

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tieto- ja viestintäteknikka koulutusohjelma

Ossi Kajo

OPETTAJANPÖYDÄN TEKNIIKAN UUDISTAMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2019
Tieto- ja viestintäteknikka

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Ossi Kajo

Nimeke
Opettajanpöydän tekniikan uudistaminen

Toimeksiantaja
Joensuun Normaalikoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Joensuun Normaalikoulu.

Opinnäytetyön tavoitteena oli uudistaa koulun opettajienpöytien tekniikka nykypäiväisemmäksi vanhojen analogisesti kytkettyjen videotykkien tieltä ja uudistaa ohjausjärjestelmä helposti muokattavaksi eri luokkatilojen välillä. Ohjausjärjestelmän toteutettiin Extron:in ohjauspaneileilla ja niiden logiikka ohjelmoitiin Global Configurator Plus-ohjelmistolla. Lisäksi opinnäytetyössä huomioidaan pöydän muiden laitteiden, kuten HDMI-valitsimen, dokumenttikameran, langattomien peilausjärjestelmien ja verkkokytkimen, toimivuus.

Projektin lopputuloksena syntyi uudet opettajanpöydät, joissa kuva siirretään täysin digitaalisesti uusille kosketusnäytöille, ja käytössä on uudet selkeät ohjausjärjestelmät.

Kieli
suomi

Sivuja
Liitteet

15
1

Asiasanat

ohjausjärjestelmä, AV-järjestelmä, opetusteknologia, luentotila



THESIS
May 2019
Information and Communications
Technology
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Ossi Kajo

Title
Renewing technology of teacher desks

Commissioned by
Joensuun Normaalikoulu

Abstract

This thesis was assigned by Joensuun Normaalikoulu.

The purpose of this thesis was to renew technology of teachers desks to match current date's tech by moving away from analogically connected video projectors and renewing control systems to easily upgradeable between different classrooms. This project was carried out with Extron's control systems and tool for logic programming was Global Configurator Plus. Also project cover functionality of other devices on desks like HDMI switcher, document camera, wireless mirroring system and network switch.

The result of the project was renewed teacher desk where picture signal is carried over digital signal to new touch screens and new control systems are clearer for users.

Language

Finnish

Pages

15

Appendices

1

Keywords

control systems, AV control system, lecture room

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Tietoja toimeksiantajasta.....	6
1.2	Opinnäytetyön rajaukset	6
2	Toteutus	6
2.1	Pöydän tekninen sisältö	6
2.2	Verkon toteutus.....	7
2.3	Ohjauspaneelien ohjelmointi	7
2.4	Muuttajat	8
2.5	Monitorit	9
2.6	Verkon toteutus.....	9
2.7	Järjestelmän automaattinen sammutus	10
2.8	Tekninen toiminta.....	11
2.9	Näytön langaton peilaus.....	11
2.10	Ongelmatilanteet	12
2.11	Ohjauspaneelin versiopäivitys 2	15
3	Pohdinta.....	16
	Lähteet.....	18

Liitteet

Liite 1 Pöydän kytkennät

1 Johdanto

Joensuun normaalikoulu oli päivittänyt opettajienpöydän tekniikan 2000-luvun alkupuolella (kuva 1). Tekniikaltaan vanha ohjausjärjestelmä (kuva 2) oli suunniteltu toimimaan analogisen signaalin kanssa, ainoastaan ohjaamaan tietyn merkkisiä videotykkejä ja ohjelmointi oli yhden ulkopuolisen tahon takana, joten vanha järjestelmä ei ollut enää suotava ratkaisu uudistusta kaipaaviin opettajienpöytiin. Opinnäytetyön tavoitteena on uudistaa opettajanpöydän tekniikka toimimaan digitaalisen signaalin kanssa, kehittää ohjausjärjestelmä toimimaan uusien kosketusnäyttöjen kanssa ja pitää järjestelmä helposti muokattavana mahdollisten laitteistojen muutoksien myötä myös tulevaisuudessa. Tavoitteena on myös huomioida ekologisuus, koska välillä luokkiin on jäänyt videotykki päälle yöksi.



Kuva 1. Vanhan opettajanpöydän tekniikka



Kuva 2. Vanhan opettajanpöydän ohjauspaneli

1.1 Tietoja toimeksiantajasta

Joensuun Normaalikoulu on Suomen suurin harjoittelukoulu, se kattaa 3 eri toimipistettä, noin 1500 oppilasta ja noin 130 opettajaa.

1.2 Opinnäytetyön rajaukset

Tähän opinnäytetyöhön ei kuulu laitteiden valitseminen tai hankinta. Verkon ylläpito on tietohallinnolla. Langattomien peilauslaitteiden suhteen käsitellään ainoastaan ensimmäisen osapuolen laitteita muiden toimittajien aikataulujen takia.

2 Toteutus

Pöytiä asennetaan kummallekin koululle, Länsikadun sekä Tulliportin pisteelle. Tekniikaltaan uudet pöydät ovat melkein identtiset, ainoana erona Länsikadun pöydissä tietokoneen kuva on vedetty suoraan kosketusnäytölle Displayport-kaapelin avulla, kun taas Tulliportin koululla tietokoneen kuva ajetaan Displayport-HDMI adapterilla HDMI-valitsimelle.

2.1 Pöydän tekninen sisältö

Uudet tekniikkapöydät koostuvat seuraavista osista:

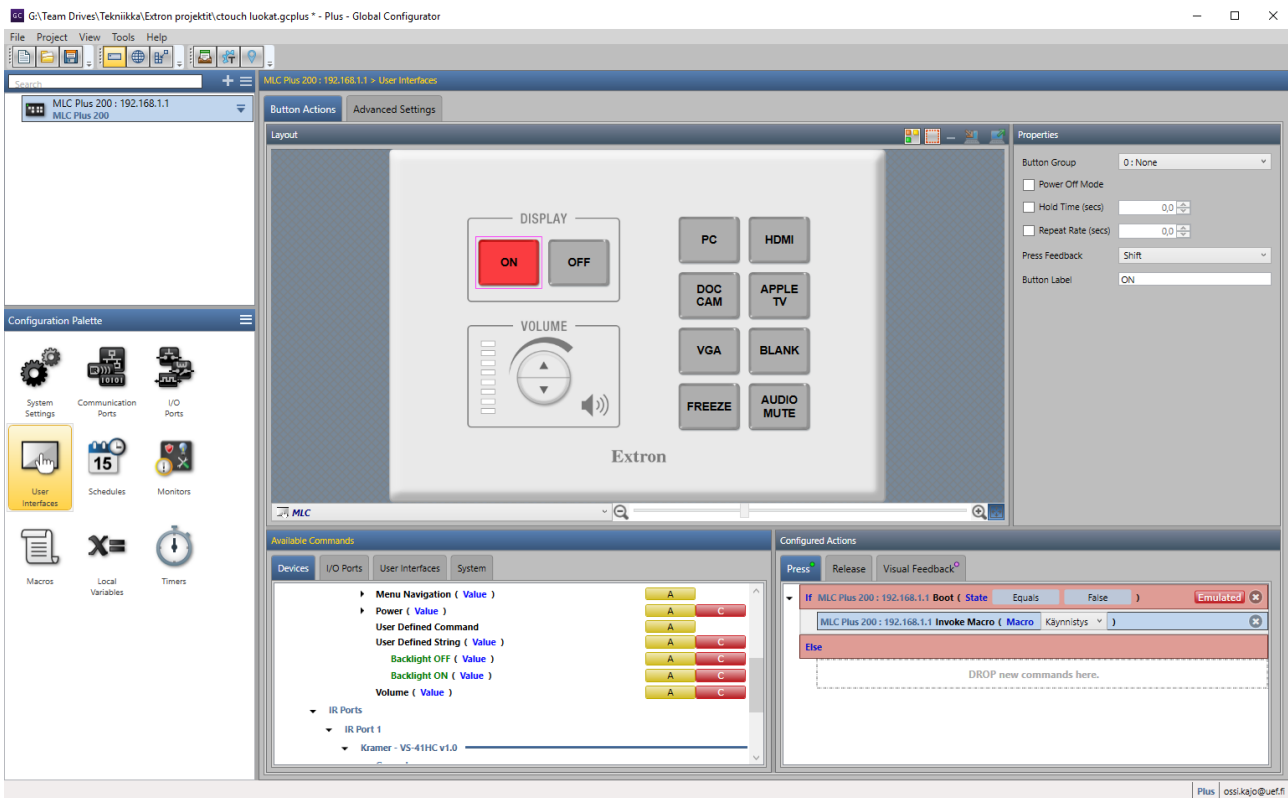
- Fujitsu Esprimo K557/24 -tietokone
- HP 1820-8G-PoE+ -kytkin
- Extron MLC Plus 200 -ohjauspaneli
- Kramer VS-41HC HDMI-vaihtaja
- Newline Trucam TC-20P -dokumenttikamera
- Apple TV -ruudun peilaamista varten.

2.2 Verkon toteutus

Pöytien verkkotekniikka on toteutettu HP 1820-8G-PoE+ -kytkimillä. Erillisen kytkimen käyttäminen pöydissä mahdollistaa PoE-virransyötön Extronin ohjauspaneelille, pääsyn oppilasverkkoon peilauslaitteille ja erillisen laiteverkon hallintaa varten.

2.3 Ohjauspaneelien ohjelmointi

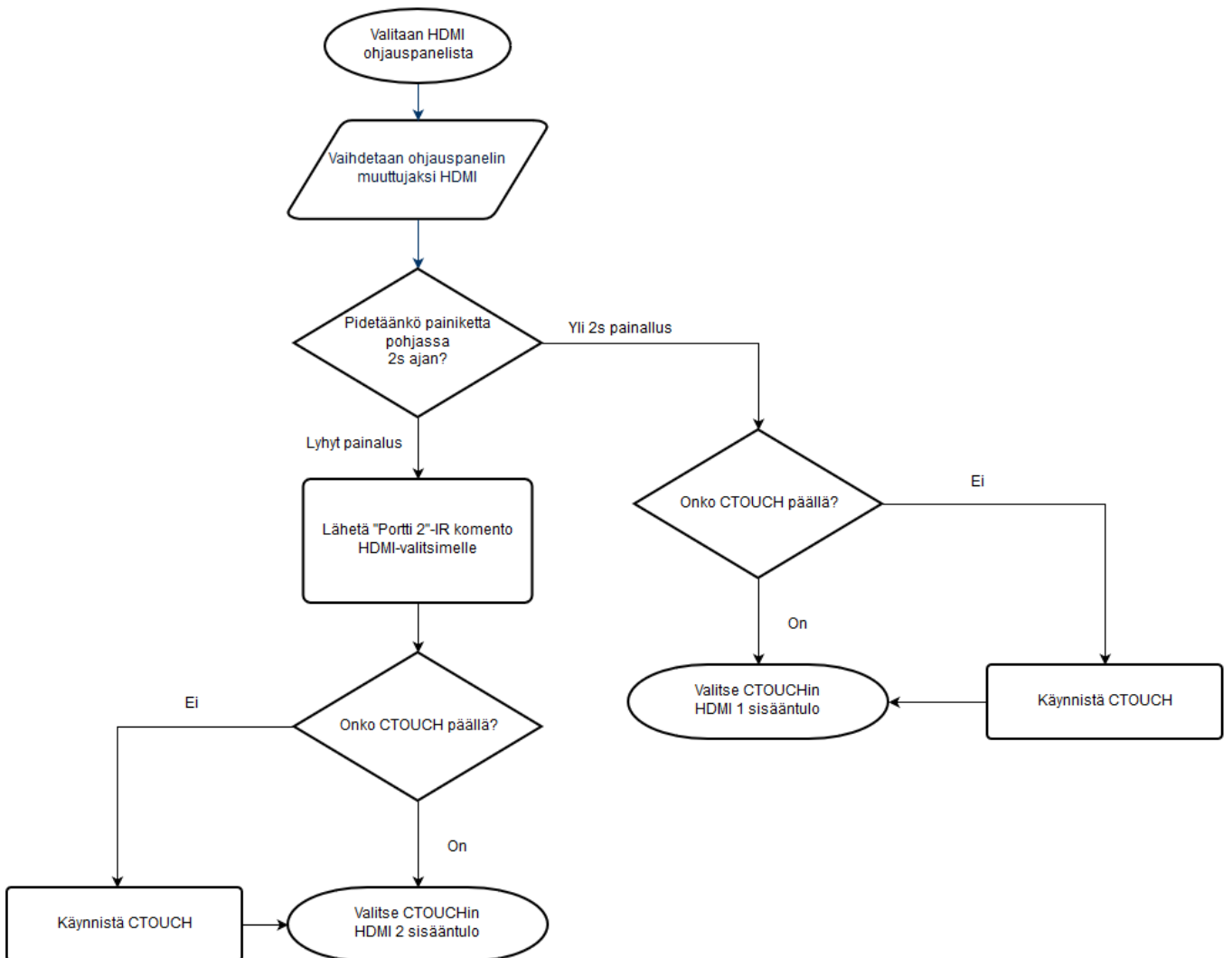
Extronin ohjauspaneelien ohjelmointi hoituu heidän omalla Global Configurator Plus -ohjelmalla, jolla ohjelmoiminen hoituu drag-and-drop -periaatteella (kuva 2).



Kuva 2. Global Configurator Plus.

Periaate ohjelmoinnissa on järjestelmän helppokäyttöisyys ja tehokkuus. Esimerkiksi järjestelmän saa päälle suoraan painamalla haluamaansa videotuloa, ilman että järjestelmää tarvitsisi aluksi erikseen käynnistää ja sitten valita haluttu videotulo, kuten edellinen järjestelmä vaati.

Kuvassa 3 on esimerkkinä logiikkakaavio, kun painetaan ohjauspaneelin HDMI-painiketta. Ideana on, että yleensä käyttäjä haluaa käyttää pöydässä olevaa HDMI-johtoa, joka on HDMI-valitsimen takana, mutta harvinaisissa tilanteissa käyttäjä voi haluaa käyttää kosketusnäytön sivussa olevaa HDMI 1-porttia.



Kuva 3. Esimerkki logiikkakaaviosta.

2.4 Muuttujat

Logiikka menee seuraavilla muuttujilla

- Boot – Onko kosketusnäyttö käynnistymässä, jolloin ei esimerkiksi näytetä käyttäjälle väärää MUTE-tilaa.

- Freeze – Onko kosketusnäytön kuva jäädytetty.
- Mute V – Onko kosketusnäytön kuva pimennetty.
- Tietokone käynnistetty – Seurataan, onko tietokone käynnistetty kosketusnäytön päällä ollessa.
- Valinta – Mikä sisääntulo on valittuna, jotta voidaan palauttaa sama laite käynnistyksessä.

2.5 Monitorit

Seuraavia asioita seurataan:

- Mute – Jos ääni on mykistetty ja Boot-muuttuja ei ole aktiivinen, niin vaihdetaan mute-nappi punaiseksi.
- Mute pois – Jos kosketusnäyttö on päällä ja audio ei ole mykistetty, niin pidetään mute-nappi himmeänä.
- PC päällä - Jos järjestelmä on käynnistetty ja PS/2-tila on päällä, niin vaihdetaan Tietokone käynnistetty -muuttujan tilaa.
- PS/2 Sammutus – Jos PS/2-tila on sammutettu, aikaa on kulunut edellisestä muutoksesta 45 minuuttia ja Tietokone käynnistetty-muuttuja on aktiivinen, niin suoritetaan sammutus.
- Päällä – kosketusnäytön ollessa päällä vaihdetaan sammutus-napin valo himmeäksi.
- Sammutettu – kosketusnäytön ollessa poissa päältä sammutetaan valintojen valot ohjauspanelista ja vaihdetaan järjestelmän tilan ja Tietokone käynnistetty -muuttujan tila sammutetuksi.

2.6 Verkon toteutus

Pöytiin hankittiin PoE-kytkimet helpottamaan aktiivilaitteiden asennusta. Virran syöttäminen PoEn kautta Extronin ohjausyksikölle vähentää kaapelointia ja antaa myös pelivaraa tulevaisuuden muutoksille.

Kytkimen portit on määritelty seuraavasti:

1. Laiteverkko + PoE > Extron MLC Plus 200

2. Oppilasverkko + PoE > Peilauslaite
3. Oppilasverkko > Toinen peilauslaite
4. Oppilasverkko > CTOUCH
5. Yliopistonverkko > PC
6. Laiteverkko > Laajennusvaraa toiseen ethernetin kautta ohjattavaan laitteeseen
7. Laiteverkko > Ohjelmointi
8. Trunk > Kytkaappi.

2.7 Järjestelmän automaattinen sammutus

Opinnäytetyön projektin yhtenä tavoitteena on ekologisuus, joten laitteet olisi hyvä saada sammutetuksi, jos ne jäävät vahingossa päälle. Alkuperäinen idea oli seurata tietokoneen tilaa mikrokontrollerin avulla ja lähettää tieto sarjaliikenteenä Extronin ohjausyksilölle, mutta selvisi, että tilan seuraaminen on paljon yksinkertaisempi toteuttaa ohjausyksikön Digital input- ja tietokoneen PS/2-liitäntän kautta seuraamalla, milloin jännite kyseisissä pinneissä on 5 voltia ja milloin ei. (Burton 2003.)

Ohjelman logiikan puolesta seurataan, milloin järjestelmä ja tietokone on käynnistetty ja sen myötä vaihdetaan muuttujan tilaa, että tietokone on käynnistetty. Seuraavaksi seurataan, onko kyseinen muuttuja merkattu käynnistetty-tilaan mutta tietokone on sammutettu, jolloin muutetaan muuttujan tilaksi sammutettu. Viimeisenä seurataan, milloin Digital input ei ole muuttunut 75 minuuttiin, muuttujan tila on sammutettu mutta kosketusnäyttö-monitori on vielä päällä, jolloin suoritetaan sammutus-makro.

Tämä logiikka pitää huolen, että sammutus tapahtuu ainoastaan silloin, jos tietokone on ollut käynnissä samaan aikaan kosketusnäyttö-monitorin ollessa päällä, mutta tietokone on kuitenkin sammutettu myöhemmin, eli sammutusta ei tapahdu, jos esimerkiksi esitystä on pidetty ainoastaan pöydän erillisen HDMI-liitäntän kautta, jolloin kiinteästi asennettua tietokonetta ei ole käytetty missään välissä.

Toisena seurataan, onko koko ohjauspaneeli ollut koskematta 8 tunnin ajan, jonka jälkeen suoritetaan myös järjestelmän sammutus.

2.8 Tekninen toiminta

Kosketusnäyttö-monitorin ohjaaminen menee sarjaliikenteen avulla. Komennot ovat rakenteeltaan: \xA9\x12\x01\x01\x8A jossa lähetys aloitetaan A9-osuudella, seuraavaksi valitaan komento, jossa esimerkin 12 on taustavalon hallinta, kolmantena määritetään kosketusnäytön ID, joka on meidän tapauksessa aina 01, neljäntenä annetaan data, kuten 01 joka käynnistää taustavalon, ja lähetys lopetetaan 8A:lla (Sharma 2018.).

2.9 Näytön langaton peilaus

Opinnäytetyön projektissa testattiin ensimmäisen osapuolen valmistamia näytön langattoman peilaamiseen soveltuvia laitteita.

Apple TV

Kaikissa luokissa on ollut jo Apple TVt asennettuina, koska suurimmalla osalla opettajista on työkoneena MacBook Air. Apple TV on toiminut hyvin ympäristössä, koska se osaa ilmoittaa olemassaolostaan bluetoothin yli, jolloin käyttäjän ei tarvitse olla edes samassa WLAN-verkossa käyttäkseen Apple TVtä. Tämä myös helpottaa yhdistämistä, koska käyttäjä näkee vain lähellä olevat Apple TVt. Yhdistettäessä Apple TVn saa myös kysymään PIN-koodia, jolloin käyttäjä ei pysty ottamaan yhteyttä vahingossa toisen luokan Apple TVhen.

Isoin rajoite Apple TVn kanssa on se, että se toimii yhteen ainoastaan muiden Applen laitteiden kanssa, eli esimerkiksi oppilaat eivät voi ottaa yhteyttä niihin Chromebookkeillaan.

Microsoft Wireless Display Adapter

Opinnäytetyön projektissa testattiin Microsoftin omaa näytön peilaus -ratkaisua. Kyseinen tikku on siitä kätevä, ettei sitä tarvitse yhdistää erikseen mihinkään WLAN-verkkoon, vaan muut laitteet ottavat yhteyttä sen omaan verkkoon, jonka kautta kuva jaetaan.

Toiminnallisuudeltaan laite ei kuitenkaan soveltunut koulun ympäristöön, sillä ainoastaan Windows-tietokoneet ja Android-puhelimet yhdistävät siihen suoraan, eli MacBookit ja Chromebookit jäävät ulkopuolelle.

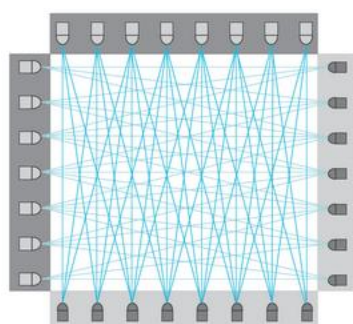
Chromecast

Viimeisenä testissä on Googlen oma Chromecast. Kyseisen laitteen testaaminen siirtyi, sillä se ei tahtonut toimia oikein koulun WLAN-verkon kanssa, mutta ongelmat poistuivat kun Chromecastit kytkettiin langallisesti verkkoon pöydän omaan kytkimeen. Chromecastit toimivat hyvin Chromebookien kanssa, mutta pieneksi ongelmaksi muodostuu että kaikki Chromecastit näkyvät kaikille samassa verkossa oleville laitteille, eikä saman verkon laitteille saa PIN-koodin kyselyä aktivoitua.

2.10 Ongelmatilanteet

HDMI-vaihtajan infrapuna

Ensimmäisissä testailuissa tuli eteen että joissain luokissa Kramerin HDMI -vaihtaja vastaanotti IR-signaalia jostain ulkopuolelta. Syyksi paljastui CTOUCH-kosketusnäyttö, joka perustuu myös infrapunaan (kuva 4), ja sopivassa kulmassa sen infrapuna kimpoaa HDMI vaihtajaan.



Surface Light Wave

Kuva 4. Kuvituskuva Surface Light Wave teknologian toimivuudesta (Kuva: CTOUCH Europe bv.)

CTOUCH käyttää kosketusnäyttöissään TimeLinkin valmistamaa "Surface Light Wave"-teknologiaa jossa, luodaan infrapunalla verkko, jonka katkeamisella voidaan laskea, missä kohtaa ruutua kosketus tapahtuu. Etuna perinteisiin X- ja Y-akseilla toimiviin kosketusnäyttöihin Surface Light Wave mahdollistaa erimuotoisten esineiden tunnistamisen kosketusnäytön pinnalla. (CTOUCH Europe bv 2018.)

Ongelman väliaikainen korjaus on teipata ohjauspanelilta tuleva IR-lähetin kiinni HDMI-valitsimeen, ja täten teippi peittää kaiken ulkopuolelta tulevan infrapunaa.

HDMI-vaihdin pystyy myös vastaanottamaan kaukosäätimestä komentoja jotka eivät ole toiminnassa juuri tässä mallissa ja kyseiset komennot voivat näyttää käyttäjälle siltä että koko yksikkö olisi jumissa kun vaikkapa yksikkö yrittää vaihtaa pelkkää äänikanavaa. Ongelmaa korjaantuu sillä että aina järjestelmän käynnistyksen yhteydessä lähetetään sopivat IR-komennot jotka palauttavat HDMI-vaihtimen toiminnan oikeaan tilaan, eli järjestelmän sammuttaminen ja käynnistäminen takaisin päälle korjaisivat kyseisen ongelmatilanteen.

Dokumenttikamerat

Dokumenttikameroiden mukana tullut katseluohjelmisto vaati järjestelmänvalvojan oikeuksia pyöriäkseen, mikä ei ole toimiva ratkaisu kouluympäristössä. Ongelman pystyi ohittamaan vaihtamalla pikakuvake muotoon `"cmd /min /C "set __COMPAT_LAYER=RUNASINVOKER && start "" caminfinity.exe"`", jolloin ohitetaan UAC kysely ja ajetaan ohjelma kyseisen käyttäjän oikeustasoilla (Jackson 2009).

Valmistajalta saatiin kuitenkin päivitetty versio ohjelmistosta, jossa asennuskansio on vaihdettu C:-aseman juureen ja järjestelmänvalvojan oikeuksien vaatiminen on poistettu.

EDID-tiedon katoaminen

Ensimmäisen viikon aikana selvisi ongelma, että tietyissä tilanteissa äänet kuuluvat pelkästään tietokoneen omista kaiuttimista, eikä kosketusnäytön kautta. Ongelmaksi

muodostui, että tällöin tietokone saa näytön EDID-tiedon Kramerin HDMI -valitsemalta eikä kosketusnäytöltä, eikä Kramerin oletus EDID-tieto sisällä tietoa äänestä.

EDID, eli Extended Display Identification Data, on alun perin kehitetty vuonna 1994 kertomaan, mitä resoluutiota näyttö tukee VGA:n pinnien 4, 11, 12 ja 15 kautta. EDID:n lisäksi lisättiin 128-bittinen sarjadata DDC, Display Data Channel. Nykyinen EDID 2.0 sisältää 256-bitin verran tietoa, kuten näytön valmistajan nimen, näytön sarjanumeron, mitä resoluutiota näyttö tukee ja millaista ääntä näyttö tukee. (Extron Electronics 2009)

Alkuperäinen päätelmä oli, että Kramerin HDMI -valitsimet olisivat hajonneet ja täten eivät tallentaisi kosketusnäytön EDID-tietoa talteen, mutta opinnäytetyön projektissa huomattiin, että HDMI-valitsimet tallentavat EDID-tiedon oikein muilta HDMI-näytöiltä.

Ratkaisuna ongelmaan tallennettiin kosketusnäytön EDID-tiedon EDID-emulaattoriin, ja annettiin HDMI-valitsimen tallentaa EDID-tiedon siltä EDID-emulaattorilta muistiin.

Häiriökuvan näkyminen, kun vaihdetaan Apple TV:tä PC:lle

Yhtenä ongelmana kosketusnäyttö näyttää noin 10 sekunnin ajan häiriökuvaa, kun valinnan vaihtaa Apple TV:tä PC:hen. Ongelma ilmenee koska Kramerin HDMI-valitsin ei katkaise Display Data Channel-signaalia, joten näyttö yrittää purkaa Apple TV:n HDCP-suojattua signaalia, vaikka valinta on jo muuttunut toiseen laitteeseen. HDCP:n kanssa vähintään 100 millisekuntin katkos -signaalissa pakottaa uuden kättelyn laitteiden välillä (Mark 2007).

Ongelma korjaantui tekemällä ohjauspanelin ohjelmaan muutos, joka vaihtaa HDMI-valinnan aluksi toiseen porttiin ja vasta 0,2 sekunnin päästä PC:n porttiin joka katkaisee DDC-signaalin.

Kosketusnäytön sammuminen

Esille tuli yhtenä ongelmana että kosketusnäytöt sammuvat itsestään. Testien kautta selvisi että ongelma ilmentyy tilanteissa, jossa kosketusnäyttöille on lähetetty toinen käynnistyskomento näytön jo päällä ollessaan.

Ongelmaan ratkaisuna päädyin uudistamaan koko ohjelmoinnin jossa ei luoteta sarjaliikenteen "Get Power Status"-tietoon, vaan ainoastaan ohjausyksikössä olevaan paikalliseen muuttujaan, joka kertoo onko kosketusnäyttö päällä vai ei, jolloin voidaan lähettää Power ON-komento ainoastaan silloin, kun kosketusnäyttö on sammutettuna.

2.11 Ohjauspanelin versiopäivitys 2

Kyseisten ongelmien ratkaisemiseen päädyin uudistamaan koko ohjauspanelin ohjelmoinnin. Ensimmäisenä korjasin Kramerin infrapuna ongelman luomalla uuden IR-ajurin Extronin MLC 55 RS MK-ohjausyksikön infrapunalukijan avulla, jossa on opetettuna kaukosäätimen – ja AFV painikkeet. Toisena korjauksena on Apple TV:n HDCP korjaus, eli vaihdetaan HDMI vaihtajalta valintaa hetkellisesti tyhjäksi ennen oikeaa valintaa, jotta ruudulle ei tulisi häiriökuvaa.

Uudistetut muuttujat

- Audio mute – Onko ääni mykistetty
- Blank – Onko CTOUCHin kuva pimennetty
- Freeze - Onko CTOUCHin kuva jäädytetty
- Input – Mikä input on valittuna jotta voidaan palauttaa sama laite käynnistyksessä
- PC Status - Seurataan onko tietokone käynnistetty CTOUCHin päällä ollessa
- Power status – Onko CTOUCH päällä, poissa päältä vai välitilassa eli käynnistymässä tai sammumassa

Uudistetut monitorit

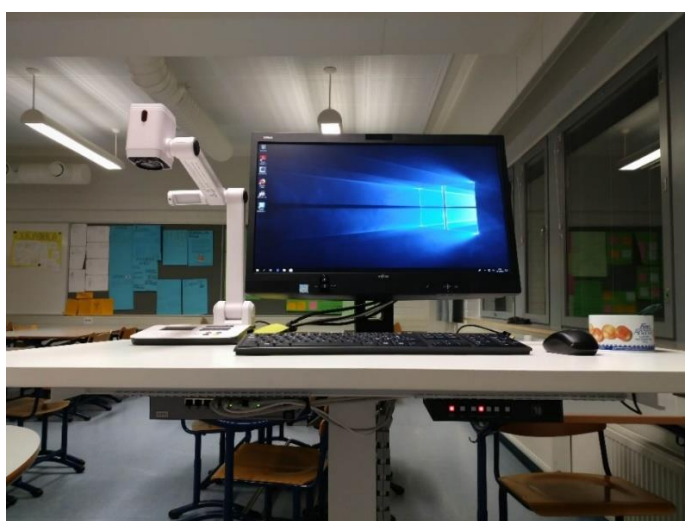
- Audio mute – Jos kosketusnäytön ääni on mykistetty ja järjestelmä on päällä, niin vaihdetaan Audio mute-muuttuja päälle
- PC Power off – Jos PC Status on sammutettu, kulunut 75 minuuttia edellistä PS/2-tilan muutoksesta ja järjestelmä on päällä, niin suoritetaan järjestelmän sammutus

- PC Power on – Jos PS/2 on päällä ja järjestelmä on päällä, niin vaihdetaan PC Status-muuttuja päälle
- PC Shutdown – Jos järjestelmä on päällä ja PS/2 on poissa päältä, niin vaihdetaan PC Status-muuttuja sammutetuksi.
- Power off – kosketusnäytön ollessa sammutettu sammutetaan valinta nappien valot ja vaihdetaan kaikki muuttujat pois päältä, tai välitilaan jolloin kyseisiin muuttujiin liittyviä nappeja ei voi painaa
- Power on Fix – jos kosketusnäyttö on päällä ilman että sitä olisi käynnistetty ohjauspanelista, vaihdetaan nappien valot sopivaksi ja vaihdetaan muuttujat oikeaan tilaan.

3 Pohdinta

Opinnäytetyössä päästiin luomaan projekti, jonka lähtökohtana oli tarjolla olevat komponentit ja käyttökokemus edellisestä järjestelmästä. Toteutus lähti tutustumalla ohjauspanelin valmistajan ohjelmistoon ja kun ensimmäinen ohjelma on valmis, niin seuraava vaihe oli ruveta selvittämään ongelmia mitkä eivät esiintyneet alkuperäisissä testeissä.

Nyt luokissa on käytössä uusi opettajanpöytä uudella tekniikalla (kuva 5) ja selkeällä ohjauspanelilla (kuva 6). Kuva siirretään luokasta riippuen joko HDMI tai DisplayPort tekniikalla, eli analogisesta kuvasignaalista on päästy pöydistä eroon. Länsikadun koululla on myös laiteverkko jo kunnossa joten kaikki ohjauspanelit voidaan päivittää kerralla verkon yli.



Kuva 5. Uusi opettajanpöytä



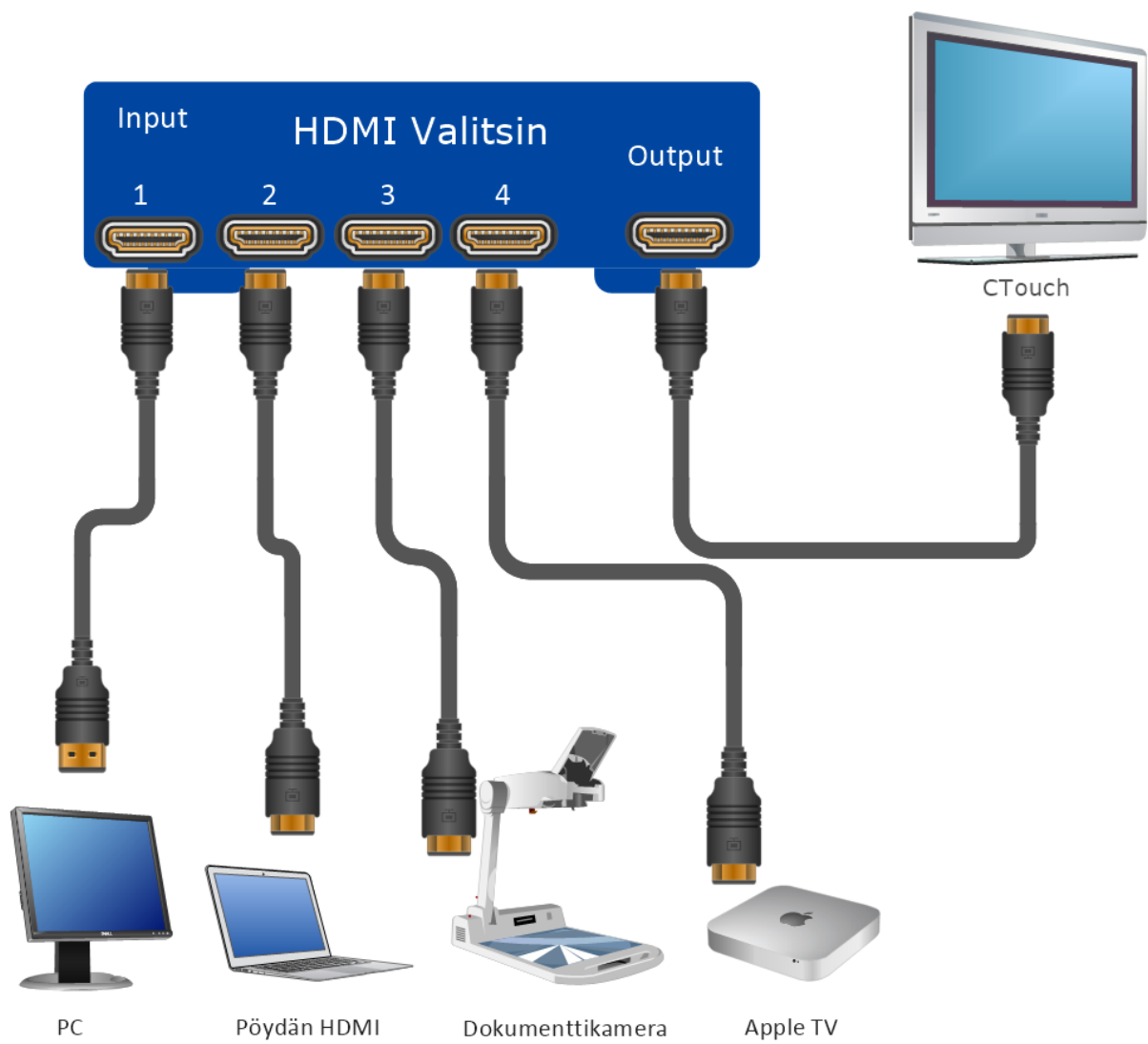
Kuva 6. Uusi opettajanpöydän ohjauspaneli

Tämä opinnäytetyö oli projekti aiheesta mistä ennestään ei ollut kokemusta. Projekti osoitti kuinka tärkeää on testata järjestelmän toimivuus käyttäjillä, sillä monet ongelmat eivät esiinny oman testauksen yhteydessä.

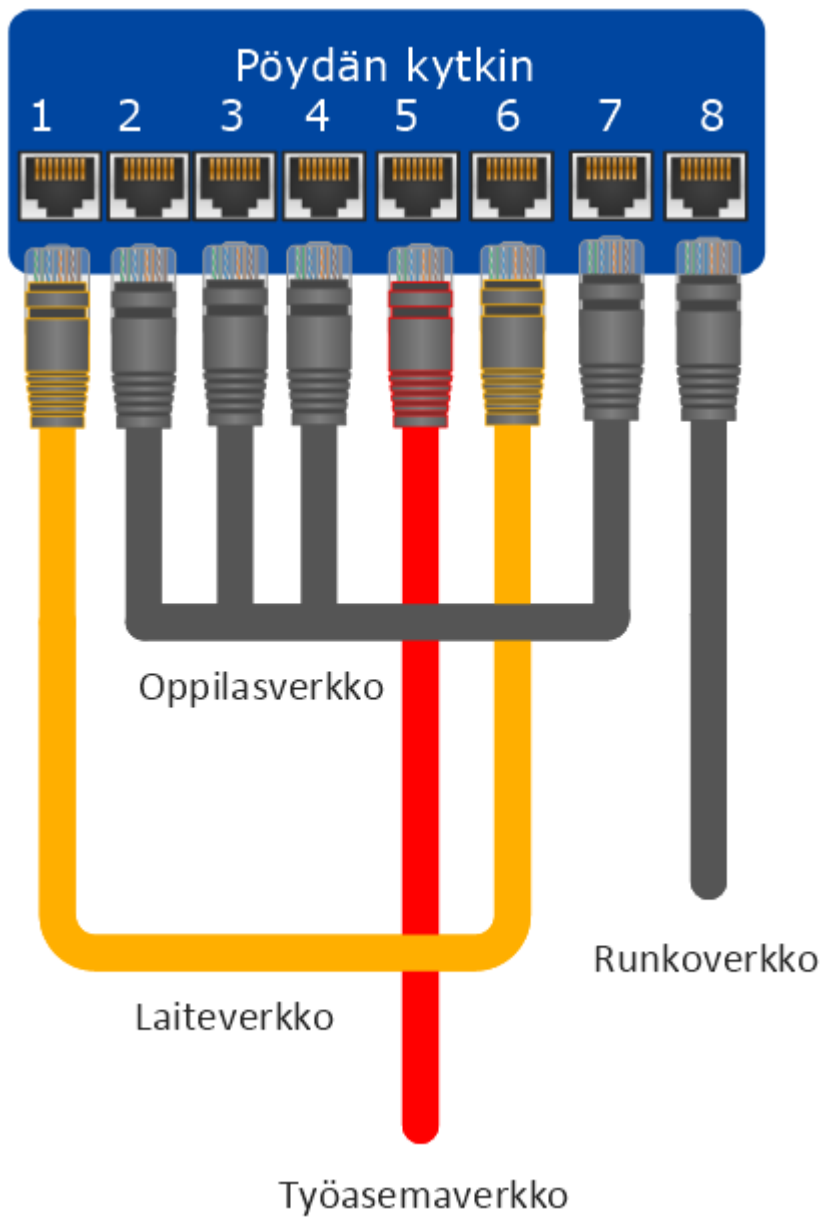
Mahdollisina jatkokehitysideoina ohjauspaneelien toimintaan voisi parantaa laittamalla ne lähettämään sähköpostia vastaavalle henkilölle jos havaintaan jonkin ongelma laitteiden kanssa, esimerkkinä kun videotykki ilmoittaa lampun olevan palanut, tai ilmoittamana automaattisen sammutuksen tapahtuneen tilastointia varten, jos järjestelmä on jäänyt yöksi päälle.

Lähteet

- Burton, D. 2003. PS2 keyboard and mouse mini-DIN-6 connector pinouts. Burton Systems Software. http://www.burtonsys.com/PS2_keyboard_and_mouse_mini-DIN-6_connector_pinouts.html. 3.12.2018.
- Chris Jackson. 2009. How to Run Applications Manifested as HighestAvailable With a Logon Script Without Elevation for Members of the Administrators Group. <https://blogs.msdn.microsoft.com/cjacks/2009/09/13/how-to-run-applications-manifested-as-highestavailable-with-a-logon-script-without-elevation-for-members-of-the-administrators-group/>. 3.12.2018.
- CTOUCH Europe bv. 2018. Surface Light Wave Technical Paper. https://support.ctouch.eu/hc/en-us/article_attachments/115007782929/CTOUCH_Surface_light_wave_WhitepaperA4v170727LR-Revised.pdf. 3.12.2018.
- Extron Electronics. 2009. Understanding EDID - Extended Display Identification Data. <https://www.extron.com/download/files/articles/understandingedid.pdf>. 3.12.2018.
- Mark Stockfisch. 2007. HDMI/DVI HDCP Handshake Problems & How to Avoid Them. Quantum Data, Inc. https://www.quantumdata.com/pdf/HDCP_WP.pdf. 14.5.2019
- Tamanna Sharma. 2018. RS232 Serial Communication Protocol: Basics, Working & Specifications. <https://circuitdigest.com/article/rs232-serial-communication-protocol-basics-specifications> 10.12.2018



Kuva 1. HDMI-valitsimen kytkennät



Kuva 2. Verkkokytkimen kytkennät