

Älyohjauksella toimivat valaisinkohtaiset ohjausmenetelmät taajamavalais- tuksessa

Antti Pulliainen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2010

Automaation koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



| | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| Tekijä(t) PULLIAINEN, Antti | Julkaisun laji Opinnäytetyö | Päivämäärä 08.11.2010 |
| | Sivumäärä 58 | Julkaisun kieli Suomi |
| | Luottamuksellisuus () saakka | Verkojulkaisulupa myönnetty () |
| Työn nimi ÄLYOHJAUKSELLA TOIMIVAT VALAISINKOHTAISET OHJAUSMENETELMÄT TAAJAMAVALAISTUKSESSA | | |
| Koulutusohjelma Automaatio | | |
| Työn ohjaaja(t) HUKARI, Sirpa | | |
| Toimeksiantaja(t) C2 Information Systems Oy HAAPASAARI, Mauri | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin C2 Information Systems Oy:lle. C2 Information Systems Oy on ulkovalaistuksen suunnitteluun erikoistunut asiantuntijayritys, jonka tuote C2 SmartLight on älykkäiden katuvalo-ohjausjärjestelmien markkinajohtaja Suomessa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä yleisesti katu- ja taajamavalaistukseen sekä tutkia markkinoilla olevia älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä, jotka mahdollistavat valaisinkohtaisen ohjauksen. Tutkimusten avulla tuli selvittää, löytyisikö markkinoilta valmis valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistava ratkaisu, jota voitaisiin hyödyntää C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä.</p> <p>Työ toteutettiin perehtymällä yleisesti katu- ja taajamavalaistukseen sekä tutkimalla markkinoilla olevia valaisinkohtaisen ohjauksen toteuttavia katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä. Valaisinkohtaisen ohjauksen toteuttavan ohjausjärjestelmän tuli mahdollistaa katuvalojen tilatietojen reaaliaikainen esitys sekä seuranta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tilannekuva tämän hetken katu- ja taajamavalaistuksen markkinoista sekä ohjausjärjestelmien toteutustavoista. Tutkimusten avulla selvisi, ettei markkinoilta löytynyt valmista valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavaa ratkaisua, joka olisi voitu liittää C2 SmartLight-ohjausjärjestelmään. Opinnäytetyön tulosten perusteella todettiin, että valaisinkohtaisen ohjauksen tarve ja taloudellinen hyöty tulisi miettiä tarkoin ja mikäli ohjaus toteutetaan, tulisi sen perustua langattomaan, radiotaajuuksia tiedonsiirrossa hyödyntävään, RF-tekniikkaan.</p> | | |
| Avainsanat (asiasanat) katu- ja taajamavalaistus, ohjausjärjestelmät, valaisinkohtainen ohjaus | | |
| Muut tiedot | | |



| | | |
|---|--|--|
| Author(s) PULLIAINEN, Antti | Type of publication Bachelor's Thesis | Date 08.11.2010 |
| | Pages 58 | Language Finnish |
| | Confidential () Until | Permission for web publication () |
| Title INDIVIDUAL LUMINAIRE CONTROL IN INTELLIGENT STREET LIGHTING SYSTEMS | | |
| Degree Programme Automation | | |
| Tutor(s) HUKARI, Sirpa | | |
| Assigned by C2 Information Systems Oy HAAPASAARI, Mauri | | |
| Abstract <p>The Bachelor's Thesis was conducted with C2 Information Systems Oy, a Finnish company specialized in providing outdoor lighting control solutions. The company's product, C2 SmartLight system is the current market leader in Finland.</p> <p>The objective of the thesis was to research the methods and technologies used for controlling street lighting and to investigate the availability of existing systems in the market that allow individual control of luminaires. The expected outcome of the research was a ready-made solution in the market that could be utilized to achieve individual luminaire control in C2 street lighting system.</p> <p>The thesis started with exploring street lighting and researching the existing intelligent street lighting system markets. The main goal was to find street lighting systems that enabled individual luminaire control and real-time data presentation via user interface.</p> <p>The result of the thesis was a snapshot of today's street lighting market and available lighting control solutions. The results of the research indicated the availability of the intelligent street lighting systems which enabled individual luminaire control. These systems were analyzed and the possibilities to interface systems to C2 SmartLight street lighting system were explored.</p> | | |
| Keywords street lighting, control solutions , individual luminaire control | | |
| Miscellaneous | | |

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 KATU- JA TAAJAMAVALAISTUS | 6 |
| 2.1 Yleistä | 6 |
| 2.2 Tie- ja katuvalaistus Suomessa..... | 7 |
| 2.3 Valaisintyytit | 8 |
| 2.3.1 Elohopeahöyrylamppu | 8 |
| 2.3.2 Monimetallilamppu | 9 |
| 2.3.3 Suurpainenatriumlamppu | 10 |
| 2.3.4 Pienpainenatriumlamppu..... | 11 |
| 2.3.5 Led-valaisimet | 12 |
| 2.4 Valaistuksen ohjausmenetelmät..... | 13 |
| 3 ÄLYKKÄIDEN OHJAUSJÄRJESTELMIEN TIEDONSIIRTOMENETELMÄT | 16 |
| 3.1 Yleistä | 16 |
| 3.2 Tiedonsiirto sähköverkossa | 16 |
| 3.3 PLC-tekniikka..... | 17 |
| 3.4 LonWorks-teknologia (Local Operating Network)..... | 19 |
| 3.5 Langaton tiedonsiirto | 20 |
| 3.5.1. Radioaallot..... | 21 |
| 3.5.2. Mikroaallot | 21 |
| 3.5.3. Infrapunasäteily | 22 |
| 4 TOIMEKSIANTAJAN TUOTTEET JA PALVELUT | 23 |
| 4.1 C2 SmartLight | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 5 MARKKINOILLA OLEVAT ÄLYKKÄÄT KATU- JA TAAJAMAVALAISTUKSEN OHJAUSRATKAISUT..... | 27 |
| 5.1 Markkinoilla olevia LonWorks-teknologiaa hyödyntäviä älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä | 27 |
| 5.1.1 Echelon Corporationin katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä..... | 28 |
| 5.1.2 The SELC Candelon Suite-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä..... | 30 |
| 5.1.3 Philips Starsense-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä..... | 33 |
| 5.1.4 Siteco Light Control-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä | 36 |
| 5.2 Markkinoilla olevia langatonta tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntäviä älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä | 38 |
| 5.2.1 Lumen IQ-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä | 39 |
| 5.2.2 LeafNut-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä | 42 |
| 5.2.3 Telensa PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä..... | 45 |
| 5.3 Markkinoilla olevien älykkäiden katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmien yhteenveto | 48 |
| 6 POHDINTA | 52 |
| LÄHTEET | 57 |

KUVIOT

| | |
|---|----|
| KUVIO 1. Katuvalaistus asuinalueella..... | 6 |
| KUVIO 2. ELY-keskuksen tiepiirit | 7 |
| KUVIO 3. Elohopeahöyrylamppu..... | 9 |
| KUVIO 4. Monimetallilamppu | 10 |
| KUVIO 5. Suurpainenatriumlamppu | 11 |
| KUVIO 6. Pienpainenatriumlamppu | 12 |
| KUVIO 7. Led-valaisin | 13 |

| | |
|--|----|
| KUVIO 8. Älykäs ohjausjärjestelmä | 15 |
| KUVIO 9. Yleiskuva PLC-tekniikasta | 18 |
| KUVIO 10. LonWorks-järjestelmän tiedonsiirto mahdollisuudet..... | 19 |
| KUVIO 11. Langattoman tiedonsiirron aallonpituudet | 21 |
| KUVIO 12. C2 SmartLight-järjestelmän soitto-ohjaus | 24 |
| KUVIO 13. SmartLight ohjaus ja valvontapalvelu | 25 |
| KUVIO 14. Valmiiksi asennettu ohjausyksikkö | 27 |
| KUVIO 15. Echelon Corporation katuvalojen ohjausjärjestelmä | 28 |
| KUVIO 16. Echelon i.LON SmartServer | 29 |
| KUVIO 17. Echelon Corporation katuvalojen ohjausjärjestelmän rakenne | 30 |
| KUVIO 18. The SELC Candelon Suite-ohjausjärjestelmän rakenne | 31 |
| KUVIO 19. SELC Candelon 2000-kuristin | 32 |
| KUVIO 20. The Node..... | 32 |
| KUVIO 21. Echelon i.LON 100..... | 33 |
| KUVIO 22. Philips Outdoor Luminaire Controller..... | 34 |
| KUVIO 23. Philips Segment Controller | 35 |
| KUVIO 24. Philips Starsense Management-ohjausjärjestelmän rakenne | 36 |
| KUVIO 25. Siteco Light Control-ohjausjärjestelmän rakenne | 37 |
| KUVIO 26. Lumen IQ-ohjausjärjestelmän rakenne | 39 |
| KUVIO 27. Lumen IQ Central-valvomosovellus..... | 40 |
| KUVIO 28. Lumen IQ Station-kommunikaatiomoduli | 40 |
| KUVIO 29. Lumen IQ C200 Lamp Controller-ohjainyksikkö | 41 |
| KUVIO 30. Lumen IQ Commander-ohjelmointilaite..... | 42 |
| KUVIO 31. LeafNut-ohjausjärjestelmän rakenne | 43 |
| KUVIO 32. BranchNode-ohjausyksikkö | 44 |
| KUVIO 33. LeafNode-ohjainyksikkö..... | 45 |
| KUVIO 34. Telensa PLANet-ohjausjärjestelmän rakenne..... | 46 |
| KUVIO 35. Telensa PLANet-ohjausyksikkö/tukiasema | 47 |
| KUVIO 36. Telensa PLANet-ohjainyksikön rakenne | 48 |

TAULUKOT

| | |
|---|----|
| TAULUKKO 1. Taajuusalueet | 17 |
| TAULUKKO 2. Tutkitut ohjausjärjestelmät | 49 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi C2 Information Systems Oy, joka on jyvaskyläläinen vuonna 2004 perustettu ulkovalaistuksen suunnitteluun erikoistunut asiantuntijayritys. Yritys sijaitsee Jyväskylässä, Ylistönmäellä ja työllistää tällä hetkellä 11 henkilöä. C2 Information Systems tekee yhteistyötä monien eri laitetoimittajien ja asennusyritysten kanssa koko maanlaajuisesti. (C2 Information Systems Oy 2010.)

C2 Information Systems Oy:n tuote, C2 SmartLight, on tällä hetkellä älykkäiden katuvalo-ohjausjärjestelmien markkinajohtaja Suomessa. C2 SmartLight koostuu katuvaloakeskuksiin asennettavista ohjausyksiköistä sekä keskitetystä ohjelmistopalvelusta, jonka avulla ohjausyksiköitä voidaan hallita Internetin ja matkapuhelinverkon välityksellä. Kansainvälisille markkinoille älykkäitä ohjausjärjestelmiä tarjoavia yrityksiä on 2000-luvun puolivälin jälkeen ilmestynyt koko ajan lisää, joten kilpailu on kovaa ja ohjausjärjestelmien teknilliset ominaisuudet kehittyvät markkinoiden mukana. (C2 Information Systems Oy 2010.)

C2 Information Systems tarjoaa myös katu- ja ulkovalaistukseen liittyviä konsultointipalveluita. Konsultointipalvelut pitävät sisällään katu- ja ulkovalaistuksen kartoituksen, valaistuksen yleissuunnittelun, energiansäästöprojektien hallinnan ja toimituksen sekä vaativat tilannekuvaa tuottavat järjestelmänhallintaprojektit.

Opinnäytetyön toimeksianto tuli C2 Information Systems Oy:n toimitusjohtajalta Mauri Haapasaarelta, jonka kanssa kävimme yhdessä läpi erilaisia opinnäytetyön aihe-ehdotuksia. Päätimme opinnäytetyön aiheeksi älyohjauksella toimivat valaisinkohtaiset ohjausmenetelmät taajamavalaistuksessa.

Opinnäytetyön tarkoitus oli perehtyä yleisesti katu- ja taajamavalaistukseen sekä tutkia markkinoilla olevia katu- ja taajamavalaistuksen ohjausmenetelmiä. Työssä tutkittavien ohjausjärjestelmien tuli mahdollistaa katuvalojen yksittäinen valaisinkohdainen ohjaus, reaaliaikainen tilatietojen esitys sekä seuranta. Lisäksi tuli selvittää, löytyisikö markkinoilta valmis valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistava ratkaisu, jota voitaisiin hyödyntää C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä.

2 KATU- JA TAAJAMAVALAISTUS

2.1 Yleistä

Katuvaloilla tarkoitetaan tien viereen pystytettyjä valaisimilla varustettuja valaisinpylväitä (ks. kuvio 1), joiden avulla tuotetaan valoa hämärän ja pimeään aikaan. Katuvalojen avulla lisätään asuinalueiden yleistä viihtyisyyttä ja turvallisuutta hämärän ja pimeään aikaan sekä parannetaan liikenneturvallisuutta. Katuvalaistusta hyödynnetään myös esimerkiksi puistojen sekä rakennusten julkisivujen valaistuksessa sekä erilaisten patsaiden ja monumenttien valaistuksessa, joiden avulla korostetaan niiden taiteellista arvoa ja lisätään yleistä viihtyisyyttä. (Katuvalo n.d.)

Tie- ja katuvalaistus on toimenpide, jonka avulla ennaltaehkäistään ja parannetaan liikenneturvallisuutta. Valaistuksen avulla vähennetään pimeän ajan onnettomuuksia, lisätään yleistä turvallisuutta ja mukavuutta sekä vähennetään ajoneuvo- sekä aikakustannuksia. Jotta edellä mainitut seikat toteutuvat, on valonlähteen oltava riittävä tasaisuudeltaan, määrältään ja häikäisynrajoituksiltaan. (Tievalaistuksen suunnittelu 2006.)

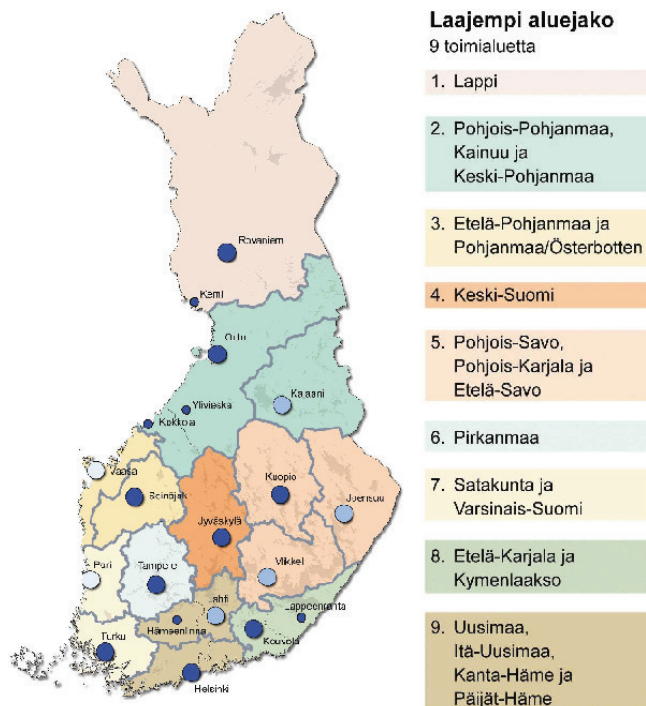


KUVIO 1. Katuvalaistus asuinalueella

Tie- ja katuvalaistukselta vaaditaan riittävä valaistustaso, jotta kadunkäyttäjän on mahdollista havaita ajoissa ajoradalla tai sen läheisyydessä oleva este, saada oikea käsitys omasta asemasta, liikkeestä ja nopeudesta niin katuun, kuin muihinkin käyttäjiin verrattuna. Valaistuksen on taattava oikeanlainen kuva kadusta sen käyttäjälle ja valaistus ei saa myöskään häiritä kulkijoita ja oleskelijoita. (Tievalaistuksen suunnitelu 2006.)

2.2 Tie- ja katuvalaistus Suomessa

Yleisten teiden valaistuksen hankinnasta Suomessa vastaa itse Suomen valtio, mikäli valaistus on tarpeellinen liikenneturvallisuuden, alueen muun valaistuksen tai varustelun kannalta. Suomen valtion tienpitoviranomainen on Tiehallinto, joka on nykyisin osa Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusta (ELY-keskukset), jotka kuuluvat työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalaan. ELY-keskukset ovat jakautuneet yhdeksään paikalliseen tiepiiriin, jotka vastaavat omien alueidensa teiden kunnossapidosta ja lupasioista (ks. kuvio 2). (Tievalaistuksen toimintalinjat 2006.)



KUVIO 2. ELY-keskuksen tiepiirit (Tiehallinto 2010)

Tiehallinto omistaa aina valta- ja kantateillä olevan tievalaistuksen. Tiehallinto omistaa yleensä seutu- ja yhdysteillä tievalaistuksen silloin, kun Tiehallinto pitää tievalaistusta tarpeellisenä. Mikäli Tiehallinto ei pidä tievalaistusta joissakin paikoissa tarpeellisenä, niin näissä tapauksissa seutu- ja yhdysteille rakennetut tievalaistukset ovat kunnan omistuksessa. (Tievalaistuksen toimintalinjat 2006.)

Suomessa tienomistaja, eli yleisten teiden kohdalla valtio tai kunta, on vastuussa katuvalaistuksen ylläpidosta, kehittämisestä ja uusimisesta. Yksityisten teiden kohdalla tienpito- ja huolehtimisvelvollisuus on tienosakkailta. (Tievalaistuksen toimintalinjat 2006.)

Tievalaistus tarkastetaan Suomessa Tiehallinnon omistamien valaisimien kohdalla silloin, kun valaisimet ovat yli 20 vuotta vanhat. Valaistuksen uusiminen on ajankohtaista silloin, kun valaistusteho on vaatimusten alapuolella ja energiankulutus on liian suuri. Valaistus uusitaan yleensä Tiehallinnon omistamilla teillä 30 vuoden iässä, mutta tässä on poikkeuksia kunnittain. (Tievalaistuksen toimintalinjat 2006.)

Tie- ja katuvalaistus on Suomessa tällä hetkellä melkoisen muutoksen pyörteissä, sillä EuP-direktiivin (Energy-using Products) myötä elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta vuonna 2015. Markkinoilta poistuvat elohopeahöyrylamput tullaan korvaamaan yleisesti monimetalli- sekä suurpainenatriumlampuilla. Nämä uudet valaisintyytit ovat valotehokkuudelta jopa 44 % tehokkaampia elohopeahöyrylamppuihin verrattuna. EuP-direktiivin myötä Suomessa ja muualla Euroopassa valaistukseen käytettävä energiankulutus kokee lähivuosina näin ollen valtavan kehityksen ekologisempaan ja taloudellisempaan suuntaan.

2.3 Valaisintyytit

2.3.1 Elohopeahöyrylamppu

Elohopeahöyrylamppulla (ks. kuvio 3) tarkoitetaan kaasupurkauslamppua, jonka valontuotto perustuu elohopeahöyryn korkeassa paineessa ja lämpötilassa lähettä-

mään säteilyyn. Säteilystä pääosa on näkyvää valoa ja osa ultraviolettisäteilyä. (Honkanen 2009.)



KUVIO 3. Elohopeahöyrylamppu

Elohopealampun polttimon ympärillä on loisteaineella pinnoitettu suojakupu, joka tuottaa näkyvää valoa ultraviolettisäteilyn avulla. Suojakuvun avulla estetään myös haitallisen UV-säteilyn ulospääsy. Elohopeahöyrylampun valo on väriltään melko valkoista, tosin sävyltään valo voi olla myös hieman sinertävää tai vihertävää. (Honkanen 2009.)

Elohopealamput ovat edullisimpia suuritehoisista purkauslamppuista, mutta niiden huonoja puolia ovat huono hyötysuhde, pienitehoisuus sekä merkittävä tehonmenetyt elinkaaren aikana. Elohopealamput poistuvat markkinoilta vuonna 2015, jolloin ne vaihdetaan pääosin katu- ja taajamavalaistuksessa suurpainenatriumlamppuihin, monimetallilamppuihin tai mahdollisesti led-valaisimiin. (Honkanen 2009.)

2.3.2 Monimetallilamppu

Monimetallilampulla (ks. kuvio 4) tarkoitetaan lamppua, joka tuottaa valoa sen purkausputkessa käytettävien useiden eri metallien seoksen avulla. Monimetallilamppu muistuttaa elohopeahöyrylamppua, mutta sen tuottama valo on puhtaamman valkeaa ja värientoistokyky on parempi. (Honkanen 2009.)



KUVIO 4. Monimetallilamppu

Monimetallilamput ovat valaistusteholtaan elohopeahöyrylamppuja parempia sekä niiden valotuoton alentuma on pienempi. Huono puoli monimetallilampuissa on yleisesti niiden suhteellisen lyhyt käyttöikä ja toiminta suuressa paineessa, jolloin on aina olemassa räjähdysvaara. Räjähdyksivaaran vuoksi monimetallilamppu vaatii suojalasin turvallisuussyihin vedoten. (Honkanen 2009.)

Monimetallilampun valotehokkuus on suurpainenatriumlampun tasoinen. Monimetallilampun purkausputkessa käytetään elohopeaa sekä eri metallien halideja, jotka ovat halogeenien yhdisteitä, joissa halogeeni on elektronegatiivisempänä osapuoliskona. (Honkanen 2009.)

2.3.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu (ks. kuvio 5) sisältää natriumhöyryä, joka korkeassa paineessa ja virtaa läpi ajettaessa lähettää näkyvää, sävyltään vaaleankeltaista valoa. (Honkanen 2009.)



KUVIO 5. Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu ei saavuta lopullista väriään heti syttyessään, vaan aluksi lampun väri on vaalean violetti, joka muutaman minuutin kuluessa muuttuu keltaiseksi. Lampun keltaisen värin vuoksi se saa värit näkymään keltaisen eri sävyissä, jolloin esimerkiksi suurpainenatriumlamppujen valossa olevat liikennemerkkit on valaistava omilla erillisillä valaisimillaan. (Honkanen 2009.)

Suurpainenatriumlamppu on nykyisin kustannustehokkain ja näin ollen suosituin katuvalaistukseen käytetty valaisintyyppi. Elohopeahöyrylamppujen poistuminen vuoteen 2015 mennessä tarkoittaa sitä, että ne korvataan pääosin suurpainenatriumvalaisimilla ja niiden avulla tuotetaan kirkkaampaa valoa jopa 40 % pienemmällä energiankulutuksella.

2.3.4 Pienpainenatriumlamppu

Pienpainenatriumlampulla eli matalapainenatriumlampulla (ks. kuvio 6) tarkoitetaan lampua, joka sisältää natriumhöyryä, joka suurpainenatriumlamppuun verrattuna pienemmässä paineessa ja virtaa läpi ajettaessa lähettää näkyvää, sävyltään kirkkaankeltaista valoa. (Honkanen 2009.)



KUVIO 6. Pienpainenatriumlamppu

Pienpainenatriumlamppu ei myöskään saavuta lopullista väriään heti syttyessään, vaan se säteilee syttyessään muutaman minuutin ajan punertavaa neonvaloa. (Honkanen 2009.)

Hyötysuhteeltaan pienpainenatriumlamppu on paras sähkölamppu. Pienpainenatriumlamppu tuottaa jopa 200 lm/W, mikä johtuu siitä, että lampun tuottaman valon aallonpituus on 589 nanometriä, joka erittäin lähellä sitä aallonpituutta, joka on ihmisilmälle herkin (550 nm). Yleisesti pienpainenatriumlamppuja ei enää asenneta niiden korkean hinnan ja tekniikan huonon värintoiston takia, sillä pienpainenatriumlampun värintoistoindeksi on nolla. Värintoistoindeksin huonous johtaa siihen, että lampun valossa ihmisilmä ei pysty erottelemaan juuri ollenkaan värejä. Lampun muita heikkoja puolia ovat ikääntyessä huomattavasti kasvava energiankulutus sekä lyhyt käyttöikä. (Honkanen 2009.)

2.3.5 Led-valaisimet

Led eli loistediodilla (ks. kuvio 7) tarkoitetaan puolijohdekomponenttia, joka tuottaa valoa, kun sen läpi johdetaan virtaa. Sähkövirran avulla liitosalueen tuntumassa ole-

vat elektronit ja aukot törmäävät toisiinsa, jolloin atomit virittyvät ja energiaa vapautuu valona. (Honkanen 2009.)



KUVIO 7. Led-katuvalaisin

Led-valaisimen väri riippuu käytettävästä puolijohdemateriaalista ja nykyisin teholehdit koostuvat pääosin kahdesta eri puolijohdemateriaalista. (Honkanen 2009.)

Nykyisin led-valaisimet ovat varteenotettavia valonlähteitä, joiden etuna ovat hyvä valotehokkuus sekä värinänsietokyky. Led on myös erittäin taloudellinen valonlähde, jonka avulla on mahdollista säästää useita kymmeniä prosentteja energiankulutuksessa. Led-valaisimen muita hyviä puolia ovat sen nopeat sytytys- ja sammumisajat sekä pitkä-ikäisyys. Huonoja puolia ovat puolestaan korkean lämpötilan huono kestävyys sekä vähäiset jäähdytysmahdollisuudet. (Honkanen 2009.)

Tänä päivänä on jo olemassa katu- ja taajamavalaistukseen sopivia valkoista väriä tuottavia suuritehoisia led-valaisimia.

2.4 Valaistuksen ohjausmenetelmät

Katu- ja tievalaistuksen ohjausmenetelmiä on toteutettu tähän päivään asti hyvin erilaisin tavoin. Yleisesti ohjausmenetelmäratkaisut ovat olleet aina paikka- ja aluekohtaisesti suunniteltuja. Pienet erilliset alueet on toteutettu paikallisohjauksella,

kun puolestaan laajemmat alueet on toteutettu ketjuttamisella. Paikallisella ohjauksella on tarkoitettu yleisesti hämäräkytkintä ja kelloa, kun puolestaan ketjuttamisella on tarkoitettu valokeskusten sarjakytkentää ohjauskaapelin välityksellä. (Katuvalo 2010.)

Nykyisin katu- ja tievalaistuksen ohjausmenetelmät kehittyvät nopeasti ja uusien ohjausjärjestelmien ja tekniikoiden avulla saadaan aikaan monenlaisia hyötyjä. Suurimmat ohjausmenetelmien kehityksen kautta syntyvät hyödyt ovat taloudellisia, jotka näkyvät niin energiansäästöinä, huoltosäästöinä kuin myös valaisinsäästöinä.

Uudet ohjausjärjestelmät ovat erilaisiin tilanteisiin ja tarpeisiin muokattavia järjestelmiä, jotka mahdollistavat valaistuksen joustavan ja järkevän käytön olosuhteiden mukaisesti. Tämän vuoksi uudenlaista ohjaustapaa ja järjestelmää kutsutaan älykkääksi ohjausjärjestelmäksi.

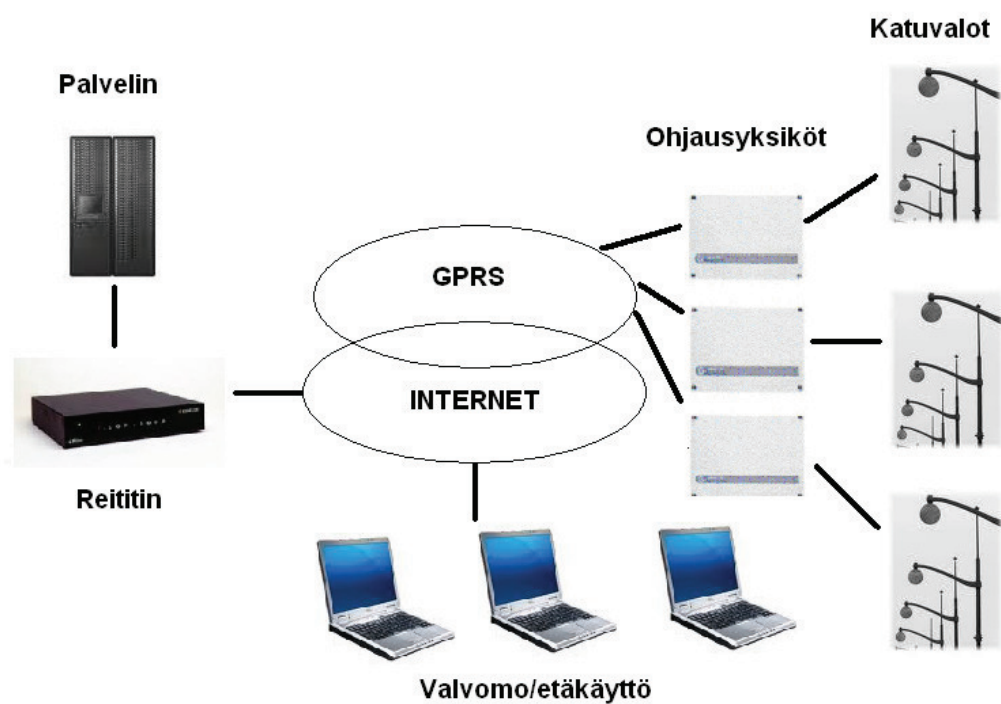
Älykkäät ohjausjärjestelmät (ks. kuvio 8) koostuvat yleensä katuvalokeskukseen sijoitettavista ohjausyksiköistä, jotka pitävät sisällään ohjelmoitavan logiikan. Katuvalokeskuksiin sijoitettavat logiikat ovat yhteydessä valvomoihin GPRS- tai GSM-yhteyden avulla.

Älykkään ohjausjärjestelmän avulla valot sytytetään ja sammutetaan valaistustilan-teen tai poikkeavan käyttötilanteen mukaan. Järjestelmän sytytys- ja sammutuskäskyt perustuvat yleensä valoisuusanturilta tulevaan tietoon. Jotta käskyt hyväksytään, on järjestelmän kellonajan oltava myös tilanteessa oikein, sillä valot eivät syty, mikäli kello ei ole antanut järjestelmälle tietoa odottaa sytytys- tai sammutuspulssia. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

Älykkäät ohjausjärjestelmät on suunniteltu niin, että niiden toiminta on vakaata myös ongelmatilanteissa, kuten esimerkiksi tietoliikennekatkokkien aikana. Ohjausyksikön prosessorin muistiin on älykkäissä ohjausjärjestelmissä mahdollista ohjelmoida aikakalenteri. Tämän avulla sytytys- ja sammutusajat ovat järjestelmän tiedossa vikatilanteissa ja oikea toiminta varmistetaan niin sanotun varajärjestelmän avulla. Aikakalenteriin on mahdollista asettaa myös määritetyt ajankohdat, milloin valot

ovat yöllä poissa päältä, eli energiansäästötilassa. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

Ohjauskeskukset ovat hallittavissa etävalvomosovellusten avulla. Nykyiset tietoliikenneyhteydet mahdollistavat näin ollen järjestelmien etävalvonnan ja hallinnan. Internetin välityksellä järjestelmien käyttäjät voivat olla yhteydessä katuvalaistusta ohjaavaan järjestelmän palvelimeen, joka periaatteessa voi sijaita missä puolella maapalloa tahansa.



KUVIO 8. Älykäs ohjausjärjestelmä

Katu- ja tievalaistuksen valvonta perustuu valvomoissa yleensä karttapohjaisiin selaimiin, joiden avulla voidaan nähdä valaistuksen tilatiedot reaaliaikaisesti. Valaistusta on mahdollista ohjata valvomosta käsin monin eri tavoin, esimerkiksi pakko-ohjata käsin kaikki katuvalot päälle tai vain tietty valaistusryhmä tai alue. Yleensä valvomosovellukset mahdollistavat erilaisten raporttien oton järjestelmän muistista, kuten esimerkiksi energiankulutuksen tai poltto-ajan raportoinnin, joiden avulla voidaan nähdä älykkään ohjausjärjestelmän kautta syntyvät taloudelliset hyödyt sekä huomata mahdolliset järjestelmässä olleet vikatilanteet.

3 ÄLYKKÄIDEN OHJAUSJÄRJESTELMIEN TIEDONSIIRTOMENETELMÄT

3.1 Yleistä

Älykkäät katu- ja taajamavalaistusta varten kehitetyt ohjausjärjestelmät ovat tulleet markkinoille pääosin 2000-luvun puolivälin jälkeen. Tämän tekniikan kehityksen avulla on katu- ja taajamavalaistuksen energiankulutus viety täysin uudelle tasolle. Älykkäiden ohjausjärjestelmien avulla valaistuksen taso pysyy ennallaan tai paranee, mutta silti valaistukseen kuluva energiankulutus on mahdollista lähes puolittaa. Energiankulutuksen merkittävän vähenemisen myötä saadaan aikaan suuria taloudellisia säästöjä ja lisäksi säästetään myös luontoa kasvihuonepäästöjen vähentymisen avulla.

Markkinoilla olevat älykkäät katu- ja taajamavalaistusta varten kehitetyt ohjausmenetelmät jakautuvat pääosin kahteen eri luokkaan tiedonsiirtotekniikoidensa avulla. Nämä luokat ovat sähköverkossa tapahtuva tiedonsiirto PLC-tekniikkaa hyödyntäen sekä langaton tiedonsiirto radiotaajuuksia hyödyntäen.

3.2 Tiedonsiirto sähköverkossa

Sähköverkkoa voidaan hyödyntää tiedonsiirrossa erilaisiin ohjaus-, valvonta- sekä mittaus toimintoihin. Sähköverkossa tapahtuva tiedonsiirto on kehittynyt merkittävästi ja sähköverkossa tapahtuvan tiedonsiirron määrää on saatu kasvatettua paljon. Tämä kehitys on johtunut paljolti siitä, että sähköverkossa tapahtuvalta tiedonsiirrolta vaaditaan enemmän nopeutta ja verkon tulisi mahdollistaa erilaisten palveluiden reaaliaikainen seuranta.

Suomessa sähköverkossa tapahtuvaan tiedonsiirtoon käytettävät taajuudet ovat 3–150 kHz:n välisellä taajuusalueella. Tämä taajuusalue on jaettu useaan osaluueeseen, joilla kaikilla on omat vaatimuksensa (ks. taulukko 1). (Uusitalo 1995.)

TAULUKKO 1. Taajuusalueet (Uusitalo 1995.)

| Taajuusalue | Käyttötarkoitus |
|-----------------|---|
| 3 - 9 kHz | Sähkölaitoskäyttöön, viestinsiirtoon rakennusten sähköverkoissa sähkölaitoksen määräämin ehdoin |
| 9 - 95 kHz | Sähkölaitoskäyttöön tai vastaavaan |
| 95 - 25 kHz | Kuluttajien laitteet |
| 125 - 140 kHz | Kuluttajien laitteet, vaaditaan lähetyskäytännön noudattamista |
| 140 - 148,5 kHz | Kuluttajien laitteet |

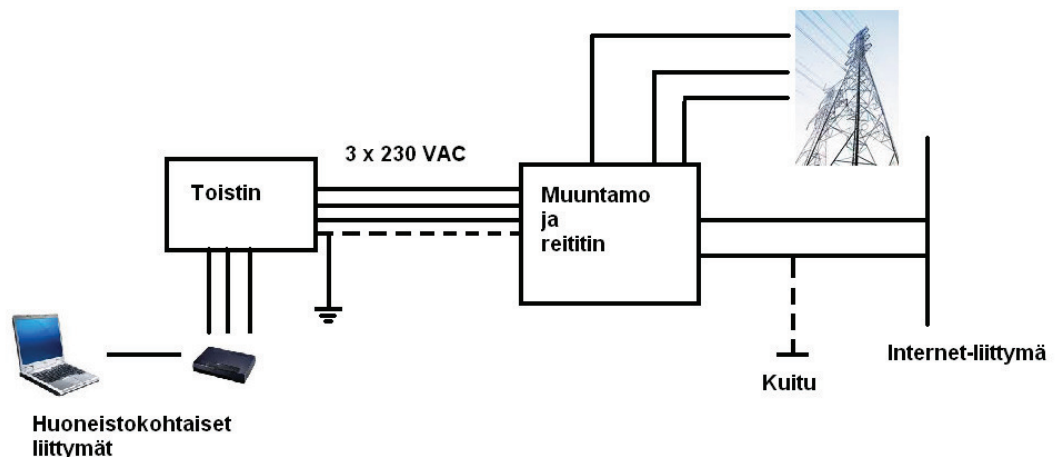
Sähköverkko on rakennettu sähkönsiirtoa varten, joka tapahtuu 50 Hz:n taajuudella. Tämä johtaa siihen, että tiedonsiirto sitä suuremmilla taajuuksilla on rajoitettua. Sähköverkkoa tiedonsiirrossa hyödyntävien ohjaus- ja mittausjärjestelmien taloudellisuus perustuu järjestelmien mahdollisuuksiin vaikuttaa kuormituksen ohjaukseen. (Uusitalo 1995.)

Sähköverkkoa hyödynnetään katu- ja tievalaistuksen ohjauksessa kaukokäytän avulla, jolloin valvomosta lähetetty käsky siirtyy sähköverkon kautta verkkoon kytkettyihin laitteisiin, eli tässä tapauksessa katuvalokeskuksissa sijaitseviin ohjausyksiköihin. Katuvalokeskuksissa sijaitsevien ohjausyksiköiden avulla voidaan vähentää sähköverkon tiedonsiirrossa tapahtuvaa kuormitusta ja tehdä järjestelmistä rakenteellisesti yksinkertaisempia.

3.3 PLC-tekniikka

PLC eli Power Line Communications tarkoittaa yleensä pienjänniteverkossa hyödynnettävää tekniikkaa, jossa tiedonsiirto tapahtuu sähköverkon avulla. Yksinkertaisesti tämä tekniikka perustuu siihen, että lähettäjä sekoittaa sähköjohtimeen signaalin, jonka vastaanottaja suodattaa erilleen 50 Hz:n signaalista. PLC-tekniikan avulla on

mahdollista kerätä ja lähettää suuria tietomääriä, joten tekniikka soveltuu erinomaisesti myös katuvalaistuksen älykästä ohjausta varten. PLC-tekniikalla on etuna se, että uutta kaapelointia ei tätä tekniikkaa varten tarvita, vaan tiedonsiirrossa voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa sähköverkkoa. Yleisesti etenkin älykkäissä katuvalaistuksen ohjausjärjestelmissä katuvalokeskuksilta tuleva tieto johdetaan keskitimeen, joka on sieltä saatavilla esimerkiksi GPRS-tekniikan avulla (ks. kuvio 9). (Mäkelä n.d.)



KUVIO 9. Yleiskuva PLC-tekniikasta (Mäkelä n.d.)

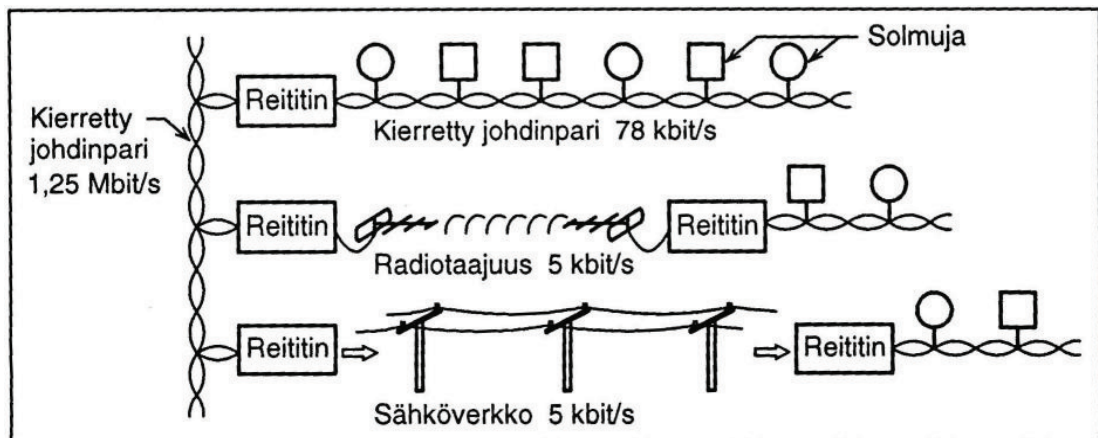
PLC-tekniikalla on omat huonot puolensa, joiden vuoksi se on aiheuttanut myös paljon keskustelua siitä, tulisiko tämä tiedonsiirron muoto kieltää kokonaan. PLC-tekniikan eniten arvostelua ja negatiivista kritiikkiä saanut puoli on se, että se käyttää hyväkseen tiedonsiirrossa yleistä sähköverkkoa, jota ei ole suunniteltu tiedonsiirtoa varten. Tämän vuoksi tiedonsiirto sähkökaapeleissa aiheuttaa säteilyn vuotoa ja häiriötä radiotaajuuksille, joka johtuu siitä, että sähkökaapeleita ei ole yleensä eristetty ollenkaan. Näin ollen erityisesti radioamatöörit ovat olleet tätä tekniikkaa vastaan, sillä PLC-tekniikka voi aiheuttaa korkeiden taajuuksien tukkeutumista. Myös Puolustusvoimat sekä Ilmailulaitos ovat olleet huolissaan tekniikan häiriömahdollisuuksista, mutta negatiivinen kanta on kuitenkin vähentynyt, kun tekniikka on ajan myötä osoittanut toimivuutensa ja häiriöttömyytensä. (Mäkelä n.d.)

3.4 LonWorks-teknologia (Local Operating Network)

LonWorks-teknologia on Yhdysvaltalaisen Echelon Corporationin kehittämä avoin, yleiskäyttöinen ja joustava kenttäväyläteknologia, jonka ensimmäinen versio on julkaistu vuonna 1991. LonWorks-teknologia perustuu digitaaliseen kaksisuuntaiseen sarjaväylään, joka on varustettu monipisteyhteyksillä. LonWorks-teknologia mahdollistaa eri laitevalmistajien laitteiden yhdistämisen, ohjauksen ja käytön heidän laitevalmistajista riippumattoman sarjaväyläteknikkaansa avulla. (Honkanen 2009.)

LonWorks-teknologia perustuu hajautettuun järjestelmään, jonka älykkyyks sijaitsee järjestelmän kenttälaitteissa, joita kutsutaan solmuiksi. Jokainen solmu on itsenäinen, älykäs kenttälaitte, joka hyödyntää kenttäväylää ohjelmointiin ja tiedonsiirtoon toisten älykkäiden kenttälaitteiden kesken. Solmujen älykkyyks perustuu Neuronmikropiireihin, joilla jokaisella on oma valmistusvaiheessa piiriin tallennettu 48-bittinen laitetunnus. Solmut sisältävät oman käyttöjärjestelmän, kolme mikroprosessoria sekä RAM-, ROM- ja EEPROM-muistit. Yksi Lon-verkko voi pitää sisällään kaikkiaan 32 385 laitetta. (Honkanen 2009.)

LonWorks-järjestelmän tiedonsiirto voidaan toteuttaa sähköverkon avulla, kierretyn parikaapelin avulla sekä langattomasti radiotaajuuksia hyödyntäen (ks. kuvio 10). Edellä mainittujen tiedonsiirtotapojen lisäksi siirtotienä on käytetty myös koaksiaali-kaapelia, valokuitua sekä langatonta infrapunatekniikkaa. (Honkanen 2009.)



KUVIO 10. LonWorks-järjestelmän tiedonsiirto mahdollisuudet (Honkanen 2009.)

LonWorks-verkossa tapahtuva tiedonsiirto perustuu LonTalk-protokollaan. LonTalk-protokolla pitää sisällään määritellyt standardisoidut verkkomuuttujat, SVNT:t (Standard Net Variable Type). Standardisoitujen verkkomuuttujien avulla solmut lähettävät tietoa toisilleen. (Honkanen 2009.)

LonTalk-verkkosanoman rakenne koostuu:

- Vastaanottavan solmun osoitteesta sekä tarvittaessa pää- ja aliverkon osoitteista
- Lähettävän solmun osoitteesta
- Viestityypistä
- Standardimuuttujan numerosta
- Lähtömuuttujan lukuarvosta

3.5 Langaton tiedonsiirto

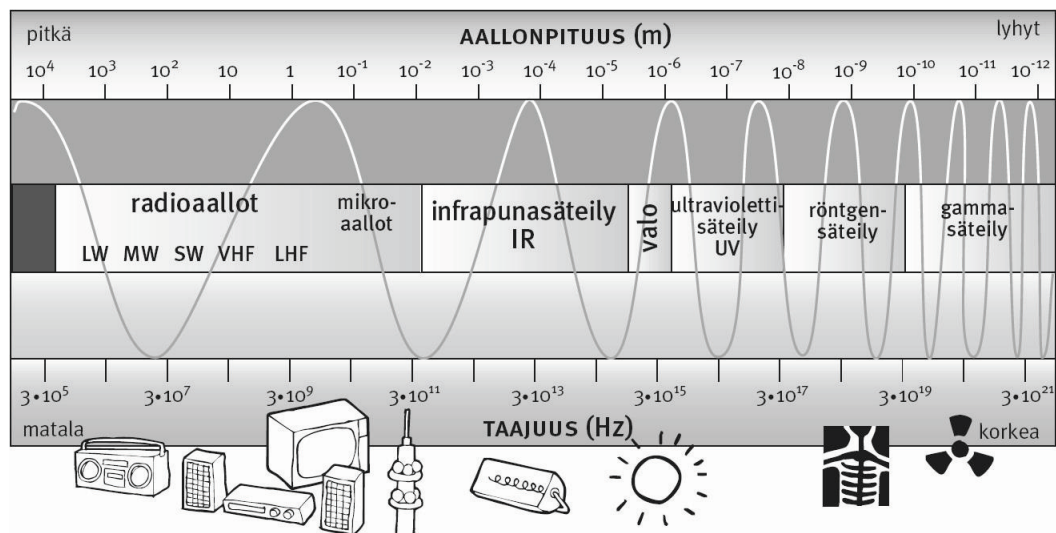
Langaton tiedonsiirtotekniikka perustuu yksinkertaisesti siihen, että lähetin lähettää elektromagneettisia aaltoja, jotka vastaanotin ottaa vastaan. Nykyisin tiedonsiirto ja viestintä on lähettimen ja vastaanottimen osalta kaksipuolista, eli toimilaitteissa on sekä lähetin, että vastaanotin. (Juutilainen 2006.)

Tarkemmin katsottuna tiedonsiirto langattomasti tapahtuu siten, että haluttu tieto muunnetaan radiosignaaliksi, radiosignaali vastaanotetaan ja saatu signaali muutetaan vielä ymmärrettävään muotoon. Kaikki tämä langaton viestintä tapahtuu yhdessä suuressa johtimessa, joka on ilma. (Juutilainen 2006.)

Langaton viestintä on tiedonsiirtotekniikka, missä lähetetty viesti ei saavu sataprosenttisesti vastaanottajalle. Tämä ei ole suuri ongelma vähäisessä tiedonsiirrossa, mutta mitä suurempaa tiedonsiirron määrä on, sitä suurempi mahdollisuus on vastaanottajan saada osittain virheellistä tietoa. Virheellisen tiedon saapuminen johtuu

yleensä siirtotien aikana signaalin vääristymisestä tai muuttumisesta. (Juutilainen 2006.)

Langaton viestintä jakautuu pääosin kolmeen eri luokkaan, joita ovat radioaallot, mikroaallot sekä infrapunasäteily (ks. kuvio 11). (Juutilainen 2006.)



KUVIO 11. Langattoman tiedonsiirron aallonpituudet (Juutilainen 2006.)

3.5.1 Radioaallot

Radioaallot ovat värähtelevää elektromagneettista säteilyä. Nämä radioaallot ovat sinimuotoisia ja niillä jokaisella on amplitudi, taajuus, aallonpituus, jakso sekä vaihe. Radioaallot toimivat noin 1 GHz:n asti ja radioaaltoja hyödynnetään yleensä ympärisäteilevissä toiminnoissa, kuten joukkoviestinnässä. Radioaaltojen matalan taajuuden vuoksi ne kulkevat kauas pienelläkin teholla, mutta tiedonsiirto on hidasta. Langatonta tiedonsiirtotekniikkaa valittaessa, on syytä ottaa huomioon radioaaltojen ominaisuudet, joita ovat vaimeneminen, sironta, häipyminen, monitie-eteneminen, heijastuminen, taipuminen sekä doppler-ilmiö. (Juutilainen 2006.)

3.5.2 Mikroaallot

Mikroaallot ovat sähkömagneettisia aaltoja, jotka toimivat noin 1–400 GHz:n taajuudella. Korkean taajuuden ansiosta mikroaallot pystyvät nopeaan tiedonsiirtoon. Mik-

roalloilla on tärkeä kyky edetä ilmakehässä lähes vaimentumatta, jonka vuoksi mikroaaltoja käytetään maanpinnan ja satelliittien väliseen tietoliikenteeseen. (Mikroaaltojen diffraktio 2003.)

Mikroaaltoja käytetään yleisesti tutkissa, satelliiteissa sekä radiolinkeissä. Ihmisille tutuin mikroaaltoja käyttävä esine on mikroaaltouuni, joka hyödyntää 2,45 GHz:n taajuutta, joka osuu sellaiselle mikrotaajuuskaistalle, että siitä lähtevä säteily ei häiritse muita tietoliikenneyhteyksiä. Muita tuttuja mikroaaltojen taajuudella toimivia laitteita ovat WLAN- ja Bluetooth-yhteyksiä hyödyntävät laitteet. (Mikroaaltojen diffraktio 2003.)

Voimakkaat mikroaaltokentät ovat vaarallisia ihmiskehölle, sillä mikroaaltojen tunkeutumissyvyys ihmiskudokseen on 2–5 cm. Voimakas mikroaaltosäteily voi aiheuttaa lämpenemisen kautta vaurioita sellaisiin kehon kudoksiin, joita verenkierto ei jäähdytä ja jotka ovat herkkiä lämpötilan nousulle. Myös hermosolut voivat vahingoittua mikroaaltojen vuoksi, joten varotoimenpiteet ovat välttämättömiä paikoissa, joissa esiintyy voimakkaita mikroaaltokenttiä. (Mikroaaltojen diffraktio 2003.)

3.5.3 Infrapunasäteily

Infrapunasäteily on 300 GHz:n - 200 THz:n taajuudella toimivaa säteilyä, joka pystyy suureen tiedonsiirron määrään, mutta vain rajallisen ja suunnatun matkan. Infrapuna on yleisesti edullinen ja yksinkertainen tiedonsiirtotapa, joka ei kärsi radiotaajuuksien tapaan kaistanleveyden puutteesta. Infrapunaa käytetään tiedonsiirrossa paikoissa, joissa radiotaajuudet voivat aiheuttaa häiriöitä muille tiedonsiirtotekniikoille. Infrapunatekniikka jakautuu kahteen osaan, suunnattuun sekä hajautettuun yhteyteen. (Hyvärinen 1999.)

Suunnattu infrapunayhteys on suunniteltu paikoillaan olevien laitteiden yhdistämiseen, jotka on mahdollista manuaalisesti suunnata toisiaan kohden. Suunnatun yhteyden etuja hajautettuun yhteyteen verrattuna ovat kaapeloinnin puute sekä hyvät tiedonsiirtonopeudet ja kantomatkat. Suunnattu infrapunayhteys on herkkä häiriöte-

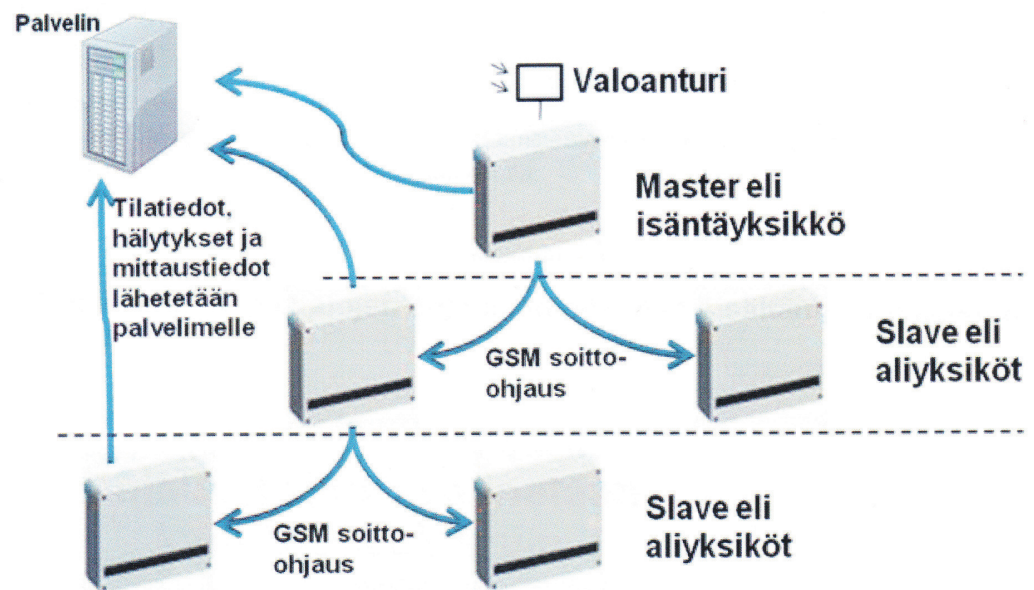
kijöille, joten esimerkiksi ihmisen liikkuminen väärässä paikassa voi katkaista yhteyden. (Hyvärinen 1999.)

Hajautettu infrapunayhteys perustuu heijastuksiin. Heijastettu infrapunayhteys erilaisten pintojen, kuten lattioiden ja seinien kautta, mahdollistaa samassa tilassa sijaitsevien laitteiden yhdistämisen toisiinsa ilman erillistä suuntausta. Tämän ansiosta laitteiden liikuttaminen ei katkaise yhteyttä ja kantomatka kattaa yleensä normaalin toimistohuoneen kokoisen tilan. Myös isommissa tiloissa hajautettua infrapunayhteyttä voidaan toteuttaa tukiasemien lisäyksen avulla. Hajautettu infrapunayhteys kestää suunnattua infrapunayhteyttä paremmin häiriötä ja liikenneyhteys ei katkea, jos esimerkiksi ihminen liikkuu fyysisten laitteiden välillä. Hajautettua infrapunayhteyttä ei voida toteuttaa kuin sisätiloissa, sillä auringon infrapunasäteily häiritsee yhteyden toimintaa. (Hyvärinen 1999.)

4 TOIMEKSIANTAJAN TUOTTEET JA PALVELUT

4.1 C2 SmartLight

C2 SmartLight on C2 Information Systems Oy:n kehittämä älykäs katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä, joka koostuu katuvalokeskuksiin asennettavista ohjausyksiköistä, palvelinympäristöstä, Internet-selaimella hallittavasta käyttöliittymästä sekä TroubleTicket-työnohjausjärjestelmästä. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä- esite 2009.)

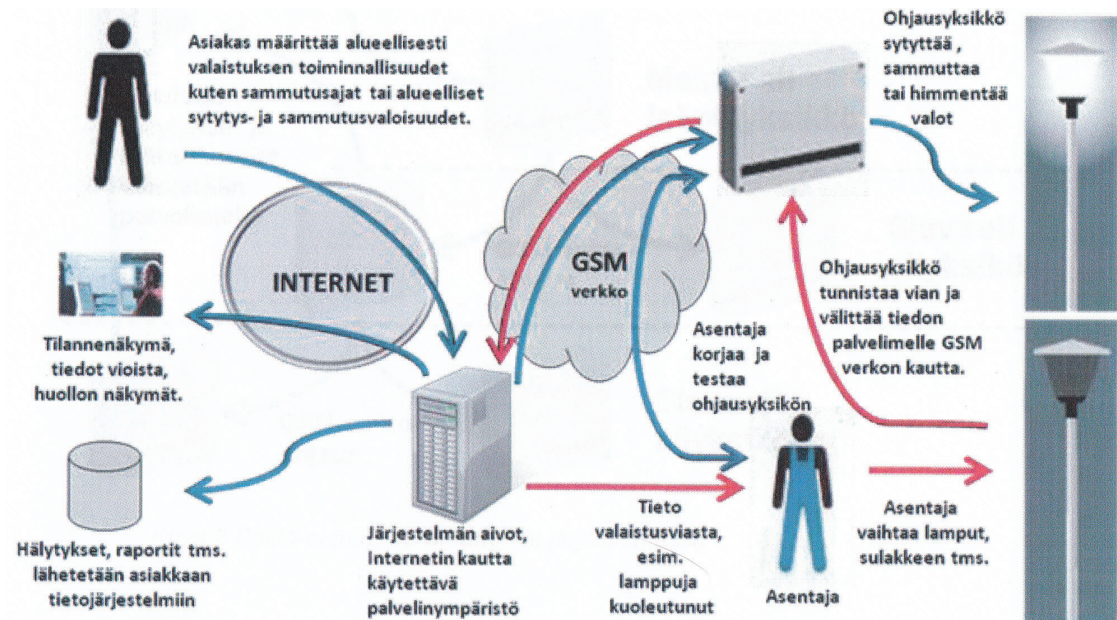


KUVIO 12. C2 SmartLight-järjestelmän soitto-ohjaus (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esitys 2009.)

C2 SmartLight-katuvalojen ohjausjärjestelmän rakenne koostuu yhdestä tai useammasta master- eli isäntä-yksiköstä sekä useista sen aliyksiköistä eli slaveista (ks. kuvio 12). Yleensä jokainen valaistusalue pitää sisällään oman master-ohjausyksikön, joka huolehtii itsestään ja sen alla olevien slave-yksiköiden toiminnasta. Master-ohjausyksikkö mittaa siihen kytketyn valoisuusanturin avulla ympäristön valoisuutta ja ohjaa käyttöliittymän kautta määritettyjen valaistustasojen mukaan GSM-soitto-ohjauksella slave-yksiköt sytyttämään ja sammuttamaan valonsa ajankohdasta riippuen. Mahdollisissa vikatilanteissa ohjausyksiköiden toiminta varmistetaan logiikan sisäisen kellon ja muistiin tallennettujen, erikseen määriteltävien ajankohtien mukaisesti, jolloin esimerkiksi tietoliikennekatkokkien aikana ohjauskäskyjen puuttuessa, ohjausyksiköt toimivat normaalisti ja valot syttyvät sekä sammuvat oikeaan aikaan. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esitys 2009.)

Katuvalokeskuksiin asennettavat ohjausyksiköt ovat GSM-verkon avulla yhteydessä Internetin kautta käytettävään palvelinympäristöön (ks. kuvio 13). GSM-liikennöinti keskuksien ja palvelimen välillä toteutetaan M2M GSM-liittymien avulla, jotka mahdollistavat sen, että liikennöintiryhmät ovat ennalta määritettyjä ja ulkopuolisilla

GSM-liittymillä ei ole mahdollista ottaa yhteyttä palvelimelle tai yksittäisiin logiikoihin. M2M GSM-liittymät turvaavat näin ollen myös mahdolliset hakkerointi- ja häirintätapaukset. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)



KUVIO 13. SmartLight ohjaus ja valvontapalvelu (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009)

C2 SmartLight-katuvalokeskus sisältää ohjaustarpeista riippuen joko kolme tai kuusi kontaktoria. Kontaktorien avulla C2 SmartLight mahdollistaa valaistuksen sekä alue-, että vaihekohtaisen ohjauksen. Valaistuksen aluekohtaisella ohjauksella voidaan keskuskohtaisesti ohjata esimerkiksi haluttujen katujen valaistusta määriteltyjen kellonaikojen mukaisesti vuorokausittain. Vaihekohtainen ohjaus mahdollistaa vaiheiden vuorottelun, jolloin esimerkiksi samaa lamppua ei tarvitse syyttää joka yö, vaan vaiheiden vuorottelun avulla pystytään ohjaamaan kolmea eri lamppua. Valojen ohjaus voidaan määrittää alue- sekä vaihekohtaisessa ohjauksessa ulkoisten anturitietojen, kellonajan tai kalenterin avulla tai kaikkien näiden yhdistelmänä. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

C2 SmartLight-katuvalokeskukseen on mahdollista liittää ulkopuolisia antureita, kuten valoisuus- sekä lämpötila-anturit. Anturit kytketään yleensä master-yksikköön, joka ohjaa valaistusta valoisuuden tai lämpötilojen mukaan. Valoisuusanturin mitta-

ustietojen avulla master-yksikölle voidaan määritellä käyttöliittymän avulla ajan-kohtaan sopivat, valoisuusarvoihin perustuvat sytytys- ja sammutusarvot. Lisäksi keskukselle on mahdollista laittaa ovianturi, joka keskuksen oven avautuessa aiheuttaa hälytyksen. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

C2 SmartLight ohjausyksikkö (ks. kuvio 14) mahdollistaa reaaliaikaisen virta- ja jännitemittauksen. Virtamittauksen avulla käyttöliittymään saadaan reaaliajassa hälytystieto, jos ohjausyksikön virrankulutuksessa tai virta-arvoissa tapahtuu normaaliin toimintaan vaikuttavia muutoksia. Näitä muutoksia voivat olla kuoleutuneet lamput, sulake- ja kontaktoriviat, rikkoutuneet komponentit sekä valojen päälle jääminen. Virtamittaus mahdollistaa vikatilanteiden huomioon, vinokuormien poistamisen sekä keskuskohtaisen jännitteenalentamisen automaattisäädön. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

C2 SmartLight ohjausyksikön jännitteenmittausmoduulit mahdollistavat säästömuuntajan seurannan ja ohjaamisen. Jännitemittauksen avulla käyttöliittymään saadaan reaaliajassa hälytystieto, jos ohjausyksikön jännitteensyötössä tapahtuu muutoksia. Tällaisia muutoksia voivat olla esimerkiksi tehonsyöttöhäiriöt, jolloin säästömuuntajan syöttöjännite ei muutu asetusarvojen mukaisesti. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

Virta- ja jännitemittauksien avulla asiakkaille on mahdollista tuottaa erilaisia raportteja, jotka liittyvät energiankulutukseen, polttoaikaan sekä vikatietoihin. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

Internet-selaimella hallittava, karttapohjainen käyttöliittymä mahdollistaa katuvalojen reaaliaikaisen seurannan. Käyttöliittymän avulla voidaan seurata karttapohjaisesti esimerkiksi koko kaupungin alueella sijaitsevia katuvalokeskuksia, jotka väri-informaation avulla havainnollistavat valaistuksen tilannetiedon (valot päällä/pois/hälytys). Jokainen katuvalokeskus päivittää automaattisesti joka tunti tilannetietonsa käyttöliittymään. Tilannetieto päivittyy myös siinä tapauksessa, jos keskuksella tapahtuu sen toimintaan vaikuttavia muutoksia, esimerkiksi virran- tai jännitteen syötössä. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite 2009.)

C2 SmartLight sisältää myös TroubleTicket-työnohjausjärjestelmän, jonka avulla vikailmoitukset sekä työmääräykset voidaan toimittaa eteenpäin asiakkaalle ja tarkkailla asentajille tehtäviksi määritettyjen työsuoritusten valmistumista. (C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esitys 2009.)



KUVIO 14. Valmiiksi asennettu ohjausyksikkö

5 MARKKINOILLA OLEVAT ÄLYKKÄÄT KATU- JA TAAJAMAVALAISTUKSEN OHJAUSRATKAISUT

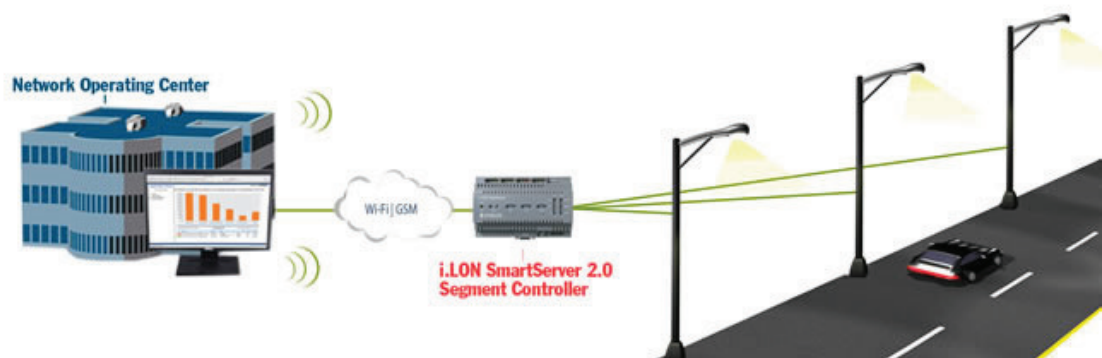
5.1 Markkinoilla olevia LonWorks-teknologiaa hyödyntäviä älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä

Markkinoilla olevat katu- ja taajamavalaistukseen erikoistuneet yritykset, jotka hyödyntävät tiedonsiirrossa sähköverkkoa (PLC-tekniikka), perustavat tekniikkansa yleisesti LonWorks-teknologiaan. Yleisesti katu- ja taajamavalaistusta tarjoavat yritykset

hyötyvät LonWorks-teknologian avoimuudesta ja integroimismahdollisuuksista. LonWorks-teknologia on helppo asentaa yhteisen ohjauksen avulla ja järjestelmää on helppo muuntaa sekä laajentaa. Tämä mahdollistaa uudelleen ohjelmoinnin yksinkertaistamisen, muutuskustannusten pienentämisen sekä kaapeloinnin vähenemisen. Järjestelmän valvonta, ylläpito sekä ohjaus ovat yksinkertaista, tehokasta ja energiänsäästö paranee yhteiskäytön avulla. Siirtoteitä on mahdollista yhdistää keskenään reitittimen avulla. LonWorks-teknologian suurin markkina-etuna on yksi järjestelmä monien erillisten järjestelmien sijaan. (Honkanen 2009.)

5.1.1 Echelon Corporationin katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

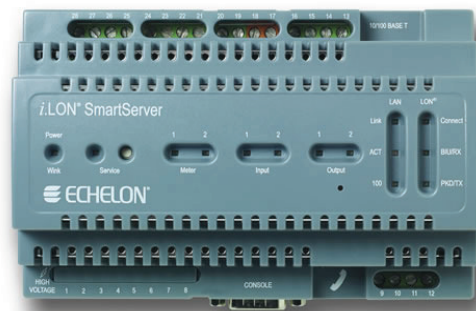
Echelon Corporation on kehittänyt LonWorks-teknologiaansa hyödyntävän älykkään katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän (ks. kuvio 15). Tämä ohjausjärjestelmä hyödyntää tiedonsiirrossa PLC-tekniikkaa ja järjestelmä koostuu Internetin kautta hallittavasta käyttöliittymästä, katuvalokeskuksiin asennettavista i.LON SmartServer 2.0 ohjausyksiköistä sekä katuvalaisimiin asennettavista, kuristimia ohjaavista elektronisista liitäntälaitteista, joita ohjataan katuvalokeskuksilta valaisinpylväisiin tulevien ohjauskaapeleiden avulla. (Echelon Corporation 2010.)



KUVIO 15. Echelon Corporation katuvalojen ohjausjärjestelmä (Echelon Corporation 2010.)

i.LON SmartServer 2.0 (ks. kuvio 16) on katuvalokeskukseen asennettava ohjausyksikkö, jota ohjataan Internet-selaimella hallittavalla SmartServer Web 2.0 käyttöliittymällä. Käyttöliittymän avulla ohjataan katuvalaisimissa sijaitsevia kuristimia, joiden liitäntälaitteet saavat ohjausyksiköiltä ohjauskaapeleita pitkin käskyn, jonka mukaan

kuristimia ohjataan ja valot himmenevät tai kirkastuvat. Käyttöliittymä ja katuvalokeskuksissa sijaitseva ohjausyksikkö kommunikoivat ADSL/GSM/GPRS-yhteyden avulla. Käyttöliittymän avulla seurataan katuvalojen toimintaa, ohjataan valaistusta sekä määritellään valaistukselta vaaditut toiminnot. Echelon Corporationin toteuttama katuvalojen ohjausjärjestelmä mahdollistaa valaisinkohtaisen ohjauksen, joten jokaista lamppua voidaan ohjata itsenäisesti SmartServer Web 2.0 käyttöliittymän avulla. (Echelon Corporation 2010.)



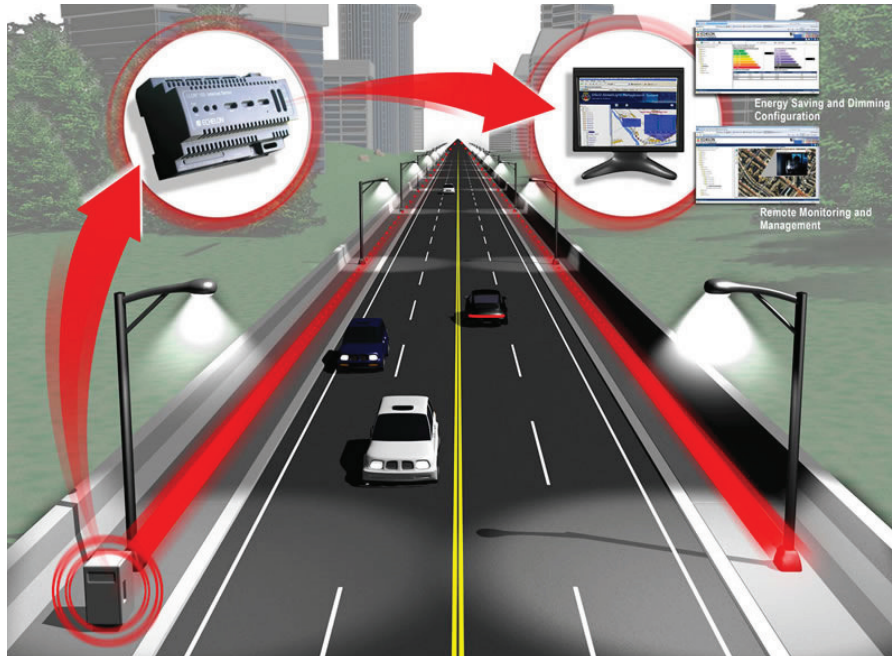
KUVIO 16. Echelon i.LON SmartServer (Echelon Corporation 2010.)

Katuvalaisimissa kuristimiin integroitujen elektronisten liitälaitteiden avulla mahdollistetaan automaattinen vikojen havaitseminen, esimerkiksi palaneet lamput. Kuristimien avulla voidaan myös kirkastaa ja himmentää valaistusta 0,5 prosentin tarkkuudella sekä tuottaa erilaisia raportteja valaisimien toiminnasta, kuten energiankulutus- sekä paloaikaraportit. (Echelon Corporation 2010.)

LonWorks-teknologia (ks. kuvio 17) tarjoaa PLC-tekniikkaa hyödyntäen toimintavarmen valaistuksenohjausjärjestelmän, joka on immuuni häiriötekijöille, kuten liikenteelle, sääolosuhteille sekä erilaisille maastoille. LonWorks-teknologia mahdollistaa tuhansien älykkäiden LonWorks-tekniikkaa hyödyntävien tuotteiden toiminnan samassa väylässä sekä uusien laitteiden nopean lisäämisen ja käyttöönoton. (Echelon Corporation 2010.)

Echelonin LonWorks-teknologia ja i.LON SmartServer 2.0 on suosittu älykkään valaistuksen ohjausmenetelmä ympäri maapalloa. Useimpien sähköverkkoa tiedonsiirrossa

hyödyntävien, älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä tarjoavien yritysten valaistuksen ohjausmenetelmät perustuvatkin Echelonin tuotteisiin ja tekniikkaan.

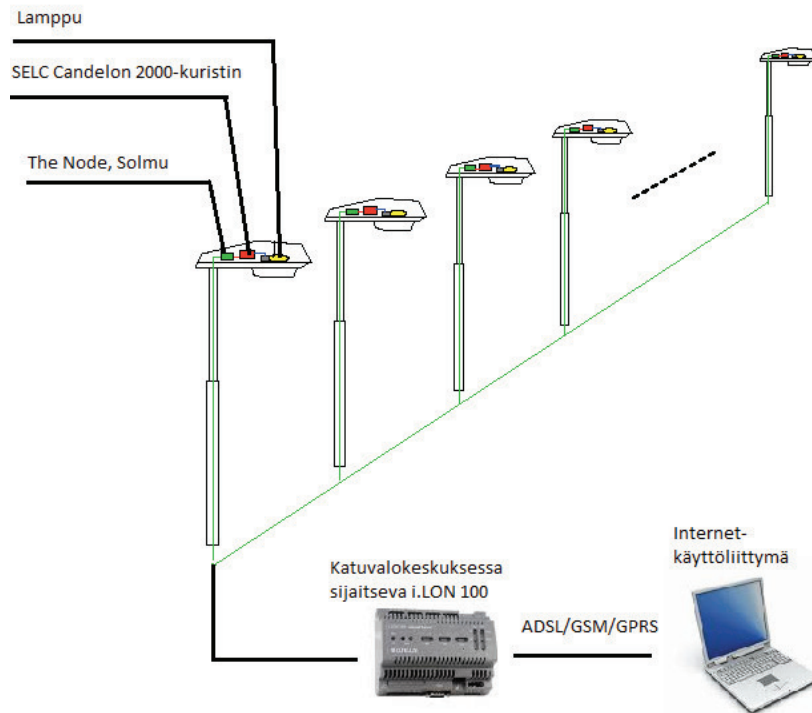


KUVIO 17. Echelon Corporation katuvalojen ohjausjärjestelmän rakenne (Echelon Corporation 2010.)

5.1.2 The SELC Candelon Suite-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

SELC Ireland Limited on irlantilainen vuonna 1982 perustettu yritys, joka on erikoistunut valaistuksessa käytettäviin ohjauslaitteisiin ja ohjausjärjestelmiin. Yritys on tuonut markkinoille oman LonWorks-teknologiaan perustuvan älykkään katuvalojen ohjausjärjestelmän, The SELC Candelon Suiten. (Selc Ireland Ltd. 2010.)

The SELC Candelon Suite (ks. kuvio 18) on avoin ja muunneltava katuvalojen ohjausjärjestelmä, joka koostuu älykkäistä katuvalaisimiin asennettavista SELC Candelon 2000-kuristimista elektroniseneen liitäntälaitteineen, katuvalokeskuksiin asennettavista Echelon Corporationin i.LON 100-ohjausyksiköistä sekä Internet-selaimella hallittavasta SELC Candelon Studio-käyttöliittymästä. (Selc Ireland Ltd. 2010.)



KUVIO 18. The SELC Candelon Suite-ohjausjärjestelmän rakenne

The SELC Candelon Suite-katuvalojen ohjausjärjestelmän toiminta perustuu Internet-selaimella hallittavan käyttöliittymän ja katuvalokeskuksissa sijaitsevien i.LON 100-ohjausyksiköiden sekä katuvalaisimissa sijaitsevien, kuristimiin integroitujen elektronisten liitännälaitteiden väliseen kommunikointiin. Käyttöliittymästä lähetetty käsky siirtyy ADSL/GSM/GPRS-yhteyden avulla i.LON 100-ohjausyksikköön, mistä signaali etenee valaisinpylväissä sijaitsevien ohjauskaapeleiden kautta katuvalaisimiin asennetuille elektronisille liitännälaitteille, jotka ohjaavat lamppuja kuristimien avulla. Ohjausjärjestelmän älykkyys perustuu kaksisuuntaiseen sarjaväylässä tapahtuvaan liikennöintiin elektronisten liitännälaitteiden sekä ohjausyksikön välillä. (Selc Ireland Ltd. 2010.)



KUVIO 19. SELC Candelon 2000-kuristin (Selc Ireland Ltd. 2010.)

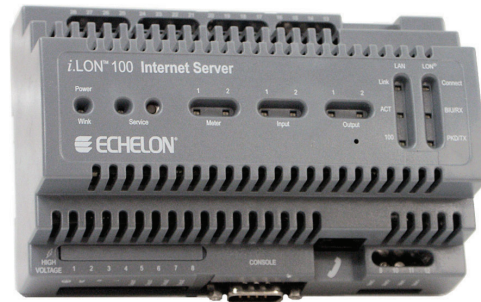
SELC Candelon 2000-kuristin (ks. kuvio 19) on älykäs katuvalaisimien virranlähde, joka on suunniteltu erityisesti suurpainenatrium- sekä monimetallilamppuja varten. Kuristimen avulla voidaan pidentää lamppujen elinikää ja parantaa valaisimien tehohyötysuhdetta. Kuristin mahdollistaa lampun tarkan ohjaamisen, automaattisen lampun vikatiedon havaitsemisen sekä esimerkiksi virta- ja jännitemittauksien suorittamisen ja mittatietojen lähetyksen käyttöliittymään. (Selc Ireland Ltd. 2010.)



KUVIO 20. The Node (Selc Ireland Ltd. 2010.)

The Node (ks. kuvio 20) on katuvalaisimissa sijaitseviin kuristimiin integroitava elektroninen liitäntälaitte, joka mahdollistaa yhteyden älykkään SELC Candelon 2000 kuris-

timen ja sähköverkossa liikkuvan signaalin välille. (Selc Ireland Ltd. 2010.)



KUVIO 21. Echelon i.LON 100 (Echelon Corporation 2010.)

Echelon Corporationin valmistama i.LON 100 (ks. kuvio 21) on katuvalokeskuksiin asennettava ohjausyksikkö, jonka avulla ohjataan katuvalaisimessa sijaitsevaa elektronista liitäntälaitetta, eli solmua, joka ohjaa SELC Candelon 2000 kuristinta. i.LON 100 ohjausyksikkö mahdollistaa sähköverkossa tapahtuvan kaksisuuntaisen liikennöinnin. Ohjausyksikön ominaisuuksiin kuuluu valaisinkohtainen sekä valaisinryhmäkohtainen ohjaus, aikatauluihin perustuva valaisinten ohjaus sekä dynaaminen sää- ja liikenneolosuhteisiin mukautuva ohjaus, joka vaatii toimiakseen tulo- ja lähtöpuolelle liitettävät ulkoiset kenttälaitteet. (Echelon Corporation 2010.)

SELC Candelon Studio on ohjausjärjestelmän Internet-selaimen kautta hallittava karttapohjainen käyttöliittymä. Käyttöliittymän avulla voidaan reaaliaikaisesti seurata katuvalojen toimintaa ja tarkkailla esimerkiksi virrankulutusta, jännitetasoa, lampun lämpötilaa sekä polttoaika. Käyttöliittymä mahdollistaa älykkäiden kuristimien avulla myös erilaisten raporttien, kuten polttoaika- ja energiankulutusraporttien ottamisen halutulta ajanjaksolta. (Selc Ireland Ltd. 2010.)

5.1.3 Philips Starsense-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Philips on yritys, joka hallitsee tänä päivänä maailman valaistusmarkkinoita ja tarjoaa suuren tuotevalikoiman erilaisia lamppeja, valaistuselektroniikkaa, liitäntälaitteita sekä erilaisia valaistusratkaisuja ja ohjausjärjestelmiä. Philips Lighting on tuonut markkinoille LonWorks-teknologiaan perustuvan Starsense Management valaistuk-

sen ohjausjärjestelmän, jonka avulla taajamavalaistusta on mahdollista tarkkailla, ohjata, mitata sekä diagnosoida. (Philips Lighting 2010.)

Starsense Management-ohjausjärjestelmä koostuu katuvalaisimiin asennettavista OLC (Outdoor Luminaire Controller) ohjaimista, katuvalokeskuksiin asennettavista SC (Segment Controller) segmenttiohjaimista sekä Starsense Supervisor-valvontaohjelmistosta. Ohjausjärjestelmän avulla katuvalaisimia voidaan hallita sekä valaisin-, että ryhmäkohtaisesti. Starsense Management-ohjausjärjestelmä hyödyntää edistynyttä viestintäteknologiaa avoimessa LonWorks-protokollassa, jossa yksittäiset valaisimet voivat toistaa komentoja, jolloin komennot saapuvat aina perille sähköverkon tilasta riippumatta. (Philips Lighting 2010.)



KUVIO 22. Philips Outdoor Luminaire Controller (Philips Lighting 2010.)

OLC (Outdoor Luminaire Controller) on valaisimeen integroitava tai katuvalopylväseen asennettava yksittäisen katuvalaisimen ohjainyksikkö, joka sytyttää ja sammuttaa lampun sekä havaitsee mahdolliset viat. Ohjainyksikkö (ks. kuvio 22) kommunikoi sähköverkon avulla segmenttiohjaimen kanssa ja käyttää 1 - 10 voltin ohjaussignaalia liittymänä elektroniseen liitälaitteeseen ja relettä sytyttämiseen sekä sammuttamiseen. Ohjainyksikkö pitää sisällään digitaalisen syötön, joka on suunniteltu kytkeytymään valokennoon, mikä mahdollistaa valaisimen paikallisen ohjauksen. (Philips Lighting 2010.)



KUVIO 23. Philips Segment Controller (Philips Lighting 2010.)

SC (Segment Controller) on segmenttiohjain, joka ohjaa samaan sähköverkkoon liitettyjä, katuvalaisimiin integroituja tai katuvalopylväisiin asennettuja OLC-ohjainyksiköitä. Segmenttiohjain (ks. kuvio 23) kerää myös tietoa OLC-ohjainyksiköiltä ja lähettää ne eteenpäin Internetin välityksellä etätietokoneella sijaitsevaan Starsense Supervisor-käyttöliittymään (ks. kuvio 24). Segmenttiohjaimen kaksi sisääntuloa ja kaksi ulostuloa mahdollistaa kentälaitteiden, kuten liikenneseläkkeiden, sääasemien tai liikenneantureiden liittämisen järjestelmään. Segmenttiohjain mahdollistaa katuvalaisimien valaisinkohtaisen sekä ryhmäkohtaisen ohjauksen, aikataulujen mukaan toimivaan ohjauksen sekä erilaisten OLC-ohjainyksiköiltä tulevien tilatietojen välittämisen Starsense Supervisor-käyttöliittymään. Yhteen segmenttiohjaimen on mahdollista liittää maksimissaan 140 OLC-ohjainyksikköä. (Philips Lighting 2010.)



KUVIO 24. Philips Starsense Management-ohjausjärjestelmän rakenne (Philips Lighting 2010.)

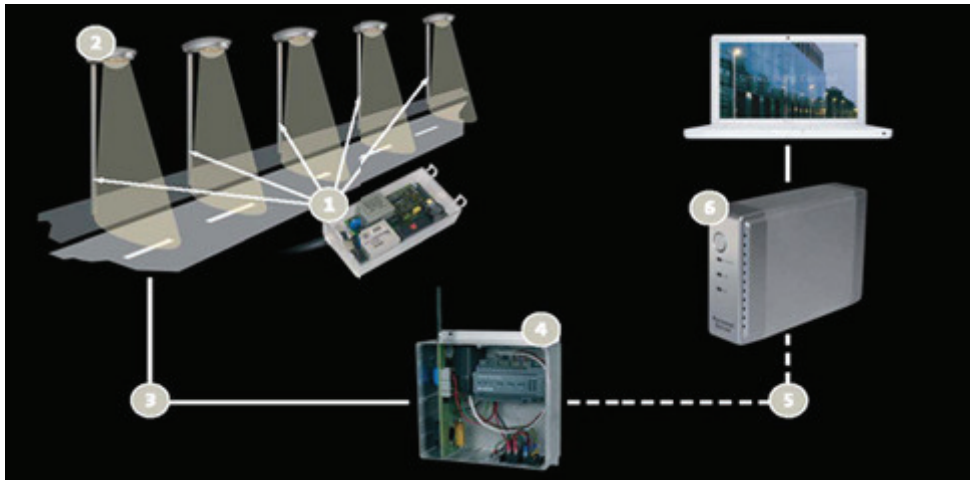
Starsense Supervisor-valvontaohjelmisto on karttapohjainen, Internet-selaimen avulla hallittava käyttöliittymä, jonka avulla valvotaan ja ohjataan segmenttiohjaimia. Valvontaohjelmisto kerää segmenttiohjaimilta saapuvan tiedon ja tallentaa ne avoimeen keskustietokantaan. Käyttöliittymän avulla voidaan seurata ja raportoida ylläpitokustannuksia, kuten esimerkiksi energiankulutusta sekä lamppujen polttoaikaa. (Philips Lighting 2010.)

5.1.4 Siteco Light Control-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Siteco on yksi maailman valaistusmarkkinoiden johtavista yrityksistä, joka on erikoistunut ulko- ja sisävalaistustuotteisiin sekä erilaisiin ohjausjärjestelmiin. Siteco on tuonut markkinoille LonWorks-teknologiaan perustuvan älykkään katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän, Siteco Light Controlin. (Siteco 2010.)

Siteco Light Control-ohjausjärjestelmä (ks. kuvio 25) koostuu katuvalaisimiin asennettavista, elektronisilla liitäntälaitteilla varustetuista kuristimista, katuvalopylväisiin asennettavista ohjainyksiköistä, katuvalokeskuksiin asennettavista kommunikatiomodulleista sekä palvelimesta ja käyttöliittymänä toimivasta valvomosovelluksesta.

ta. Ohjausjärjestelmä mahdollistaa katuvalaisimien yksittäisen sekä ryhmäkohtaisen ohjauksen. (Siteco 2010.)



KUVIO 25. Siteco Light Control-ohjausjärjestelmän rakenne (Siteco 2010.)

Katuvalaisimiin asennetut elektronisilla liitäntälaitteilla varustetut kuristimet toimivat katuvalaisimen virranlähteenä, joiden avulla voidaan suorittaa lampun tarkka ohjaaminen (himmittäminen/kirkastaminen), vikatietojen havaitseminen sekä virta- ja jännitemittauksien suorittaminen. Kuristimet ovat yhteydessä liitäntälaitteidensa avulla katuvalopylväissä sijaitseviin ohjainyksiköihin, joiden kautta kuristimet saavat toiminnalliset käskyt sähköverkon kautta. (Siteco 2010.)

Katuvalopylvääseen asennettava ohjainyksikkö hyödyntää sähköverkkoa kaksisuuntaisessa tiedonsiirrossa kommunikaatiomodulin ja kuristimen elektronisen liitäntälaitteen välillä. Valojen ohjainyksikkö lähettää kommunikaatiomoduilta saamansa käskyt eteenpäin kuristimen elektroniselle liitäntälaitteelle, joka ohjaa kuristimen sytyttämään/sammuttamaan tai kirkastamaan/himmittämään valaisimen. Ohjainyksikkö kerää myös liitäntälaitteelta saadut tiedot ja lähettää ne eteenpäin kommunikaatiomodulille. (Siteco 2010.)

Kommunikaatiomoduli on katuvalokeskuksiin asennettava ohjausyksikkö, joka pitää sisällään Echelon Corporationin valmistaman segmenttiohjaimen. Kommunikaatiomoduli huolehtii katuvalopylvääseen asennetun ohjainyksikön toiminnasta, kerää

erilaiset ohjainyksiköltä saamansa tiedot ja ohjaa ne eteenpäin palvelimelle, jonka kautta tiedot siirtyvät valvomosovellukseen. (Siteco 2010.)

Siteco Light Control-valvomosovellus on karttapohjainen, reaaliaikainen, Internet-selaimella hallittava käyttöliittymä, jonka avulla katuvaloja voidaan hallita valaisin- tai ryhmäkohtaisesti. Käyttöliittymä mahdollistaa erilaisten raporttien luonnin järjestelmän palvelimella sijaitsevista tiedoista. (Siteco 2010.)

5.2 Markkinoilla olevia langatonta tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntäviä älykkäitä katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä

Langaton, radiotaajuuksia hyödyntävä tiedonsiirtotekniikka on PLC-tekniikan ohella toinen kilpailukykyinen tiedonsiirtotekniikka, jota hyödynnetään katu- ja taajamavalaistuksen ohjauksessa.

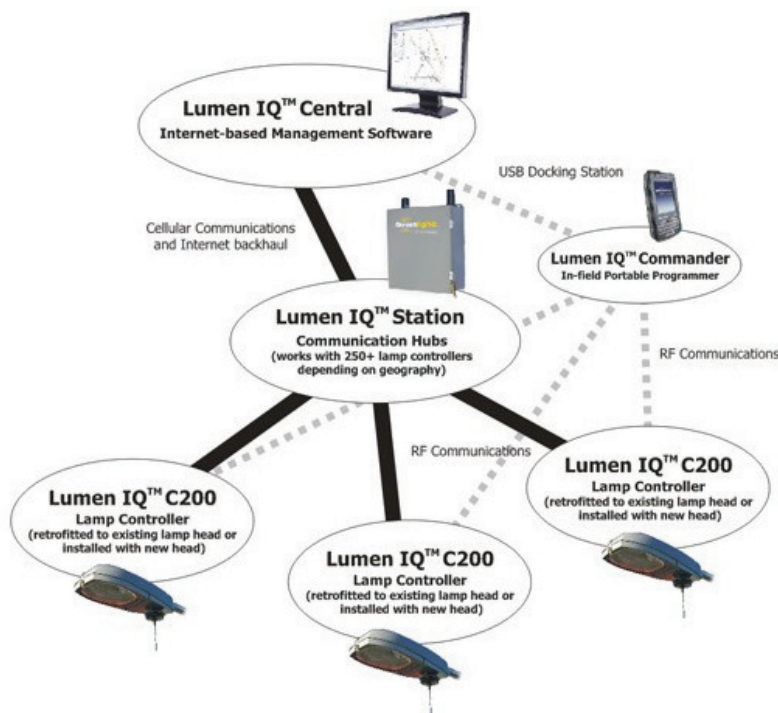
Markkinoilla olevat langatonta tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntävät ohjausjärjestelmät koostuvat yleensä Internet-selaimella hallittavasta valvomosovelluksesta, katuvalokeskuksiin asennettavista ohjausyksiköistä sekä katuvalaisimiin asennettavista ohjainyksiköistä.

Internet-pohjainen valvomosovellus on ADSL/GSM/GPRS-yhteyden avulla yhteydessä katuvalokeskuksissa sijaitseviin ohjausyksiköihin, jotka ohjaavat katuvalaisimissa sijaitsevia ohjainyksiköitä radiotaajuuksilla toimivan langattoman tiedonsiirtotekniikan avulla. Valvomosovelluksesta ohjausyksiköille siirtyvät käskyt muunnetaan ohjausyksiköillä radiosignaaleiksi, jotka lähetetään valaisimissa sijaitseville ohjainyksiköille, missä käsky muutetaan ymmärrettävään muotoon, jonka avulla ohjainyksikkö ohjaa valaisimen toimintaa. Katuvalokeskuksissa sijaitsevien ohjausyksiköiden sekä valaisimien ohjainyksiköiden sisältämät lähetin-vastaanottimet mahdollistavat kaksisuuntaisen liikennöinnin, jonka avulla mahdollistetaan katuvalaisimien valaisinkohdainen ohjaus sekä reaaliaikainen seuranta valvomosovelluksella.

5.2.1 Lumen IQ-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Kanadalainen Streetlight Intelligence Ltd. on vuonna 1998 perustettu yritys, joka on erikoistunut katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien suunnitteluun. Streetlight Intelligence Ltd. on tuonut markkinoille langattomaan tiedonsiirtoon perustuvan Lumen IQ-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

Lumen IQ-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä (ks. kuvio 26) koostuu Lumen IQ Central-valvomosovelluksesta, katuvalokeskuksiin asennettavista Lumen IQ Station-kommunikaatiomuoduleista, katuvalaisimiin asennettavista Lumen IQ C200 Lamp Controller-ohjainyksiköistä sekä Lumen IQ Commander-ohjelmointilaitteesta. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)



KUVIO 26. Lumen IQ-ohjausjärjestelmän rakenne (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

Lumen IQ Central-valvomosovellus (ks. kuvio 27) on tietokoneelle asennettava ohjelma, joka mahdollistaa Internet-yhteyden avulla katuvalaistuksen reaaliaikaisen seurannan ja hallinnan. Valvomosovelluksen avulla on mahdollista ohjata valaistusta sekä ryhmä- että valaisinkohtaisesti. Katuvalokeskuksissa sijaitsevat kommunikaati-

tiomoduulit keräävät tietoa valaisimissa sijaitsevilta ohjainyksiköiltä, jotka ohjataan valvomosovellukseen. Tämän johdosta valvomosovelluksella voidaan havaita vikatilanteet, kuten lamppujen palamiset sekä tuottaa erilaisia raportteja lamppujen toiminnoista, kuten polttoajoista ja energiankulutuksesta. Valvomosovellus mahdollistaa myös valaisimien aikataulujen mukaisen ohjauksen, joka lisää järjestelmän joustavuutta ja helpottaa suurten valaisinryhmien ohjausta. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)



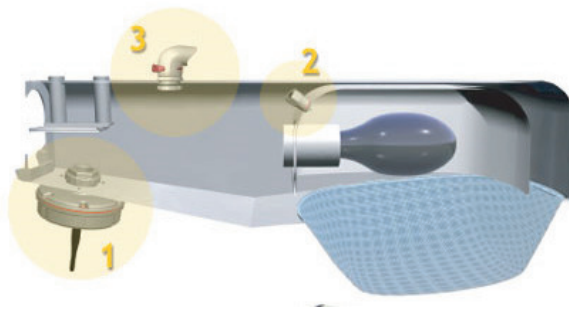
KUVIO 27. Lumen IQ Central-valvomosovellus (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

Lumen IQ Station (ks. kuvio 28) on katuvalokeskukseen asennettava kommunikaatiomoduuli, joka mahdollistaa liikennöinnin sekä tiedonkeruun valvomosovelluksen ja katuvalaisimissa sijaitsevien ohjainyksiköiden välillä. Kommunikaatiomoduuli on Internetin avulla yhteydessä valvomosovellukseen ja 900 MHz:n radiotaajuuden avulla yhteydessä katuvalaisimien ohjainyksiköihin. Kommunikaatiomoduulin ja katuvalaisimen ohjainyksikön välinen liikennöinti on kaksisuuntaista, joka mahdollistetaan molemmissa yksiköissä sijaitsevien lähetin-vastaanottimien avulla. Yksi Lumen IQ Station-kommunikaatiomoduuli voi ohjata 250 Lumen IQ C200 Lamp Controller-ohjainyksikköä. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)



KUVIO 28. Lumen IQ Station-kommunikaatiomoduuli (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

Lumen IQ C200 Lamp Controller (ks. kuvio 29) on katuvalaisimeen asennettava ohjainyksikkö, joka koostuu kolmesta eri osasta. Ne ovat mikroprosessori, joka sisältää 900 MHz:n lähetin-vastaanottimen, reaaliaikainen lamppusensori sekä valoanturi. Ohjainyksikkö toimii siten, että mikroprosessori saa Lumen IQ Station-kommunikaatiomoduilta 900 MHz:n taajuudella viestin, jonka se muuntaa jännite- tasoviestiksi. Viestin muuntamisen aikana mikroprosessori tarkastaa lamppusensorilta tulevan valaisimen tilan. Viestin muuntamisen ja valaisimen tilatarkastuksen jälkeen mikroprosessori ohjaa kuristimen jännitteensyöttöä halutun valaistustason mukaiseksi. Tämä uusi ohjainyksikkö kokonaisuus on mahdollista tilata kokonaan integroituna uuden katuvalaisimen kanssa tai jälkiasentaa jo olemassa oleviin katuvalaisimiin. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)



KUVIO 29. Lumen IQ C200 Lamp Controller-ohjainyksikkö (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

The Lumen IQ Commander on Lumen IQ C200 Lamp Controller-ohjainyksikköiden ohjelmoinnin ja käyttöönoton yhteydessä käytettävä langaton, PC-pohjainen ohjelmointilaitte, joka toimii 900 MHz:n taajuudella (ks. kuvio 30). Laitte mahdollistaa ohjainyksikköiden tarkan parametroidin, nimeämisen sekä GPS-sijainnin määrittämisen valvomo-sovellusta varten käyttöönoton yhteydessä. Laitteen avulla voidaan asettaa ja päivittää mikroprosessorin kello oikeaan aikaan, sekä tarkistaa ja hakea ohjainyksikölle määritetyt asetukset. Laitte helpottaa valaistuksen kunnossapitoa, sillä laitekohtaisen tiedonhaun avulla on helppo tunnistaa vialliset lamput sekä nähdä esimerkiksi valaisimen huoltohistoria. (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)



KUVIO 30. Lumen IQ Commander-ohjelmointilaitte (Streetlight Intelligence Ltd. 2010.)

5.2.2 LeafNut-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Englantilainen Harvard Engineering on suunnitellut, kehittänyt ja valmistanut jo 20 vuoden kokemuksella elektronisia kuristimia ja ohjauslaitteita valaistusteollisuutta varten. Harvard Engineering on tuonut markkinoille kuuden vuoden kehitystyön tuloksena oman, langattoman tiedonsiirtoon perustuvan katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmän, LeafNutin. (Harvard Engineering 2010.)

LeafNut-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä koostuu TrunkNode-valvomosovelluksesta, katuvalaisimiin asennettavista BranchNode-ohjausyksiköistä sekä katuvalaisimiin asennettavista LeafNode-ohjainyksiköistä (ks. kuvio 31). LeafNut-ohjausjärjestelmä mahdollistaa valaisinkohtaisen ohjauksen. (Harvard Engineering 2010.)



KUVIO 31. LeafNut-ohjausjärjestelmän rakenne (Harvard Engineering 2010.)

TrunkNode on Internet-selaimella hallittava karttapohjainen LeafNut-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän valvomosovellus. Katuvalaisimiin asennettavat LeafNode-ohjainyksiköt kommunikoivat langattomasti, radiotaajuuksia hyödyntäen, BranchNode-ohjausyksiköiden kanssa, jotka välittävät valaisimilta saadun tiedon GSM/GPRS-yhteyden avulla eteenpäin palvelimelle, mitä kautta valvomosovellus hakee ja päivittää reaaliaikaista tietoa käyttäjän nähtäville. Sovellus tarjoaa ohjausjärjestelmään liitettyjen katuvalaisimien turvallisen, vakaan sekä reaaliaikaisen seurannan ja ohjauksen Internet yhteyden välityksellä. TrunkNode-valvomosovelluksen avulla yksittäisiltä katuvalaisimilta saadaan reaaliaikaista tietoa valvomoon tasaisin aikaväleihin ja vastaanotetusta datasta voidaan huomata vikatilanteet ja tuottaa nopeasti erilaisia raportteja, kuten energiankulutus- ja polttoaikaraportit. (Harvard Engineering 2010.)



KUVIO 32. BranchNode-ohjausyksikkö (Harvard Engineering 2010.)

BranchNode on katuvalaisimen valaisinkotelon päälle (ks. kuvio 32) asennettava, elektroniseen kuristimeen liitettävä ohjausyksikkö. Tämä ohjausyksikkö pystyy langattoman tiedonsiirtotekniikan avulla hallitsemaan ja kommunikoimaan kaupunkiympäristössä yhden kilometrin säteellä yhteensä jopa 256 LeafNode-ohjainyksikön kanssa. BranchNode-ohjausyksikkö sisältää sisäisen antennin sekä valoanturin, joka mahdollistaa valaisinten valoisuusarvojen mukaisesti toimivan ohjauksen. (Harvard Engineering 2010.)

BranchNode-ohjausyksikkö kommunikoi siihen liitettyjen LeafNode-ohjainyksikköjen kanssa 868 MHz:n taajuudella ja välittää GSM/GPRS-yhteyden avulla dataa palvelimelle, minkä kautta data siirtyy valvomosovellukseen. BranchNode-ohjausyksikkö on valmistettu neopreenistä, synteettisestä kumimateriaalista, jonka vuoksi se on vedenpitävä ja kestää hyvin erilaisia sääolosuhteita. (Harvard Engineering 2010.)



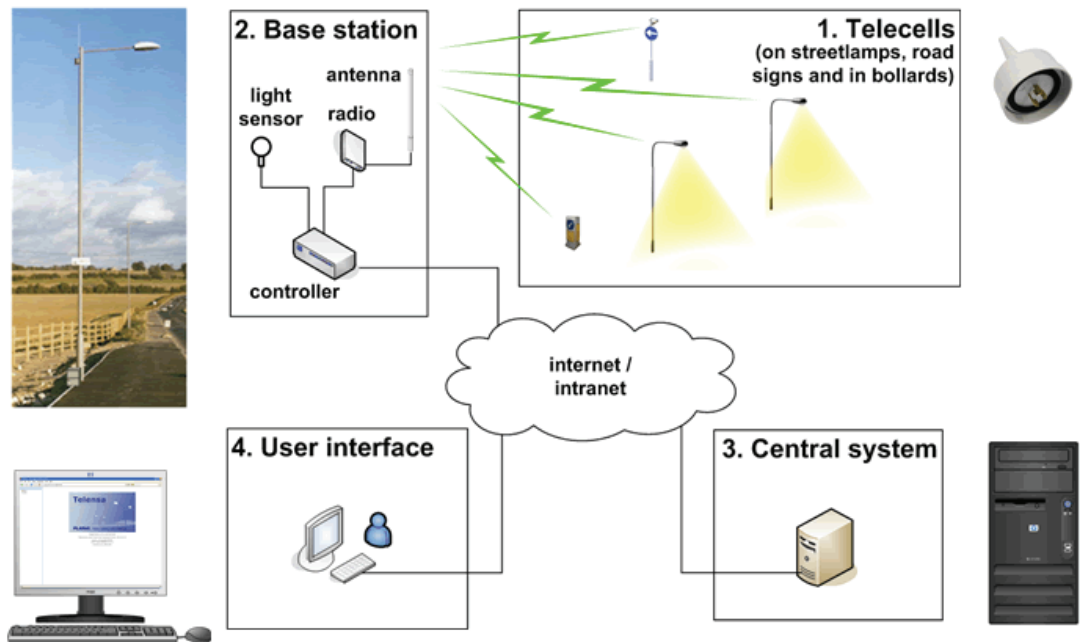
KUVIO 33. LeafNode-ohjainyksikkö (Harvard Engineering 2010.)

LeafNode (ks. kuvio 33) on katuvalaisimen elektroniseen kuristimeen liitettävä ohjainyksikkö, joka kommunikoi langattomasti 868 MHz:n taajuudella BranchNode-ohjausyksikön kanssa. LeafNode-ohjainyksikkö lähettää kuristimelta saamansa datan BranchNode-ohjausyksikölle, joka ohjaa datan eteenpäin GSM/GPRS-yhteyden avulla järjestelmän palvelimelle, mitä kautta data siirtyy lopulta valvomosovellukseen käyttäjän nähtäville. (Harvard Engineering 2010.)

5.2.3 Telensa PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Telensa on englantilainen vuonna 2005 perustettu katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen keskittynyt yritys, joka on osa suurempaa Plextek Ltd. konsernia. Telensa on tuonut markkinoille PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän, joka perustuu langattomaan tiedonsiirtoon. PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän vahvuuksia ovat valaisinkohtainen ohjaus, järjestelmän monipuolinen toiminnallisuus, luotettavuus sekä järjestelmän avulla kertyvät energiasäästöt. (Telensa 2010.)

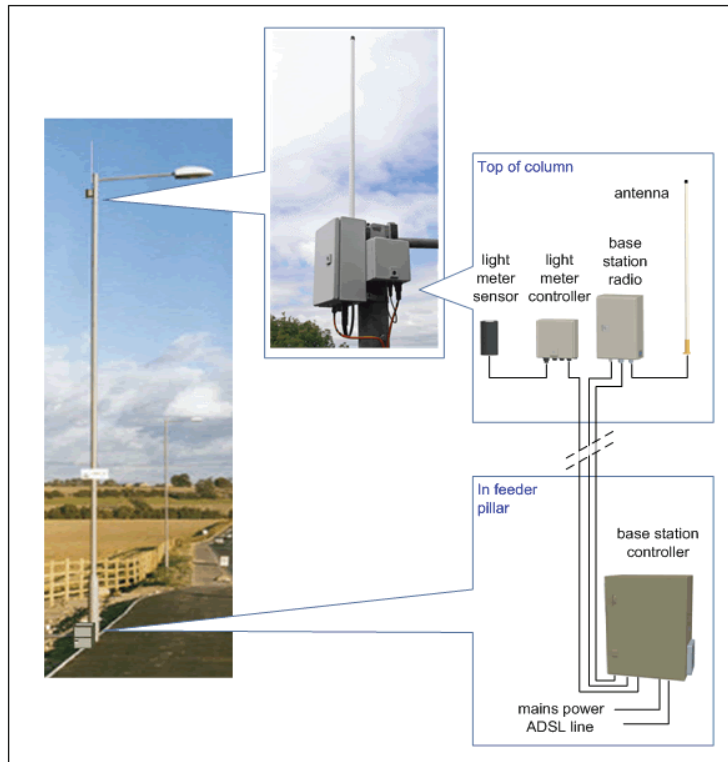
Telensa PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä koostuu Internet-selaimella hallittavasta valvomosovelluksesta, palvelimesta, katuvalaisinpylvääseen asennettavasta ohjainyksiköstä/tukiasemasta sekä katuvalaisimiin asennettavista ohjainyksiköistä (ks. kuvio 34). (Telensa 2010.)



KUVIO 34. Telensa PLANet-ohjausjärjestelmän rakenne (Telensa 2010.)

Telensa PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän käyttöliittymä on Internet-selaimella hallittava reaaliaikainen valvomosovellus, jonka avulla voidaan ohjata ja hallita yksittäisten valaisimien toimintaa. Valvomosovellus on Internet-yhteyden avulla yhteydessä järjestelmän palvelimeen, jonka kautta valaisimilta saatu data siirtyy käyttäjän nähtäville valvomosovellukseen. Valvomosta lähtevät valaisimien ohjauskäskyt siirtyvät Internetin välityksellä palvelimelle, mistä tieto etenee edelleen ADSL/GSM/GPRS-yhteyden välityksellä tukiaseman ohjausyksikölle, joka välittää langattomasti, radiotaajuuksien avulla tiedot aina yksittäiselle, valaisinta ohjaavalle ohjainyksikölle. (Telensa 2010.)

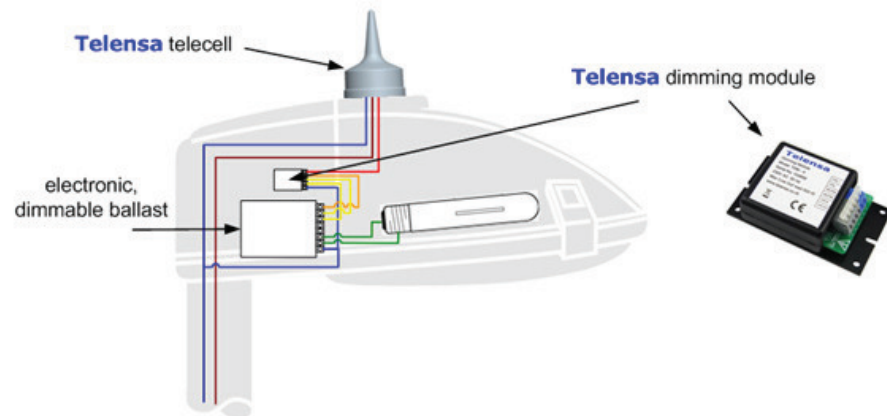
Telensa PLANet-katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän palvelin huolehtii valvomosovelluksen ja tukiasemien/ohjausyksiköiden välisestä tiedonsiirrosta sekä järjestelmän palvelimen ylläpidosta. (Telensa 2010.)



KUVIO 35. Telensa PLANet-ohjausyksikkö/tukiasema (Telensa 2010.)

Telensa PLANet-ohjausjärjestelmän ohjainyksikkö/tukiasema (ks. kuvio 35) on katuvalaisinpylvääseen asennettava kokonaisuus, joka koostuu pylvään alaosaan asennettavasta ohjainyksiköstä sekä pylvään yläpähän asennettavasta valoanturista, valomittausyksikön ohjaimesta, tukiaseman radiotaajuuksien lähetin-vastaanottimesta sekä antennista. Ohjainyksikkö on langattoman, radiotaajuuksia hyödyntävän tiedonsiirtotekniikan avulla yhteydessä ohjainyksiköihin ja Internetin välityksellä yhteydessä järjestelmän palvelimeen. Ohjainyksikön/tukiaseman valo-anturi mahdollistaa valaisinten valoisuusarvojen mukaisesti toimivan ohjauksen. (Telensa 2010.)

Ohjainyksikkö/tukiasema (ks. kuvio 36) voi ohjata sekä kerätä tietoa jopa 10 000 katuvalaisimissa sijaitsevalta ohjainyksiköltä radiotaajuuksien lähetin-vastaanottimen avulla. Ohjainyksikön/tukiaseman langattoman tiedonsiirron kantavuus ohjainyksiköille asti radiotaajuuksien avulla on kaupunkiympäristössä 2 - 3 kilometriä ja taajan ulkopuolella 5 - 8 kilometriä. (Telensa 2010.)



KUVIO 36. Telensa PLANet-ohjainyksikön rakenne (Telensa 2010.)

Telensa PLANet-ohjausjärjestelmän katuvalaisimen elektroniseen kuristimeen liitettävä ohjainyksikkö sekä himmennysmoduuli huolehtivat yksittäisen valaisimen toiminnasta, valaisimen mittaus- ja tilatietojen keräämisestä sekä vastaanotosta ja välittämisestä eteenpäin ohjausyksikölle/tukiasemalle. Himmennysmoduulin ansiosta katuvalaisimien valaistuksen tehoa voidaan säätää erittäin tarkasti. Ohjainyksikkö vastaanottaa valvomosovelluksesta lähtevät, ohjausyksikön kautta saapuvat käskyt eteenpäin himmennysmoduulille, joka säätää 1 - 10 Voltin syöttöjännitteen elektroniselle kuristimelle. (Telensa 2010.)

5.3 Markkinoilla olevien älykkäiden katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmien yhteenveto

Työssä tutkitut markkinoilla olevat älykkäät katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmät jakautuvat kahteen eri luokkaan tiedonsiirtotekniikoidensa perusteella (ks. taulukko 2). Nämä kaksi luokkaa ovat olemassa olevaa sähköverkkoa hyödyntävä PLC-tiedonsiirtotekniikka sekä langaton, radiotaajuuksien avulla toimiva RF-tiedonsiirtotekniikka.

TAULUKKO 2. Tutkitut ohjausjärjestelmät

| | C2 Information Systems | Echelon Corporation | Selc Ireland Ltd. | Philips | Siteco | Streetlight Intelligence Ltd. | Harvard Engineering | Plextek Ltd. |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Ohjausjärjestelmä | C2 Smartlight | i.LON SmartServer | The SELC Candelon Suite | Starsense Management | Siteco Light Control | Lumen IQ | LeafNut | PLANet |
| Tiedonsiirtotekniikka | GSM | PLC | PLC | PLC | PLC | RF | RF | RF |
| Jännitemittaus | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |
| Virtamittaus | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |
| Reaaliaikainen valvonta | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |
| Raportointi | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit | Vika-, energiankulutus sekä paloaikaraportit |
| Valaisinkohtainen ohjaus | Ei | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |
| Valaisinryhmäkohtainen ohjaus | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |

Opinnäytetyössä esitellyt markkinoilla olevat PLC-tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntävät katu- ja taajamavalaisuksen ohjausjärjestelmät perustuvat pääosin Echelon Corporationin kehittämään LonWorks-teknologiaan. LonWorks-teknologiaan perustuvien ohjausjärjestelmien teknilliset ominaisuudet pohjautuvat Echelon Corporationin i.LON SmartServer-ohjausyksikköön, jonka merkittävin ominaisuus on sen tukema valaisinkohtainen ohjaus. C2 SmartLight mahdollistaa valaisinten alue- ja vaihekohtaisen ohjauksen, mutta ei valaisinkohtaista ohjausta.

Kaikki PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvat ohjausjärjestelmät mahdollistavat jännite- ja virtamittauksen, joka mahdollistaa katuvalojen karttapohjaisen, reaaliaikaisen seurannan Internetin välityksellä. Lisäksi jännite- ja virtamittauksen avulla voidaan toteuttaa järjestelmien energiankulutus-, vika- ja polttoaikaraporttien tuotto ja analysointi.

PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvien järjestelmien edut ja haitat:

Edut

- olemassa oleva siirtotie (sähköverkko)

- avoin ja helposti muunneltava
- immuuni erilaisille häiriötekijöille, kuten sääolosuhteet, liikenne, maastonmuodot
- tiedonsiirtonopeus

Haitat

- sähköverkko ei ole suunniteltu tiedonsiirtoa varten
- johtimissa tapahtuvat vuodot aiheuttavat häiriösignaalien leviämisen ympäristöön
- korkeiden taajuuksien tukkeutuminen
- kaapeliviat aiheuttavat tiedonsiirto-ongelmia koko ohjausjärjestelmään

Langaton, radiotaajuuksia hyödyntävä tiedonsiirtotekniikka on lisännyt suosiotaan katu- ja taajamavalaisituksen ohjausjärjestelmien parissa. Markkinoilla olevat RF-tiedonsiirtotekniikalla toimivat ohjausjärjestelmät koostuvat Internet-selaimella hallittavasta käyttöliittymästä, katuvalokeskuksiin asennettavista ohjausyksiköistä sekä valaisimiin asennettavista elektronisista liitäntälaitteista. RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvien ohjausjärjestelmien liikennöinti katuvalokeskuksissa sijaitsevien ohjausyksiköiden ja katuvalaisimissa sijaitsevien ohjainyksiköiden välillä tapahtuu yleensä noin 850–900 MHz:n taajuusalueella.

Markkinoilla olevat langattomaan, radiotaajuuksia tiedonsiirrossa hyödyntävään tekniikkaan perustuvat ohjausjärjestelmät mahdollistavat PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvien ohjausjärjestelmien tavoin valvomosovelluksen avulla tarkan valaisin- ja ryhmäkohtaisen ohjauksen, valaisimien reaaliaikaisen seurannan ja hälytysten havaitsemisen sekä erilaisten raporttien, kuten energiankulutus-, vika- ja polttoaikaraporttien tuottamisen ja analysoinnin.

RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvien järjestelmien edut ja haitat:

Edut

- kaapeloinnin tarve vähenee
- nopea käyttöönotto
- helppo laajennusmahdollisuus

Haitat

- lähetetty viesti ei saavu sataprosenttisesti vastaanottajalle
- tiedonsiirron kantavuusongelmat erilaisissa kaupunkiympäristöissä sekä taajamien ulkopuolella
- tietoturva

PLC- sekä RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvat älykkäät katuvalaistuksen ohjausjärjestelmät mahdollistivat:

- katuvalaisimien reaaliaikaisen karttapohjaisen seurannan valvomosovelluksen avulla
- katuvalaisimien ryhmä- ja valaisinkohtaisen ohjauksen
- katuvalaisimien toiminta muokattavien aikataulujen perusteella
- raporttien luonti ohjausjärjestelmään tallentuneiden tietojen perusteella, esimerkiksi polttoaika-, energiankulutus sekä vikaraportit
- CO²-päästöjen sekä energiankulutuksen vähentyminen jopa 40 %

- valvomosovelluksen avulla nähdään vikatilanteet ja kuoleutuneet lamput
→ huolto- ja kunnossapitokustannukset vähenevät merkittävästi

6 POHDINTA

C2 Information Systems Oy:n tuote C2 SmartLight on tällä hetkellä älykkäiden katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmien markkinajohtaja Suomessa. C2 SmartLight-ohjausjärjestelmän tiedonsiirtotekniikka ja liikennöinti perustuvat M2M GSM-liittymien ja palvelinympäristön väliseen kommunikointiin. Internet-selaimen kautta hallittavassa käyttöliittymässä määritetyt käskyt siirtyvät matkapuhelinverkon avulla katuvalokeskuksessa sijaitsevalle ohjausyksiköllä, jossa valot ohjataan rele- ja kontaktitekniikan avulla päälle ja pois. C2 SmartLight mahdollistaa valaistuksen alue- sekä vaihekohtaisen ohjauksen, reaaliaikaisen tilatietojen esityksen sekä seurannan Internet-selaimella toimivan karttapohjaisen käyttöliittymän avulla.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli perehtyä yleisellä tasolla katu- ja taajamavalaistukseen sekä tutkia markkinoilla olevia, valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavia ohjausjärjestelmiä. Tutkimusten avulla tuli selvittää, oliko markkinoilla valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistava ratkaisu, jota voitaisiin hyödyntää C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä.

Työn aloitusvaiheessa ei ollut tietoa siitä, kuinka monta valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavaa ohjausjärjestelmää tutkimusten avulla voisi löytyä. Lisäksi ei tiedetty, millaiseen tiedonsiirtotekniikkaan markkinoilla olevat ohjausjärjestelmät perustuvat ja kuinka yksityiskohtaista tietoa ohjausjärjestelmistä saataisiin tutkimusten avulla kerättyä. Tästä seurasi se, että etukäteen ei ollut varmuutta, löytyykö markkinoilta valmis tekninen ratkaisu, jonka avulla valaisinkohtainen ohjaus olisi mahdollista toteuttaa C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä.

Opinnäytetyötä varten tehtyjen tutkimusten avulla saatiin käsitys, kuinka tänä päivänä markkinoilla olevat katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmät kehittyvät

kovaa vauhtia ja ohjausjärjestelmiltä vaaditaan uusia teknillisiä ominaisuuksia.

Uusin ja eniten suosiota kasvattava tekninen ominaisuus katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien kesken on valaisinkohtainen ohjaus. Valaisinkohtaisen ohjauksen avulla katu- ja taajamavalaitusta pystytään hallitsemaan yhä tarkemmin ja samalla saadaan aikaan yhä enemmän taloudellisia säästöjä energiankulutuksen vähenemisen muodossa.

Opinnäytetyötä tehdessä tutustuin huolella tutkimusten avulla markkinoilta löydettyihin, valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistaviin ohjausjärjestelmiin. Näitä ohjausjärjestelmiä löytyi seitsemän kappaletta ja ne jakautuivat tiedonsiirtotekniikoidensa perusteella sekä PLC- että RF-tekniikkaan. Tutkimani ohjausjärjestelmät mahdollistavat valaisinkohtaisen ohjauksen lisäksi muut toimeksiantajan vaatimat tekniset ominaisuudet, joita olivat reaaliaikainen tilatietojen esitys sekä seuranta.

Tarkan muiden toimittajien ohjausjärjestelmiin perehtymisen avulla selvisi, että markkinoilla olevien ohjausjärjestelmien valaisinkohtaista ohjaustratkaisua ei pystytä suoraan hyödyntämään nykyisessä C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä. Pääosin tämä johtuu siitä, että tutkitut ohjausjärjestelmät pohjautuvat erilaisiin tiedonsiirtotekniikoihin kuin C2 SmartLight. Nämä tiedonsiirtotekniikat ovat sähköverkkoa hyödyntävä PLC-tiedonsiirtotekniikka sekä langaton, radiotaajuuksia hyödyntävä RF-tiedonsiirtotekniikka.

Tiedonsiirtotekniikoiden erilaisuuden vuoksi markkinoilla olevien valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavien ohjaustratkaisujen liittäminen C2 SmartLight-ohjausjärjestelmään olisi erittäin haastavaa ja monimutkaista. Suurin haaste olisi ohjausjärjestelmien integrointi yhdeksi yhtenäiseksi ohjausjärjestelmäksi. Ohjausjärjestelmän tulisi sisältää nykyisen GSM-tiedonsiirtotekniikan ja palvelinympäristön lisäksi uusi, rinnalla toimiva PLC- tai RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuva ohjausjärjestelmä, jonka avulla toteutettaisiin valaisinkohtainen ohjaus. Työssä tutkitut ohjausjärjestelmät pitivät kaikki sisällään oman palvelimensa ja käyttöliittymänä toimivan valvomo-sovelluksen, joten jo käytettävyytensä puolesta kaksi erilaista valvomo-sovellusta ei vaikuta toimivalta ratkaisulta vaativan tilanneseurannan ja järjestelmän ylläpidon kannalta katsottuna.

Tutkimusten perusteella selvisi, että C2 SmartLight-ohjausjärjestelmään liitettävän valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavan ratkaisun kannattaisi ehdottomasti perustua markkinoilla suosiota kasvattavaan RF-tiedonsiirtotekniikkaan. Yksi merkittävä syy tähän on se, että RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvat ohjausjärjestelmät, kuten opinnäytetyössä tutkittu LeafNut, koostuvat katuvalaisimiin asennettavista ohjausyksiköistä sekä ohjainyksiköistä. Näin ollen katuvalokeskusten rajallinen laitetilan koko ei tule esteeksi ohjausyksiköiden asennuksessa toisin kuin PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvien ohjausjärjestelmien kanssa.

PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvat ohjausjärjestelmät koostuvat katuvalokeskukseen asennettavista ohjausyksiköistä, jolloin C2 SmartLight-ohjausyksikön lisäksi katuvalokeskukseen tulisi asentaa toinenkin ohjausyksikkö, kuten Echelonin i.Lon Smart-Server. Tämä johtaa siihen, että ohjausyksiköiden vaatima tilantarve kasvaa ja nykyisiin katuvalokeskuksiin ei olisi tilanpuutteen vuoksi mahdollista asentaa kahta ohjausyksikköä. Tästä seuraisi se, että katuvalokeskuksia jouduttaisiin uusimaan, jotta vaaditut laitteet mahtuisivat keskuksen sisälle.

RF-tiedonsiirtotekniikan valintaan vaikuttaa myös se, että kyseinen tekniikka kasvat-
taa koko ajan suosiotaan markkinoilla. Tämä johtuu langattoman tiedonsiirtotekniikan nopeasta kehityksestä ja siitä, että ohjausjärjestelmien toiminta on saatu vakaaksi, luotettavaksi ja hyvin toimivaksi erilaisissa toimintaympäristöissä. Lisäksi RF-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvan valaisinkohtaisen ohjauksen liittämisen etuina C2 SmartLight-ohjausjärjestelmän kannalta ovat kaapeloinnin tarpeen väheneminen, uusien laitteiden nopea käyttöönotto sekä helpot laajennusmahdollisuudet.

Taloudellisesti katsottuna nykyinen C2 SmartLight-ohjausjärjestelmä maksaa siihen sijoitetut investointikulut noin viidessä vuodessa asiakkailleen takaisin energiansäästöjen sekä huolto- ja kunnossapitokustannusten vähentymisen myötä. Tämä herättää kysymyksen, onko erilaisten asiakkaiden, kuten kaupunkien ja kuntien, taloudellisesti kannattavaa sijoittaa järjestelmään, joka mahdollistaa valaisinkohtaisen ohjauksen, mutta on hinnaltaan ja ylläpitokustannuksiltaan moninkertainen verrattuna esimerkiksi C2 SmartLight-ohjausjärjestelmään.

Tekemieni selvitysten perusteella olen sitä mieltä, että nykyinen C2 SmartLight-ohjausjärjestelmä on vaihe- ja aluekohtaisen sekä aikatauluihin perustuvan ohjauksen avulla erittäin kilpailukykyinen tuote verrattuna muihin kansainvälisillä markkinoilla oleviin ohjausjärjestelmiin. Tämä perustuu siihen, että C2 SmartLight on asiakkaille taloudellisesti katsottuna huomattavasti edullisempi ja monipuolisten valaistuksen ohjausmenetelmien avulla kannattavampi valinta verrattuna valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistaviin ohjausjärjestelmiin. C2 SmartLight tarjoaa vakaan katu- ja taajamavalauksen ohjausjärjestelmän, jonka avulla saadaan aikaan huomattavia taloudellisia sekä ympäristöystävällisiä säästöjä. Mielestäni tällä hetkellä tulisi seurata markkinoiden kehitystä ja samalla etsiä muita vaihtoehtoja valaisinkohtaisen ohjauksen toteutukseen. En näe hyväksi vaihtoehdoksi markkinoilla olevien eri tiedonsiirtotekniikkaa käyttävien ohjausjärjestelmien liittämistä nykyiseen.

Opinnäytetyön avulla toimeksiantaja sai selkeän kuvan tämänhetkisestä älykkäiden katu- ja taajamavalauksen ohjausjärjestelmien markkinatilanteesta ja selvityksen seitsemän eri kansainvälisillä markkinoilla kilpailevan yrityksen ohjausjärjestelmästä, jotka mahdollistivat valaisinkohtaisen ohjauksen. Tutkimusten avulla pystyttiin havaitsemaan suunta, mihin älykkäiden ohjausjärjestelmien teknilliset ominaisuudet ja tiedonsiirtotekniikat kehittyvät. Opinnäytetyön tulosten avulla voidaan selkeämmin keskittyä langattomaan, radiotaajuuksia hyödyntävän tiedonsiirtotekniikan tutkimiseen ja sen kautta avautuviin valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistaviin ratkaisuihin, joita voitaisiin hyödyntää C2 SmartLight-ohjausjärjestelmässä.

Opinnäytetyö oli haastava ja mielenkiintoinen projekti, jonka avulla sain perehtyä harjoittelun ohessa yleisellä tasolla katu- ja taajamavalaukseen sekä syventyä tutkimaan markkinoilla olevia älykkäitä ohjausjärjestelmiä. Opinnäytetyö valmistui suunnitellussa aikataulussa. Suurimmat haasteet työlle asettivat markkinoilla olevien valaisinkohtaisen ohjauksen mahdollistavien ohjausjärjestelmien löytäminen ja niihin liittyvän materiaalin hankinta. Yhteydenotot laitevalmistajiin tapahtuivat puheluiden ja sähköpostin avulla. Uudet, nopeasti kehittyvät markkinat sekä tiukka kilpailutilanne aiheuttivat sen, että materiaalin hankinta oli erittäin vaikeaa ja pääosin tiedonkeruu perustui yritysten Internet-sivustojen kautta saatavaan materiaaliin.

Työn avulla sain paljon tietoa erilaisista katuvalaistukseen liittyvistä asioista, joita olen voinut hyödyntää myös harjoittelupaikassani C2 Information Systems Oy:lla. Uskon, että toimeksiantaja hyötyy työstäni, sillä sen avulla on saatu tutkittua katu- ja taajamavalaistuksen ohjausjärjestelmiä tarjoavien yritysten markkinat ja löydetty tiedonsiirtotekniikka, jonka tutkimiseen ja kehittämiseen kannattaa panostaa tulevaisuudessa.

LÄHTEET

C2 Information Systems Oy. 2009. C2 SmartLight katuvalojen ohjausjärjestelmä-esite.

C2 Information Systems Oy. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 29.5.2010.

<http://www.c2is.fi>

Echelon Corporation. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 11.7.2010.

<http://www.echelon.com>

Harvard Engineering. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 8.8.2010.

<http://www.harvardeng.com>

Honkanen H. 2009. LonWorks. Opetusmateriaali. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.7.2010.

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honhar/ma/KAT_LonWorks.pdf

Honkanen H. 2009. Valaistustekniikka. Opetusmateriaali. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Viitattu. 4.7.2010.

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf

Hyvärinen J. 1999. Opetusmateriaali. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Viitattu 7.7.2010. http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Wireless/infrared_1.html

http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Wireless/infrared_1.html

Juutilainen M. 2006. Radiotekniikan perusteet: Signaalien eteneminen. Opetusmateriaali. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 6.7.2010.

<http://www2.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento03.pdf>

Katuvalo. n.d. Viitattu 3.7.2010. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Katuvalo>

Mikroaaltojen diffraktio. 2003. Opetusmateriaali. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Viitattu 7.7.2010. <http://tfy.tkk.fi/kurssit/Tfy-3.15x/Teoria/tyo42.pdf>

Mäkelä J. n.d. Kaapelimodeemit ja PLC. Opetusmateriaali. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.7.2010. <http://www.oamk.fi/~jpmakela/luento15.pdf>

Philips Lighting. 2010. Ulkovaistutus. Esite. 3.8.2010.

SELC Ireland Ltd. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 11.7.2010. <http://www.selc.ie>

Siteco. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 7.8.2010.

<http://www.siteco.com/en/products/light-management/siteco-light-control.html>

Streetlight Intelligence Ltd. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 8.8.2010.

<http://www.streetlightiq.com>

Telensa. 2010. Yrityksen verkkosivut. Viitattu. 11.8.2010. <http://www.telensa.com>

Tiehallinto. 2006. Tievalaistuksen suunnittelu. Tiehallinnon verkkopalvelusivusto, jossa tietoa tievalaistuksen suunnittelusta. Viitattu 4.7.2010.

http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalast_suunn.pdf4

Tiehallinto. 2006. Tievalaistuksen toimintalinjat. Tiehallinnon verkkopalvelusivusto, jossa tietoa tievalaistuksen toimintalinjoista. Viitattu 4.7.2010.

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/1000105-v-06tievtoimilinj.pdf>

Uusitalo K. 1995. Sähköverkko tiedonsiirtotienä. Opetusmateriaali. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 6.7.2010.

https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl10a1000/lisatty/uusitalo-tiedonsiirto_sahkoverkossa.pdf