

DecaBox – ‘DMX Slowdowner’. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://response-box.com>: <http://response-box.com/gear/decabox-dmx-slowdowner/>

DIRECT – RDM / DMX FAQ. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
www.lighting.philips.com:
http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CFAQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.lighting.philips.com%2Fgb_en%2Farchitect%2Fluminaire%2Fcontrols%2Ftraining%2FFAQ%2520DMX.pdf&ei=p1ooT77xJPSM4gSBuJTPAw&usq=AFQjCNG-_p891CRsxuqhrhiw14YYjcUwIQ

DMX Addressing. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://web.me.com/>: http://web.me.com/conleth/CreativeFutures/DMX_addressing.html

DMX Cable 5 Pin - 5m. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.ianirouk.com>: <http://www.ianirouk.com/product.php?ProductID=352>

- DMX512*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.usitt.org>:
<http://www.usitt.org/Resources/Standards2/DMX512/DMX512FAQ#a17>
- DMX512*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.theater-technisch-lab.nl>: <http://www.theater-technisch-lab.nl/dmxen.htm>
- download*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.chamsys.be>:
<http://www.chamsys.be/download/manuals/dmxethernetandartnet.pdf?dl=44>
- download*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.chamsys.be>:
<http://www.chamsys.be/download/manuals/magicqpcdmxinterfaces.pdf?dl=44>
- ENTTEC DMX USB Pro Interface*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.algon.de>: http://www.algon.de/algon_shop/de/DMX-USB-Interface/Lichttechnik/ENTTEC-DMX-USB-Pro-Interface
- Ernst, M. (August 2008. a.). *The DMX Portal*. *CIRCUIT CELLAR*.
- Howell, W. (2007). *Application Notes*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.artisticlicence.com>:
<http://www.artisticlicence.com/WebSiteMaster/App%20Notes/appnote013.pdf>
- imageRepository*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://en.fineart-light.com>: <http://en.fineart-light.com/imageRepository/da856cf5-2089-4011-85bc-7f4bd25557e1.jpg>
- PAR Lanterns*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.10outof10.co.uk> : http://www.10outof10.co.uk/acatalog/p64_od.gif
- Pearl Expert*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas
<http://www.avolites.com/>: <http://support.avolites.com/avo/products/expert.htm>
- Rosenfield, A. (kuupäev puudub). *Uplighting 101 for DJ's/Theatre/Event Managers, etc* . Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.squidoo.com>:
http://www.squidoo.com/uplighting-how-to?utm_source=google&utm_medium=imgres&utm_campaign=framebuster
- Sayer, R. (18. Juuli 2007. a.). *DMX Stage Lighting Systems*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.onstagelighting.co.uk>: <http://www.onstagelighting.co.uk/lighting-equipment/stage-lighting-control/dmx-lighting-systems/>
- Sayer, R. (12. Märts 2008. a.). *HTP vs LTP – Lighting Desk Basics 5*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.onstagelighting.co.uk>: <http://www.onstagelighting.co.uk/learn-stage-lighting/http-vs-ltp-lighting-desk-basics-5/>

- Sayer, R. (6. August 2008. a.). *rdm-dmx-guide*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.onstagelighting.co.uk>: <http://www.onstagelighting.co.uk/lighting-equipment/stage-lighting-control/rdm-dmx-guide/>
- Schiller, B. (2011). *The Automated Lighting Programmer's Handbook*. Burlington: Elsevier Inc.
- STANDARDS. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.alia.com.au>: <http://www.alia.com.au/standards/standard.htm>
- Uijar, K. (kuupäev puudub). *THE DMX512 PACKET*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.dmx512-online.com>: <http://www.dmx512-online.com/pack.html>
- websitefiles*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.whitelight.ltd.uk/>:
http://www.whitelight.ltd.uk/uploaded/images/websitefiles/C003_RDM.pdf
- What is it?* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www.rdmprotocol.org/>: <http://www.rdmprotocol.org/what-is-it/>
- Wild, L. (12. Juuni 2011. a.). *A Brief Outline of the History of Stage Lighting*. Kasutamise kuupäev: 5. Jaanuar 2012. a., allikas <http://www3.northern.edu>:
<http://www3.northern.edu/wild/LiteDes/ldhist.htm>