

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

Ville Pesonen

Työasemien energiansäästö

Insinööriyö 18.9.2009

Ohjaaja: kehityspäällikkö Heikki Pitsinki
Ohjaava opettaja: yliopettaja Antti Piironen

Tekijä Otsikko	Ville Pesonen Työasemien energiansäästö
Sivumäärä Aika	34 sivua 18.9.2009
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	kehityspäällikkö Heikki Pitsinki yliopettaja Antti Piironen
<p>Työn aiheena oli selvittää, miten Helsingin Energialla voitaisiin sammuttaa työasemat työajan ulkopuoliseksi ajaksi siten, ettei niiden hallittavuus heikkenisi. Käytännössä hallittavuuden säilyttäminen tarkoittaa sitä, että kaikki työasemat pitää saada käynnistettyä tietoliikenneverkon kautta esimerkiksi päivitysten asentamista varten. Tämän lisäksi tuli selvittää, syntyisikö säästöjä, jos kaikki työasemat sammutettaisiin.</p> <p>Helsingin Energialla oli käytössä System Center Configuration Manager. SCCM on ohjelmisto, jolla asennetaan keskitetysti ohjelmia ja päivityksiä työasemille. Sillä on myös mahdollista käynnistää työasemat päivityksiä varten. Tutkittaessa selvisi kuitenkin, ettei SCCM:n työasemien käynnistys toiminut kuin neljä tuntia työaseman sammuttamisen jälkeen. Syyksi selvisi se, ettei SCCM:n Wake on Lan -työkalu kyennyt selvittämään neljän tunnin jälkeen herätettävän työaseman MAC-osoitetta, jota tarvitaan työaseman käynnistämiseen. Tämän takia päädyttiin etsimään kolmannen osapuolen sovelluksia työasemien virranhallintaan. Ohjelmistovertailuun löytyi neljä eri ohjelmistoa: Adaptivan SCCM Companion, 1E:n Power & Patch Management Pack, Ravensoftin Green Snapper sekä Verdiemin Surveyor. Testikäyttöön valittiin 1E:n Power & Patch Management Pack.</p> <p>Työasemat jaettiin kolmeen ryhmään työaseman iän ja tehokkuuden perusteella sähkönkulutusmittauksia varten, jonka jälkeen mitattiin jokaisen ryhmän keskimääräinen sähkönkulutus. Saaduista tiedoista laskettiin tämänhetkinen sähkönkulutus sekä rahalliset kustannukset. Lisäksi laskettiin mahdolliset säästöt erilaisille tilanteille. Laskuissa päädyttiin siihen, että säästöjä syntyy 45 – 60 prosenttia riippuen siitä, kuinka kauan työasemat ovat käynnissä.</p>	
Hakusanat	energiansäästö, wake on lan, työasemien hallinta

Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Abstract

Author Title	Ville Pesonen Workstations energy saving
Number of Pages Date	34 9 september 2009
Degree Programme	Information Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Heikki Pitsinki, Development Manager Antti Piironen, Principal Lecturer
<p>The assignment was to find a way how to shutdown workstations at Helsinki Energy after working hours so that the workstations could still be managed. In practice managing means that all workstations could be started over the communication network, for example to install new updates. In addition to this was to calculate how much Helsinki Energy could save if the workstations would be turned of after working hours.</p> <p>Helsinki Energy was using System Center Configuration Manager. SCCM is software that handles centralized updating and installation of new software to the workstations. SCCM also has an option to start workstations if the target workstation is turned off. When trying the Wake on Lan feature on SCCM, it was found out that waking the workstations only worked for four hours after a workstation was shut down. The reason for this was that the SCCM's Wake on Lan utility was unable to solve target workstation's MAC-address after four hours, which is needed to start the workstation. That was the reason for searching third party applications for workstation power management. Four products made it to the comparison: Adaptiva's SCCM Companion, 1E's Power & Patch Management Pack, Ravensoft's Green Snapper and Verdiem's Surveyor. The 1E's Power & Patch Management Pack was chosen to be tested.</p> <p>Workstations were divided into three groups depending on the age and power of the workstation for the electricity consumption measurements. The mean electricity consumption of each group was measured and then the total power consumption was calculated as well as financial costs of all workstations. In addition, potential savings were calculated for various situations. Calculations showed that the savings are from 45 to 60 per cent depending on how long the workstations are turned on.</p>	
Keywords	energy saving, wake on lan, workstation management

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Sähkönkulutusmittaukset	7
2.1 Mittalaitteet	7
2.2 Työasemien jaottelu	7
2.3 Mittausjärjestelyt	8
2.4 Mittaustulokset	9
2.5 Säästölaskelmat	10
2.6 Päätelmät	11
3 Wake on Lan	13
3.1 Taikapaketti	13
3.2 Turvallisuus	14
3.3 Täsmälähetys	15
3.4 Aliverkkoon osoitettu lähetys	15
3.5 Ongelmat	16
4 Työasemat	18
4.1 Windows XP -työasemien asetukset	18
4.2 Virransäästötilat	20
5 Ohjelmistot	21
5.1 Ohjelmistojen toiminta	21
5.2 System Center Configuration Manager -ohjelmisto	23
5.3 Green Snapper -ohjelmisto	23
5.4 SCCM Companion -ohjelmisto	24
5.5 Power and Patch Management Pack -ohjelmisto	24
5.6 Surveyor-ohjelmisto	25
5.7 Päätelmät	25

6 Yhteenveto	28
Liitteet	
Liite 1: Yksityiskohtaiset laskelmat	31
Liite 2: Virransäästötilat	33

1 Johdanto

Työn aiheena oli selvittää, miten Helsingin Energialla voitaisiin sammuttaa työasemat työajan ulkopuoliseksi ajaksi energian säästämistä varten kuitenkin työasemien hallittavuuden siitä kärsimättä. Osa työn aiheesta oli selvittää, syntyisikö säästöjä, jos työasemat sammutettaisiin, sekä kuinka paljon työasemat kuluttavat sähköä tällä hetkellä. Työasemien sammuttaminen lisäisi myös tietoturvasuutta, koska sammunut työasema on aina tietoturvasempi kuin käynnissä oleva. Tällä hetkellä Helsingin Energialla kaikki työasemat ovat käynnissä kellon ympäri, jotta niille voidaan asentaa keskitetysti uusia päivityksiä ja ohjelmia yön aikana. Helsingin Energialla on tällä hetkellä noin 1160 pöytätyöasemaa. Koko konsernilla tytäryhtiöt mukaan lukien pöytätyöasemia on käytössä noin 1400 kappaletta.

Syy työasemien energiankulutuksen vähentämiseen tulee muun muassa Helsingin Energian toimistojen ympäristöohjelmasta. Ympäristöohjelman tavoitteita ovat energiansäästö, jätteen syntyvän vähentäminen ja hyötykäytön lisääminen, ongelmajätteiden talteenoton tehostaminen, ympäristönäkökohtien huomioiminen hankinnoissa, ympäristöystävällisempi liikkuminen sekä henkilöstön ympäristötietoisuuden lisääminen.

2 Sähkökulutusmittaukset

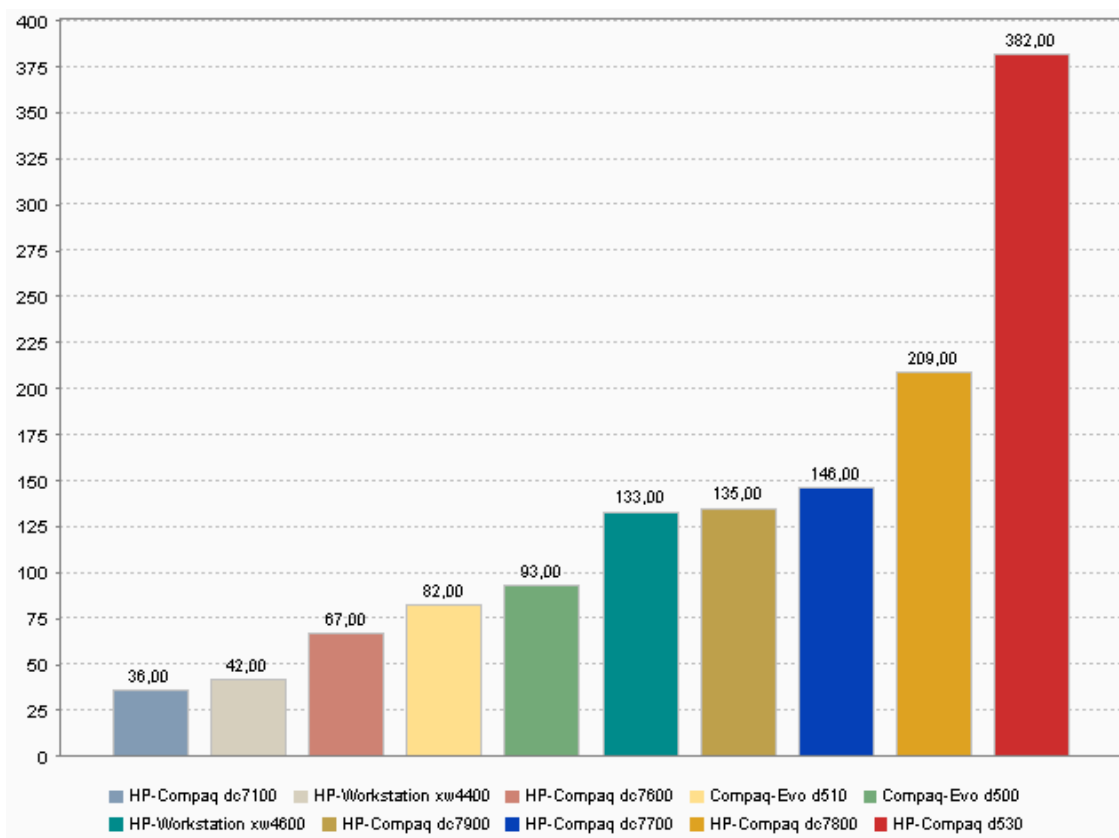
2.1 Mittalaitteet

Sähkökulutuksen mittaamiseen käytin Christ Elektronikin valmistamia sähkökulutusmittareita. Mittareiden malli oli CLM200. Mittalaite kytkettiin mitattavan laitteiston ja seinäpistorasian väliin. Mittarista pystyi lukemaan kaksi eri arvoa, hetkellisen kulutuksen watteina sekä kokonaiskulutuksen kilowattitunteina. Mittareilla ei pystynyt tallentamaan erilaisia aikasarjoja vaan ne kertoivat sähkökulutuksen siltä ajalta, kun mittari oli kytkettynä mitattavaan laitteistoon. Tämä kuitenkin riitti työasemien keskimääräisen sähkökulutuksen mittaamiseen ja määrittämiseen.

2.2 Työasemien jaottelu

Helsingin Energialla on käytössä monia erilaisia työasemamalleja. Työasemat jaettiin kolmeen ryhmään koneen iän ja tehokkuuden perusteella. Syy ryhmiin jakamiseen on se, että työasemamalleja on käytössä eri määrä ja ne kuluttavat sähköä eri määrän.

Ensimmäinen ryhmä sisältää tehokkaita työasemia, jotka ovat korkeintaan kolme vuotta vanhoja. Tähän ryhmään kuuluvat mallit HP-Workstation xw4600 ja HP-Workstation xw4400. Toinen ryhmä sisältää normaalitehoisia työasemia, jotka ovat korkeintaan kolme vuotta vanhoja. Tähän ryhmään kuuluvat mallit HP-Compaq dc7600, HP-Compaq dc7700 sekä HP-Compaq dc7800. Kolmas ryhmä sisältää normaalitehoisia työasemia, jotka ovat vanhempia kuin kolme vuotta. Tämä ryhmä sisältää mallit Compaq-Evo d500, Compaq-Evo d510 sekä HP-Compaq d530. Kuvasta 1 nähdään työasemien määrien jakautuminen Helsingin Energialla.



Kuva 1. Työasemien määrä malleittain Helsingin Energialla

Kannettavia työasemia ei näihin laskelmiin otettu mukaan, koska käyttäjät saattavat ottaa kannettavan työasemansa mukaan työpäivän päätteeksi. Tämän takia olisi ollut vaikea arvioida, kuinka monta kannettavaa olisi ollut milloinkin Helsingin Energian toimitiloissa kuluttamassa sähköä. Toinen syy kannettavien työasemien poisjättämiseen laskuista on, että niiden kovalevyt on salattu eikä laitetta saa käynnistettyä ilman, että salasana kirjoitetaan paikan päällä. Tämän takia kannettavia työasemia ei voida myöskään käynnistää keskitetysti.

2.3 Mittausjärjestelyt

Mittaukset toteutettiin käytössä olevilla työasemilla, jotta mitaustulokset vastaisivat työasemien todellista sähkönkulutusta käytön aikana. Mittauksissa mitattiin ainoastaan keskusyksikön kuluttama sähkö. Työasemien sähkönkulutus mitattiin siten, että sähkönkulutusmittari kytkettiin työasemaan työpäivän alussa ja tarkistettiin kellonaika, jolloin mittaus aloitettiin. Työpäivän päätteeksi luettiin sähkönkulutusmittarin lukeman ja tarkistettiin kellonaika. Näistä tiedoista laskettiin työaseman keskimääräinen

sähkönkulutus tunnissa käytön aikana. Sähkönkulutukseen vaikuttavat työpäivän aikana esimerkiksi lounas- ja kahvitaumat.

Työasemien sähkönkulutus työajan ulkopuolella mitattiin samalla tavalla kuin käytönaikainenkin. Ainoana erona oli, että sähkönkulutusmittari oli kytkettynä työasemaan sen ollessa käyttämättömänä.

2.4 Mittaustulokset

Työasemien sähkönkulutus vaihteli konemalleittain melko vähän. Suurimmaksi sähkönkuluttajaksi paljastuivat yllättäen ryhmään 3 kuuluvat työasemat. Ryhmä 3 sisältää työasemat, jotka ovat vanhempia kuin kolme vuotta ja on tarkoitettu perustyöskentelyyn. Ryhmään 3 kuuluvat työasemat kuluttivat sähköä noin 0,081 kilowattituntia tunnissa ollessaan käyttämättöminä. Ryhmän 1 työasemat kuluttivat käyttämättöminä keskimäärin 0,071 kilowattituntia tunnissa ja ryhmän 2 työasemat 0,059 kilowattituntia tunnissa. Taulukosta 1 nähdään kolmen eri mittauksen arvot ja eri ryhmien keskimääräinen sähkönkulutus käytön aikana sekä käyttämättöminä.

Taulukko 1. Työasemien sähkönkulutus tunnissa

		mittaus 1	mittaus 2	mittaus 3	Keskiarvo
Päivä	Ryhmä 1	0,237	0,243	0,249	0,243
Yö		0,073	0,072	0,069	0,071
Päivä	Ryhmä 2	0,103	0,121	0,112	0,112
Yö		0,061	0,058	0,059	0,059
Päivä	Ryhmä 3	0,169	0,171	0,176	0,172
Yö		0,081	0,082	0,081	0,081

Tuloksia vertailtiin aikaisempiin samankaltaisiin tutkimuksiin, jotta tiedettäisiin onko saatu samankaltaisia tuloksia kuin muut (1, s. 38; 2, s. 34). Vertailtavien tutkimusten työasemien sähkönkulutukset olivat samaa suuruusluokkaa, joten mittaustuloksia voidaan pitää uskottavina.

2.5 Säästölaskelmat

Tällä hetkellä työasemat kuluttavat Helsingin Energialla 1 150 megawattituntia sähköä vuosittain. Tästä syntyvät rahalliset kustannukset ovat hieman yli 80 000 euroa vuodessa sähkön hinnan ollessa 7 senttiä kilowattituntia kohden. Suomen keskiarvon mukaan yksi voimalaitoksella tuotettu kilowattitunti aiheuttaa 260 gramman hiilidioksidipäästöt (3). Näin ollen Helsingin Energian työasemat aiheuttavat vuosittain hieman alle 300 tonnin hiilidioksidipäästöt.

Työasemien ollessa sammuneena 12 tuntia vuorokaudessa kaikkina vuoden päivinä syntyisi Helsingin Energialle rahallisia säästöjä vuodessa 29 000 euroa. Säästöjä syntyisi siis 36 prosenttia niin rahallisesti kuin hiilidioksidipäästöissäkkin. Jos työasemat tämän lisäksi olisivat sammuneina kaikki viikonloput, nousisivat säästöt 54 prosenttiin, jolloin rahalliset säästöt olisivat hieman alle 44 000 euroa vuodessa.

Yksi mahdollisuus olisi ohjeistaa käyttäjät itse sammuttamaan työasemansa työpäivän päätteeksi. Tämän lisäksi kaikki ne työasemat, joita ei ole muistettu sammuttaa, sammuisivat automaattisesti tiettyyn kellonaikaan. Laskentaa varten oletetaan, että 70 prosenttia käyttäjistä muistaa itse sammuttaa työasemansa töistä lähtiessään, jolloin työasemat ovat käynnissä kahdeksan tuntia vuorokaudessa. Loput 30 prosenttia työasemista sammuisivat automaattisesti illalla, jolloin nämä olisivat olleet käynnissä 12 tuntia. Tässä tapauksessa kokonaissäästöt olisivat 60 prosenttia. Tämä vastaa hieman alle 49 000 euron säästöjä vuodessa. Tarkemmat laskelmat löytyvät liitteestä 1.

Laskuissa käytetyt laskentakaavat:

Nykyinen sähkönkäyttö = (koneiden käyttämä sähkö työaikana vuorokaudessa + Koneiden käyttämä sähkö työajan ulkopuolella vuorokaudessa) x Päiviä vuodessa

Nykyiset kustannukset = Nykyinen sähkönkäyttö x Sähkön hinta

Tuleva sähkönkäyttö = Nykyinen sähkönkäyttö – koneiden sähkönkäyttö työajan ulkopuolella päivässä x Koneiden sammumisprosentti x Päiviä vuodessa

Tulevat kustannukset = Tuleva sähkönkäyttö x Sähkön hinta

*Tuleva sähkönkäyttö, jolloin koneet kiinni viikonloput = Nykyinen sähkönkäyttö –
(koneiden sähkönkäyttö työajan ulkopuolella päivässä x Koneiden sammumisprosentti x
Päiviä vuodessa) Vapaapäivien määrä / Päiviä vuodessa*

Laskelmissa ei otettu huomioon työasemien tuottamaa lämpöenergiaa, koska se olisi ollut vaikeasti mitattavissa ja laskettavissa. Talvisin työasemien tuottama lämpö on pois lämmityskuluista ja kesäisin työasemien lämmöntuotto lisää ilmastointikuluja, joten voidaan olettaa, että tilanne on noin ± 0 lämmöntuoton osalta.

2.6 Päätelmät

Kohdan 2.5 laskelmista voidaan huomata, että Helsingin Energian kannattaa ottaa käyttöön työasemien sammuttaminen työajan ulkopuoliseksi ajaksi. Tällä keinolla Helsingin Energia tulee säästämään noin 50 prosenttia energiakustannuksissa riippuen siitä ajasta, kuinka kauan työasemat ovat sammuneina. Ottaen huomioon, että työasemien sammuttamisen suunnittelu ja toteutus maksaa Helsingin Energialle hieman yli 30 000 euroa, tulee työasemien sammuttaminen maksamaan itsensä takaisin alle vuodessa. Suunnitteluvaiheessa kustannukset syntyvät suurimmaksi osaksi henkilötyöpäivistä sekä testaukseen tarvittavista laitteista. Lisää kustannuksia syntyy käyttöönoton yhteydessä, koska luultavimmin työasemien sammuttamista varten tarvitaan kolmannen osapuolen ohjelmisto. Työasemien sammuttamiseen suunnitelluista ohjelmistoista kerrotaan lisää luvussa 5.

Todennäköisin vaihtoehto työasemien sammuttamiselle on se, että työasemat ovat käynnissä 12 tuntia vuorokaudessa ja sammuneina viikonloput sekä muut mahdolliset vapaapäivät. Tämän lisäksi käyttäjiä ohjeistetaan itse sammuttamaan omat työasemansa työpäivän päätteeksi. Näillä oletuksilla laskettu säästö olisi 60 prosenttia, mikä vastaa hieman alle 49 000 euron säästöjä vuodessa, kuten aikaisemmin on laskettu. Käyttäjien ohjeistaminen itse sammuttamaan työasemansa lisäisi käyttäjien tietoisuutta energiansäästöstä, joka on osa Helsingin Energian ympäristöohjelmaa. Kun näistä säästöistä vähennetään projektin suunnittelun ja toteutuksen kustannukset, jäävät ensimmäisen vuoden säästöt noin 19 000 euroon. Kun tästä vielä vähennetään mahdollisesti hankittavan ohjelmiston kustannukset, jäävät rahalliset säästöt erittäin

pieniksi ensimmäisen vuoden aikana. Rahallisia säästöjä alkaisi syntyä vasta noin vuoden kuluttua käyttöönotosta.

Ympäristön näkökulmasta hiilidioksidipäästöjen väheneminen alkaisi heti, kun työasemien sammuttaminen saataisiin käytäntöön. Jos säästöt olisivat 50 prosenttia, vähenisi työasemien välillisesti tuottamat hiilidioksidipäästöt 300 tonnista 150 tonniin vuodessa. Keskiarvon mukaan yksi autolla ajettu kilometri aiheuttaa 180 gramman hiilidioksidipäästöt (4) näin ollen säästetty hiilidioksidimäärä vastaa 833 300:aa ajettua kilometriä.

3 Wake on Lan

Työasemien käynnistämiseen tietoliikenneverkon kautta käytetään Wake on Lania. Tässä luvussa kuvataan, miten Wake on Lan toimii sekä selvitetään, mitä mahdollisia ongelmia Wake on Lan tuo mukanaan.

3.1 Taikapaketti

Työasemien herättämiseen käytetään taikapaketiksi (engl. Magic Packet) kutsuttua tietoliikennepakettia. Taikapaketti on ethernet-kehys, joka sisältää alussa tavut *FF FF FF FF FF FF*, jonka jälkeen on toistettuna kuusitoista kertaa käynnistettävän tietokoneen MAC-osoite (MAC=Media Access Control) (Kaavio 1). Taikapaketti voidaan lähettää aliverkkoon osoitettuna lähetyksenä tai täsmälähetyksenä. Yleensä taikapaketti lähetetään UDP-datasähkeenä porttiin 0, 7 tai 9.

Kaavio 1. Taikapaketin sisältö

FF FF FF FF FF FF	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0
00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0
00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0
00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0
00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0
00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0	00 22 64 B5 09 C0

Työaseman verkkokortti tunnistaa taikapaketin ja vertaa siinä olevaa MAC-osoitetta omaan MAC-osoitteeseensa. Jos MAC-osoitteet täsmäyvät keskenään, käynnistää työaseman verkkokortti työaseman.

3.2 Turvallisuus

Wake on Lan sisältää SecureOn-nimisen turvallisuusominaisuuden, jonka avulla voidaan rajoittaa hyökkääjän mahdollisuutta käynnistää työasema tietoliikenneverkon kautta. Käytettäessä SecureOn-ominaisuutta työaseman verkkokortin muistiin tallennetaan kuuden tavun mittainen heksadesimaalisalasana. Kun työasemaa käynnistetään taikapaketilla, pitää taikapakettiin sisällyttää tämä kuuden tavun mittainen salasana. Verkkokortin tutkiessa taikapakettia pitää molempien, sekä MAC-osoitteen että salasanan täsmätä, jotta työasema käynnistetään.

Yhdistelmien määrä SecureOn salasanan ollessa käytössä:

$$2 \text{ [arvoa per bitti]} ^ (6 \text{ [bittejä MAC-osoitteessa]} + 6 \text{ [bittiiä salasanaan]}) \times 8 \text{ [bittiiä per tavu]} = 2^{96} = 79\,228\,162\,514\,264\,337\,593\,543\,950\,336 \text{ eri yhdistelmää}$$

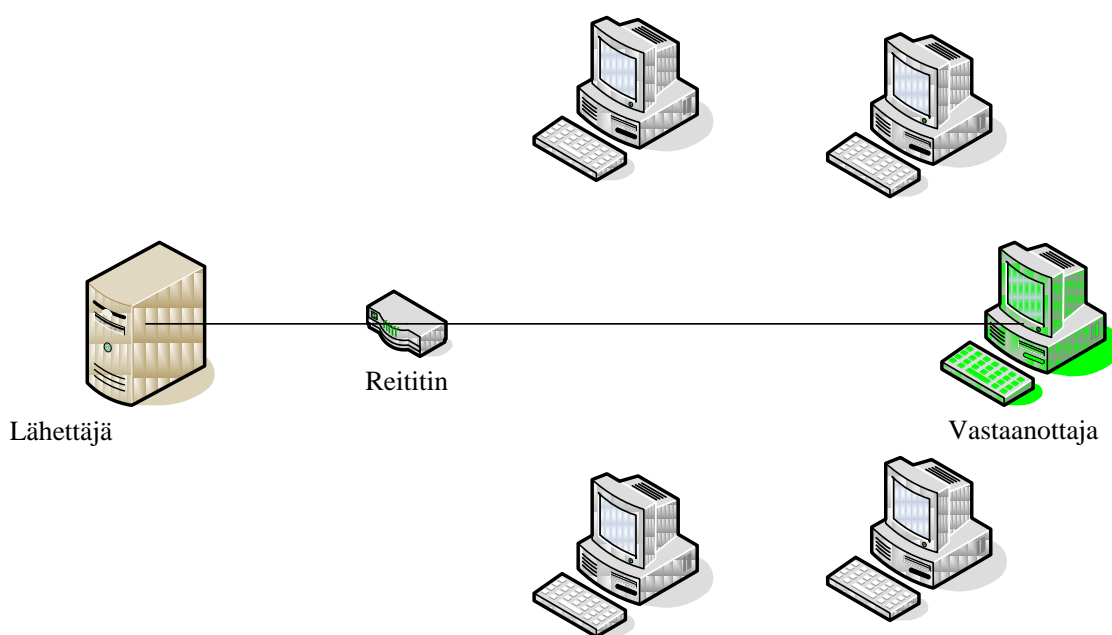
Yhdistelmien määrä SecureOn salasanan ollessa pois käytössä:

$$2 \text{ [arvoa per bitti]} ^ 6 \text{ [bittejä MAC-osoitteessa]} \times 8 \text{ [bittiiä per tavu]} = 2^{48} = 281\,474\,976\,710\,656 \text{ eri yhdistelmää}$$

Laskuista voidaan huomata, että SecureOn-salasana lisää huomattavasti erilaisia yhdistelmiä. Ilman salasanaa yhdistelmiä on olemassa 2^{48} kappaletta ja salasanan ollessa käytössä eri yhdistelmiä on 2^{96} . Kuvitellaan tilanne, jossa työasema on raa'an voiman hyökkäyksen (brute force) kohteena ja hyökkääjä pystyy kokeilemaan erilaisia vaihtoehtoja 1 000 000 000 kappaletta sekunnissa saadakseen työaseman käynnistymään tietoliikenneverkon yli. SecureOn-salasanan ollessa käytössä kaikkien vaihtoehtojen läpikäymiseen kuluisi hyökkääjältä $2,51 \times 10^{12}$ vuotta, kun ilman SecureOn-salasanaa kaikkien vaihtoehtojen läpikäyntiin kuluisi hieman yli 78 tuntia.

3.3 Täsmälähetys

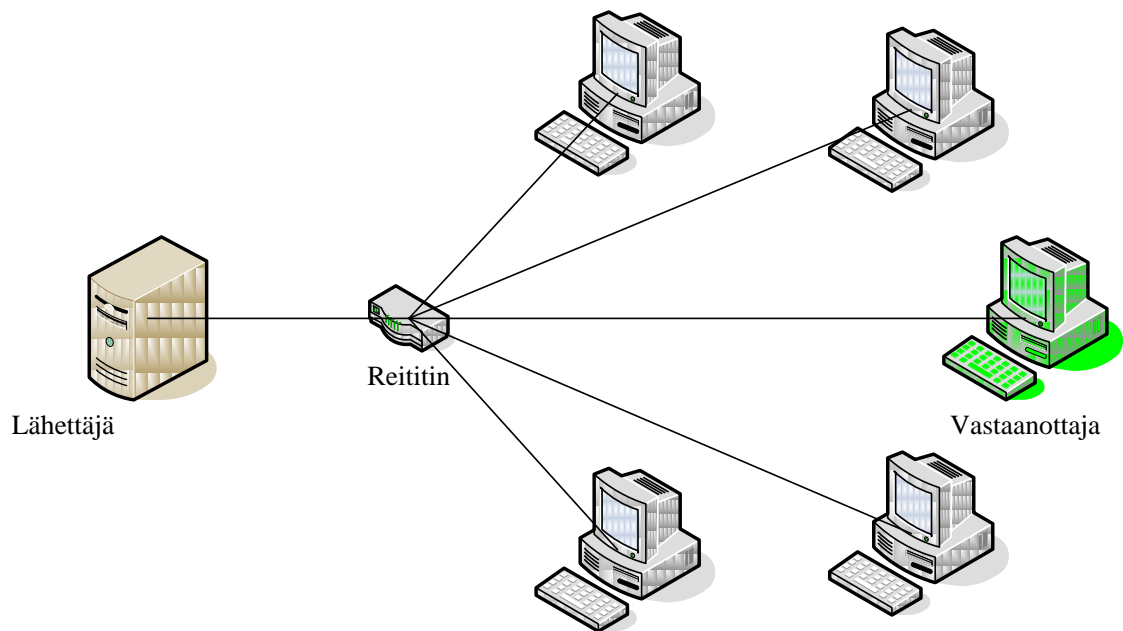
Täsmälähetystä käytettäessä taikapaketti lähetetään suoraan työaseman ip-osoitteeseen (kuva 2). Tällöin on suurempi mahdollisuus, ettei taikapaketti päädy kohdetyöasemalle, koska työaseman ip-osoite on saattanut muuttua lähettäjällä tiedossa olevasta ip-osoitteesta. Ip-osoite on saattanut muuttua esimerkiksi siksi, että työasema on ollut sammuneena ja DHCP-palvelin on jakanut työasemalla olleen ip-osoitteen toiselle työasemalle.



Kuva 2. Täsmälähetys

3.4 Aliverkkoon osoitettu lähetys

Aliverkkoon osoitettua lähetystä käytettäessä taikapaketti lähetetään jokaiselle tietyn aliverkon työasemalle (kuva 3). Kun taikapaketti lähetetään kaikille tietyssä aliverkossa oleville työasemille, ei haittaa, vaikka kohdetyöaseman ip-osoite olisi vaihtunut, kunhan se on pysynyt samassa aliverkossa. Aliverkkoon osoitettua lähetystä käytettäessä työasemien käynnistämisen onnistumisprosentti kasvaa.



Kuva 3. Aliverkkoon osoitettu lähetys

3.5 Ongelmat

Perinteinen keino lähettää taikapaketteja on käyttää aliverkkoon osoitettua lähetystä. Aliverkkoon osoitetut lähetykset on kuitenkin pääsääntöisesti estetty tietoliikenneverkoissa nykyisin, koska niiden salliminen altistaisi tietoliikenneverkon niin sanotulle Smurf-hyökkäyksille. Smurf-hyökkäyksessä hyökkääjä lähettää aliverkon kaikille työasemille väärennettyjä ICMP-echo (ping) -pyyntöjä aliverkkoon osoitettuna lähetyksenä, joihin on väärennetty hyökkäyksen kohteena oleva työasema lähettäjäksi. ICMP-echo -pyynnön vastaanottaessaan aliverkon kaikki työasemat vastaavat hyökkäyksen kohteena olevalle työasemalle tukkien hyökkäyksen kohteena olevan työaseman tietoliikenneverkkoliikennöinnin.

Täsmälähetystä käytettäessä ongelmaksi muodostuu, että kohdetyöaseman ip-osoite on saattanut muuttua tiedossa olevasta ip-osoitteesta, joten taikapaketti ei päädy oikealle vastaanottajalle, eikä työasema tietenkään käynnisty. Tämän ongelman voisi korjata asettamalla kaikille työasemille kiinteät ip-osoitteet. Kiinteiden ip-osoitteiden asettaminen kaikille työasemille ei kuitenkaan ole suositeltavaa, koska se tuottaisi suuren määrän ylimääräistä työtä ja vaatisi suunnittelua ja ylläpitoa. Lisäksi ongelmaksi

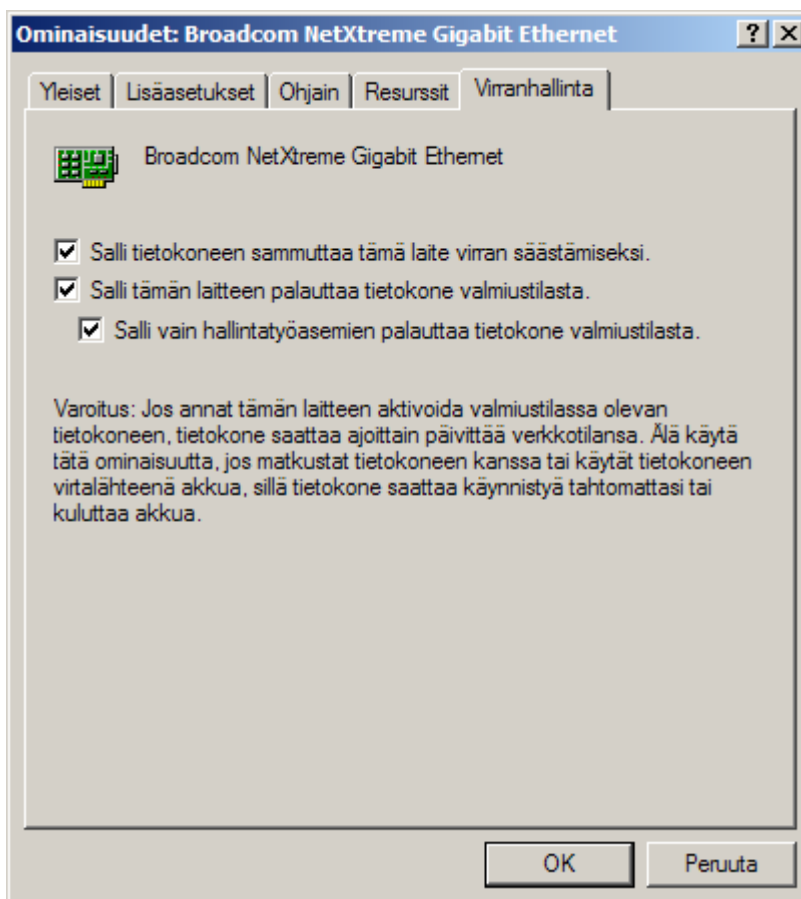
muodostuisivat kannettavat työasemat, koska niiden ip-osoitteet vaihtuvat useammin niiden liikutettavuuden vuoksi.

Yksi keino ratkaista taikapakettien lähettäminen eri aliverkkojen välillä olisi käyttää jokaisessa aliverkossa yhtä työasemaa välittämään taikapaketteja oman aliverkon työasemille. Tämä on mahdollista, koska omaan aliverkkoon on sallittua lähettää aliverkkoon osoitettu lähetys. Itse asiassa kaikki kaupalliset ohjelmistot, jotka on suunniteltu työasemien keskitettyyn käynnistämiseen ja sammuttamiseen, käyttävät tätä keinoa. Jokainen ohjelmisto, jota vertaillaan myöhemmin tässä työssä, pitää automaattisesti yhtä työasemaa jokaisessa aliverkossa käynnissä ja käyttää tätä työasemaa taikapakettien välittämiseen eri aliverkoissa.

4 Työasemat

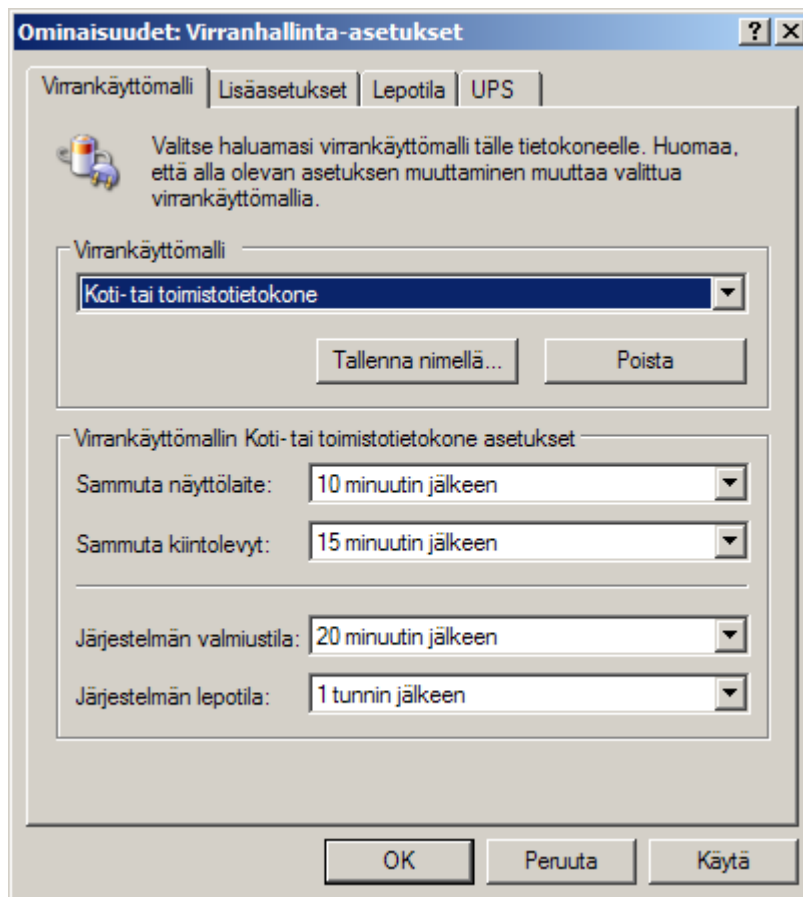
4.1 Windows XP -työasemien asetukset

Jotta työasema voitaisiin käynnistää taikapaketilla, tulee sen BIOS:sta olla sallittuna, että verkkokortti saa käynnistää työaseman. Tämän lisäksi Windows XP:ssä työasemien verkkokorttien asetuksista (kuva 4) löytyvät kohdat ”Salli tietokoneen sammuttaa tämä laite virran säästämiseksi.”, ”Salli tämän laitteen palauttaa tietokone valmiustilasta.” ja ”Salli vain hallintatyöasemien palauttaa tietokone valmiustilasta.”. Näihin asetuksiin pitää tehdä muutoksia vain siinä tapauksessa, että työasemat määritellään menemään virransäästötilaan sammumisen sijaan.



Kuva 4. Verkkokortin virranhallinta

Windows XP:n ohjauspaneelistä löytyvät virranhallinta-asetukset (kuva 5). Sieltä voi asettaa näytön ja kiintolevyn sammumaan sekä määrittää työaseman menemään valmiustilaan tietyn ajan kuluttua siitä, kun työasema on ollut käyttämättömänä. Järjestelmän lepotilavaihtoehdon saa näkyviin, kun valitsee Lepotila-välilehdeltä kyseisen ominaisuuden käyttöön.



Kuva 5. Virranhallinta-asetukset

Suosittelavat ajat laitteiden sammuttamiselle virranhallinta-asetuksissa (kuva 5) ovat Motivan selvityksen mukaan seuraavanlaiset (5, s. 14):

- Sammuta näyttölaite 10 minuutin jälkeen
- Sammuta kiintolevyt 15 minuutin jälkeen
- Järjestelmän valmiustila 20 minuutin jälkeen
- Järjestelmän lepotila 1 tunnin jälkeen

4.2 Virransäästötilat

Tietokoneille on määritelty kuusi erilaista tilaa S0:sta S5:een. S0 on tila, jolloin työasema on käynnissä ja valmis käytettäväksi, kun taas tila S5 tarkoittaa sitä, että työasema on sammuneena. Tilat S1:sta S4:ään eroavat toisistaan siinä, mitä työaseman komponentteja pidetään käynnissä. Liitteessä 2 on esitetty erot eri tilojen välillä.

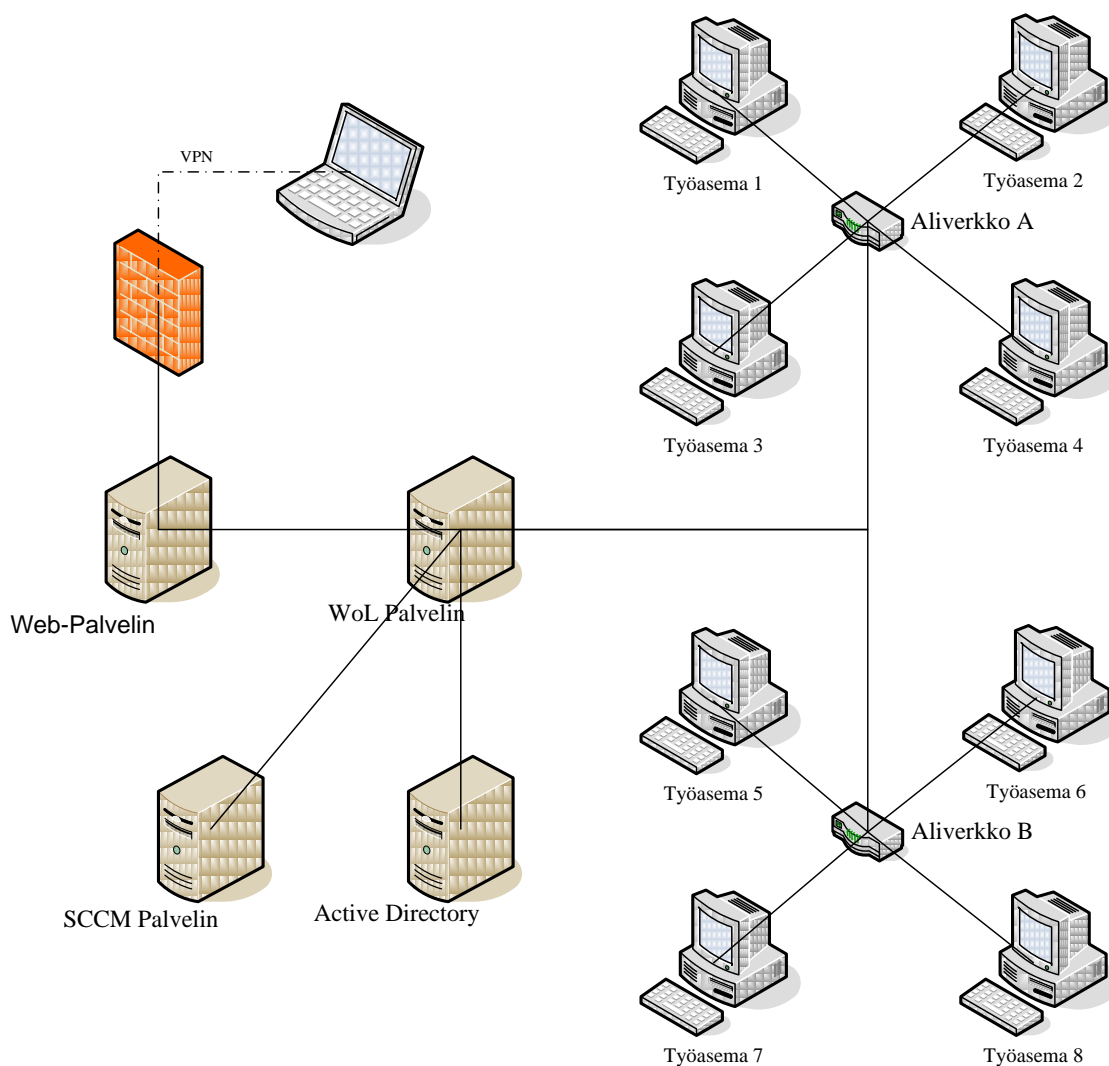
Jos Helsingin Energialla päätettäisiin käyttää virransäästötiloja työasemien sammuttamisen sijaan, tulisi selvittää, miten eri ohjelmistot reagoivat virransäästötiloihin. Katkeako esimerkiksi joltain ohjelmistolta palvelinyhteys, jota se ei osaa palauttaa virransäästötilasta palautuessaan?

5 Ohjelmistot

Työasemien keskitettyyn virranhallintaan suunniteltuja ohjelmistoja löydettiin neljä erilaista. Osassa ohjelmistoja oli käyttäjien mahdollisuus itse käynnistää oma pöytätyöasemansa kannettavalta työasemalta käsin web-pohjaisen työkalun avulla. Tämä ominaisuus on yksi virranhallintaohjelmistojen tärkeimmistä ominaisuuksista, koska nykyisin työntekijät tekevät enenevässä määrin etätöitä kotoaan käyttäen vpn-yhteyttä sekä etätyöpöytäyhteyttä omalle pöytätyöasemalleen. Siksi on tärkeää, että käyttäjät saavat käynnistettyä oman työasemansa.

5.1 Ohjelmistojen toiminta

Kaikki muut ohjelmistot paitsi SCCM Companion asennetaan omalle palvelimelleen. Kuvassa 5 on esitelty perustoimintaperiaate kaikille muille ohjelmistoille. SCCM Companion eroaa muista ohjelmistoista siten, ettei sille tarvita omaa palvelinta, vaan se asennetaan SCCM-palvelimelle. SCCM:n toimintaa on kuvattu luvussa 5.2.



Kuva 5. Toimintaperiaate

Kuvitellaan seuraavanlainen tilanne: käyttäjä on kotonaan ja haluaa käyttää omaa pöytätyöasemaansa numero 7 Helsingin Energian tiloissa (Kuva 5) omalla kannettavallaan, joka on hänellä mukana kotonaan. Ensin käyttäjä ottaa yhteyden Helsingin Energian tietoliikenneverkkoon vpn-yhteydellä. Tämän jälkeen käyttäjä avaa web-palvelimella sijaitsevan sivuston, jonne hän syöttää työasemansa nimen. Käyttäjän painettua herätä-nappia lähettää web-palvelimella toimiva ohjelmisto pyynnön WoL-palvelimelle työaseman numero 7 käynnistämiseksi. Sillä hetkellä työasema numero 5 on ainoa käynnissä oleva työasema aliverkossa B. WoL-Palvelin lähettää tämän jälkeen työasema 5:llä olevalle ohjelmalle käskyn käynnistää työasema numero 7. Käskyn saatuaan työasema numero 5 lähettää omaan aliverkkoonsa osoitetun taikapaketin, joka

sisältää työasema 7:n MAC-osoitteen. Tämän seurauksena työasema numero 7 käynnistyy.

5.2 System Center Configuration Manager -ohjelmisto

System Center Configuration manager (SCCM) on Microsoftin valmistama ohjelmisto, jolla voidaan sekä hallita että asentaa ohjelmia ja päivityksiä käytössä oleville työasemille ja palvelimille. System Center Configuration Managerissa on sisäänrakennettuna Wake on Lan -ominaisuus. System Center Configuration Manager osaa lähettää taikapaketteja kahdella eri tavalla, täsmälähetyksenä ja aliverkkoon osoitettuna lähetyksenä.

Aliverkkoon osoitetut lähetykset eivät toimi, koska ne on estetty eri aliverkkojen välillä Helsingin Energian tietoliikenneverkossa. Aliverkkoon osoitettua lähetystä käytettäessä SCCM etsii työaseman MAC-osoitteen omasta tietokannastaan, johon työasemilta kerätään erinäisiä tietoja.

Täsmälähetystä käytettäessä työasemat pystyttiin käynnistämään neljän tunnin ajan työaseman sammuttamisesta. Syyksi tähän selvisi se, että vaikka SCCM:n dokumenteissa väitetään sen selvittävän työaseman MAC-osoitteen omista tietokannoistaan, ei asia ole näin. Todellisuudessa SCCM kysyy täsmälähetystä käytettäessä työaseman MAC-osoitetta tietoliikenneverkon kautta (6; 7). Neljän tunnin aikaraja johtuu siitä, että Ciscon reitittimillä dynaamisen ARP-taulun ylläpitoajaksi on määritelty neljä tuntia (8).

5.3 Green Snapper -ohjelmisto

Green Snapper on Suomalaisen Ravensoft Oy:n valmistama ohjelmisto, jonka avulla voidaan hallita työasemien käynnistymistä ja sammuttamista. Green Snapperin ominaisuuksiin kuuluu työasemien käynnistäminen ja sammuttaminen keskitetysti. Siitä puuttuu kuitenkin mahdollisuus käyttäjien itse käynnistää työasemansa. Tämän ominaisuuden puuttuminen yhdistettynä kalleimpaan hintaan ei tee Green Snapperista kovinkaan houkuttelevaa. Hyvä puoli Green Snapperissa olisi kuitenkin se, että sille on tarjolla suomenkielinen tukipalvelu, joka puuttuu kaikista muista ohjelmistoista.

Green Snapper on vertailtavista ohjelmistoista selvästi kallein. Yksi lisenssi maksaa 25 euroa, ja siihen kuuluu vuoden ajaksi tuki- ja päivityspalvelu. Seuraavina vuosina lisenssikohtainen tuki- ja päivityspalvelu maksaa 5 euroa. Green Snapperin lisenssit ovat työasemakohtaisia, eli jokaiselle Green Snapperin hallinnassa olevalle työasemalle pitää ostaa oma lisenssi. Green Snapperin hankkiminen maksaisi Helsingin Energialle noin 35 000 euroa koneita ollessa 1400 kappaletta. Tulevien vuosien kustannukset olisivat 6 700 euroa vuodessa.

5.4 SCCM Companion -ohjelmisto

SCCM Companion on Adaptivan valmistama ohjelmisto. Sen ominaisuuksiin lukeutuu työasemien sammuttamisen ja käynnistämisen lisäksi käyttäjien mahdollisuus käynnistää itse omat työasemansa. SCCM Companion asennetaan System Center Configuration Managerin palvelimelle, ja se toimii ikään kuin SCCM:n lisäosana. Työasemien käynnistämisen ja sammuttamisen lisäksi se lisää yhdeksän erilaista lisäominaisuutta SCCM:n toimintaan, kuten mahdollisuuden pakottaa työasema hakemaan ryhmäkäytännöt.

SCCM Companion on selvästi halvin vaihtoehto kaikista vertailussa mukana olevista ohjelmistoista. Yhden lisenssin hankinta maksaa 7,84 euroa (10 dollaria) ja tämän jälkeen tulevina vuosina ylläpitokustannukset ovat 1,18 euroa vuodessa. Ylläpito sisältää mahdolliset päivitykset ja tukipalvelun. Kuten Green Snapperissa lisenssit ovat työasemakohtaisia. Kokonaishinnaksi tulisi ohjelmiston hankkimiselle noin 10 000 euroa, ja tulevina vuosina ylläpitokustannukset olisivat noin 1 650 euroa vuodessa.

5.5 Power and Patch Management Pack -ohjelmisto

Power and Patch Management Pack on 1E:n valmistama ohjelmisto. Ohjelmisto koostuu kahdesta erillisestä ohjelmasta: Nightwatchmanista ja WakeUpista. Nightwatchman-ohjelma on suunniteltu työasemien sammuttamiseen, kun taas WakeUp työasemien käynnistämiseen. WakeUp sisältää lisäksi komponentin nimeltään WebWakeUp, joka on nimensä mukaisesti suunniteltu sitä varten, että käyttäjät voivat itse käynnistää oman työasemansa web-pohjaisen työkalun avulla. Power and Patch Management Pack toimii System Center Configuration Managerin kanssa, eli se osaa

käynnistää työasemat, joille on määrätty System Center Configuration Managerilla asennettavaksi päivityksiä. Power and Patch Management Packissa on perusominaisuuksien lisäksi yksi mielenkiintoinen ominaisuus, jota muilla vertailussa mukana olevilla ohjelmistoilla ei ole. Ohjelmistolla on mahdollista selvittää työasemilla yleisiä ongelmia ja korjata niitä automaattisesti.

1E:n ohjelmisto on vertailun toiseksi halvin vaihtoehto. Kuten muissakin ohjelmistoissa, sen lisenssit ovat työasemakohtaisia. Yhden lisenssin hankintahinta on 10 euroa. Tulevien vuosien ylläpitokustannuksista ei löytynyt 1E:n internetsivuilta tietoa. Ohjelmiston hankkiminen maksaisi Helsingin Energialle noin 14 000 euroa.

5.6 Surveyor-ohjelmisto

Surveyor on Verdiemin valmistama ohjelma. Surveyorin ominaisuuksiin kuuluu työasemien keskitetty sammuttaminen ja käynnistäminen. Tämän lisäksi sillä on mahdollista käyttäjien itse käynnistää omat työasemat. Kuten muutkin vertailussa mukana olevat ohjelmistot, Surveyor tuottaa erilaisia raportteja sähkökäytöstä. Verdiemillä on myös yksityisille käyttäjille ilmainen ohjelmisto nimeltään Edison, jolla voi seurata työaseman energiankulutusta ja säätää erilaisia virransäästöominaisuuksia. Edisonin saa ladattua Verdiemin internetsivustolta osoitteesta <http://www.verdiem.com/edison.aspx>.

Surveyor on toiseksi kallein ohjelmisto. Yksi lisenssi maksaa 18,54 euroa ja tulevien vuosien ylläpito- ja tukikustannukset ovat 2,78 euroa lisenssiä kohden. Ohjelmiston hankkiminen maksaisi Helsingin Energialle noin 26 000 euroa. Hankkimisen jälkeisinä vuosina lisenssit tulisivat maksamaan noin 3900 euroa vuodessa.

5.7 Päätelmät

Neljästä vertailussa mukana olleesta ohjelmistosta valittiin kaksi testikäyttöön. Testikäyttö tulee tapahtumaan erillisenä projektina, eikä se kuulu tämän insinööriyön piiriin. Testikäyttöön valittaessa ohjelmistoja verrattiin niiden hintoja ja ominaisuuksia. Kaikki ohjelmistot sisälsivät tärkeimmät ominaisuudet, joita virranhallintaohjelmistolta tarvitaan. Nämä ominaisuudet ovat työasemien käynnistäminen ja sammuttaminen keskitetysti. Taulukossa 2 on listattu eri ohjelmistojen ominaisuuksia.

Taulukko 2: Ohjelmistojen ominaisuudet

	Surveyor	1E P&PMP
Näyttöjen virranhallinta	x	x
Työasemien sammuttaminen	x	x
Työasemien käynnistäminen	x	x
Käyttäjien mahdollista käynnistää oma työasema	x	x
System Center Configuration Manager yhteensopiva	x	x
AD-tuki	x	x
raportit sähkökäytöstä	x	x
Tallentaa tallentamattomat työt ennen työaseman sulkemista	x	x
Tunnistaa työaseman käytön	x	x
	Green Snapper	Companion
Näyttöjen virranhallinta	x	x
Työasemien sammuttaminen	x	x
Työasemien käynnistäminen	x	x
Käyttäjien mahdollista käynnistää oma työasema		x
System Center Configuration Manager yhteensopiva	?*	x
AD-tuki	x	?**
raportit sähkökäytöstä	x	x
Tallentaa tallentamattomat työt ennen työaseman sulkemista	x	x
Tunnistaa työaseman käytön	x	x

*Green Snapperin sivustolla mainitaan tuki ainoastaan SMS:lle, joka on SCCM:n edellinen versio

**Companionin sivustoilla ei mainita tuesta

Ravensoftin Green Snapperia ei valittu mukaan, koska se oli vertailtavien ohjelmistojen kallein ja siitä puuttui käyttäjien mahdollisuus itse käynnistää työasemansa. Toki voi olla mahdollista, että Green Snapperiin tulevien versioiden myötä ohjelmistoon ilmestyy tämä ominaisuus. Toinen ohjelmisto, jota ei valittu testikäyttöön, oli Verdiemin Surveyor. Surveyor sisälsi kaikki tarpeelliset ominaisuudet, mutta oli hinnaltaan selvästi kalliimpi kuin kaksi vertailun halvinta vaihtoehtoa. Kaksi halvinta vaihtoehtoa sisälsi kaikki samat ominaisuudet mitä Surveyorkin, sekä muutamia mielenkiintoisia lisäominaisuuksia.

Adaptivan SCCM Companionin hyväksi ominaisuuksiksi lukeutuu sen halvin hinta sekä se, ettei se tarvitse omaa palvelinta, jolle se asennetaan. Tosin se, että SCCM Companion asennetaan SCCM-palvelimelle, saattaa hankaloittaa sen testikäyttöä. Tämän lisäksi se tarjoaa lisätoiminnallisuutta System Center Configuration Manageriin.

1E:n Power and Patch Management Packia puolsivat sen hinta sekä mielenkiintoinen ominaisuus, jolla voidaan automatisoida yleisimpien työasemien ongelmien ratkomista. Tämä ominaisuus vähentäisi tukipuhelimeen tulevia puheluita.

1E:n Power and Patch Management Pack valittiin otettavaksi testikäyttöön ensimmäisenä. Syy tähän oli se, että se asennetaan omalle palvelimelleen toisin kuin SCCM Companion. SCCM Companion olisi pitänyt asentaa tuotannossa olevalle SCCM-palvelimelle.

6 Yhteenveto

Insinööriyön aiheena oli selvittää, miten Helsingin Energialla on mahdollista sammuttaa työasemat työpäivän päätteeksi ja selvittää keino, miten sammuneet työasemat voitaisiin käynnistää esimerkiksi päivitysten asentamista varten. Työhön kuului myös laskenta siitä, olisiko mahdollista säästää työasemien sammuttamisella. Tätä varten piti mitata työasemien sähkönkäyttö ja selvittää työasemien lukumäärä. Työasemat päätettiin jakaa kolmeen ryhmään koneen iän ja tehokkuuden perusteella. Laskelmien mukaan Helsingin Energia tulisi säästämään hieman alle 49 000 euroa vuodessa työasemien sammuttamisella. Kustannuksia syntyy selvitystyöstä sekä mahdollisesti hankittavasta kolmannen osapuolen ohjelmistosta, jolla voidaan hoitaa työasemien käynnistäminen ja sammuttaminen.

Koska Helsingin Energialla on käytössään System Center Configuration Manager, joka sisältää Wake on Lan -ominaisuuden, aluksi selvitettiin, onko sillä mahdollista hoitaa työasemien käynnistäminen. SCCM:llä voidaan lähettää taikapaketti kahdella eri tavalla: aliverkkoon osoitettuna lähetyksenä ja täsmälähetyksenä. Aliverkkoon osoitettu lähetykset eivät toimineet, koska se on estetty eri aliverkkojen välillä. Täsmälähetykset toimivat ainoastaan neljä tuntia työaseman sammuttamisesta. Syy tähän oli se, ettei SCCM kyennyt selvittämään työaseman MAC-osoitetta neljän tunnin jälkeen.

Kun selvisi, ettei työasemien käynnistäminen ja sammuttaminen ollut mahdollista nykyisillä ohjelmistoilla, oli työn seuraava vaihe selvittää erilaisia ohjelmistoja, joilla on mahdollista hoitaa työasemien käynnistäminen ja sammuttaminen. Tarkoituksena löytyi sopivia ohjelmistoja neljä erilaista.

Ensimmäinen vertailussa ollut ohjelmisto oli suomalaisen Ravensoft -nimisen ohjelmistoyrityksen tekemä Green Snapper. Vertailussa kuitenkin selvisi, että Green Snapper oli vertailtavista ohjelmistoista kallein ja siitä puuttui yksi oleellinen ominaisuus: mahdollisuus käyttäjien itse käynnistää oma työasemansa.

Toinen vertailussa mukana ollut ohjelmisto oli Adaptivan valmistama SCCM Companion. SCCM Companionin yksi hyvä ominaisuus oli se, että se on suunniteltu toimimaan SCCM:n niin sanottuna lisäosana, jolloin erillistä palvelinta ei tarvita.

Tämän lisäksi SCCM Companion lisää System Center Configuration Manageriin lisätoiminnallisuuksia. SCCM Companion oli myös vertailun halvin vaihtoehto.

Kolmas vertailussa mukana ollut ohjelmisto oli Verdiemin Surveyor. Surveyor tarjosi kaikki tarvittavat ominaisuudet, joita kyseisenslaiselta ohjelmistolta vaaditaan. Se oli myös vertailun toiseksi kallein vaihtoehto.

Neljäs ohjelmisto oli 1E:n Power and Patch Management Pack. Tämä paketti sisälsi kaksi erillistä ohjelmistoa, joista yksi oli suunniteltu työasemien sammuttamiseen ja toinen niiden käynnistämiseen. Mielenkiintoisena ominaisuutena Power and Patch Management Pack tarjosi keinon automatisoida yleisimpien työasemien ongelmien korjaamisen. Power and Patch Management Pack oli hinnaltaan toiseksi halvin vaihtoehto.

Testikäyttöön valittiin 1E:n Power and Patch Management Pack sekä Adaptivan SCCM Companion. Valintaan vaikuttivat kyseisten ohjelmistojen lisäominaisuudet sekä hinta. Ensimmäisen testattavaksi valittiin Power and Patch Management Pack siksi, että se asennetaan omalle palvelimelleen toisin kuin SCCM Companion.

Lähteet

- 1 Kokkarinen, M., Nissinen, A., Loisa, L., Pihala, H., Härkönen, H. Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö, Suomen ympäristökeskus 2003.
- 2 Pulkkinen, M. Varo vihreitä virheitä. MikroPC 14/2008, s. 32–34.
- 3 Kodin Energiaopas. (WWW-Dokumentti.) Adato, Motiva Oy, TYÖTEHOSEURA. <<http://www.tts.fi/kodinenergiaopas/sahkolaitteidenkulutuksia.htm>>. Luettu 10.2.2009
- 4 Vuoden 2010 uudistus – autoliitto. (WWW-Dokumentti) Autoliitto. <http://www.autoliitto.fi/testit_ja_ajoneuvot/autoilun_verotus/ajoneuvovero/vuoden_2010_uudistus/>. Luettu 22.5.2009
- 5 IT-ympäristön sähkönsäästöohjeet. Motiva Oy, 4.4.2007.
- 6 ConfigMgr 2007: Current issues with Wake On LAN (WOL). (WWW-Dokumentti.) Brian Huneycutt. <<http://blogs.technet.com/smsandmom/archive/2008/05/14/configmgr-2007-current-issues-with-wake-on-lan-wol.aspx>>. Päivitetty 14.5.2008. Luettu 10.2.2009.
- 7 WoL using Unicast, viestiketju. (WWW-Dokumentti.) <<http://social.technet.microsoft.com/Forums/en-US/configmgrgeneral/thread/dbe576e9-3b48-4812-b8df-37b1add0fc8a/>>. Luettu 10.2.2009.
- 8 Using the MAC Address Table and ARP Cache on the LAN. (WWW-Dokumentti.) <<http://www.networkblueprints.com/troubleshooting/using-mac-address-table-and-arp-cache-lan>>. Luettu 1.5.2009.

Liite 1: Yksityiskohtaiset laskelmat

Yksittäisen koneen kustannukset eri ryhmittäin

	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Nykyinen kustannus (€)/vuosi	78,83 €	47,15 €	68,41 €
Tuleva kustannus ilman vapaapäiviä (€)/vuosi	56,96 €	28,96 €	43,47 €
Tuleva kustannus vapaapäivät mukana (€)/vuosi	40,73 €	20,71 €	31,08 €

Eri vaihtoehdot koneiden sammuttamiselle

Nykyinen tilanne

Sähkönkulutus	1 153 541 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	80 748 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	299,92 t/vuosi

Koneet ovat sammuneena viikonloput

Sähkönkulutus	824 861 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	57 740 €/vuosi
Rahalliset säästöt	23 008 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	214,46 t/vuosi
Säästöprosentti	28,49 %

koneet ovat käynnissä 12h vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä

Sähkönkulutus	741 275 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	51 889 €/vuosi
Rahalliset säästöt	28 859 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	192,73 t/vuosi
Säästöprosentti	35,74 %

koneet ovat käynnissä 12h vuorokaudessa sekä sammuneena kaikki viikonloput

Sähkönkulutus	530 062 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	37 104 €/vuosi
Rahalliset säästöt	43 644 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	137,82 t/vuosi
Säästöprosentti	54,05 %

koneet ovat käynnissä 10h vuorokaudessa sekä sammuneena kaikki viikonloput

Sähkönkulutus	480 929 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	33 665 €/vuosi
Rahalliset säästöt	47 083 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	125,04 t/vuosi
Säästöprosentti	58,31 %

Liite 1: Yksityiskohtaiset laskelmat

**70% Käyttäjistä itse sammuttavaa koneensa (8 tunnin työpäivä),
päälle jääneet koneet sammutetaan automaattisesti (12 tuntia päällä)+viikonloput
sammuneena**

Sähkönkulutus	461 276 kWh/vuosi
Rahalliset kustannukset	32 289 €/vuosi
Rahalliset säästöt	48 459 €/vuosi
Hiilidioksidipäästöt	119,93 t/vuosi
Säästöprosentti	60,01 %

Liite 2: Virransäästötilat

- S0 = Päällä
 - Käynnissä
 - Sähkönkulutus suurin

- S1 = Valmiustila 1
 - Prosessori pysäytetään, mutta se saa sähköä
 - Käynnistyminen kestää alle kaksi sekuntia
 - Virransäästö on pieni

- S2 = Valmiustila 2
 - Prosessorilta katkaistaan sähkönsyöttö
 - Käynnistyminen kestää yli kaksi sekuntia
 - Pienempi sähkönkulutus verrattuna tilaan S1

- S3 = Valmiustila 3
 - Vain välimuistille syötetään sähköä
 - Käynnistyminen kestää yli kaksi sekuntia

- S4 = Lepotila (hibernate)
 - Sähkönkulutukseltaan pienin virransäästötila, jossa kaikki laitteet sammutetaan. Vastaa melkein tilaa S5
 - Keskusmuistin sisältö tallennetaan työaseman kiintolevyille

Liite 2: Virransäästötilat

- Jos tiloissa S1 – S3 työasemalta katkeaa virta, työt menetetään. Tilassa S4 työasema palautuu samaan tilaan, missä se oli virransäästötilaan mentäessä, vaikka työasema olisikin tilan S4 aikana kokonaan ilman sähköä.
 - Käynnistyminen kestää kauemmin kuin muissa virransäästötiloissa, mutta lyhyemmän aikaa kuin normaali käynnistys
- S5 = Pois päältä
- Vastaa tilaa, jossa työasema on kytketty pois päältä virtakytkimestä
 - Muistin tilaa ei säilytetä, kaikki työt menetetään