



TIETOKANTAPALVELINYMPÄRIS- TÖ

Jarkko Jokinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka

JOKINEN, JARKKO:
Tietokantapalvelinympäristö

Opinnäytetyö 28 sivua
Huhtikuu 2014

Opinnäytetyönä tehtiin teollisuuden tuotantotehtävien tarpeisiin automatisoidun dokumentointijärjestelmän tietokantapalvelin. Järjestelmä suunniteltiin konsultoimalla käyttäjien tarpeet ja vaatimukset sekä soveltaen ammattiosaamista ja tietämystä tehtävään käytettävissä olevista sovelluksista. Järjestelmä päädyttiin toteuttamaan hyödyntäen SQL-tietokantapalvelua, jota käytetään mobiilipäätelaitteelle suunnitellun käyttöliittymän avulla. Tämä työ käsittelee käytettyjä tietoliikennetekniikoita ja sovelluksia, sekä tietokantapalvelua tarjoavan järjestelmän pohjaksi vaadittavan palvelinympäristön ja niiden asennusohjeen.

Tietokantapalvelun tuottamiseksi tehtiin LAMP-asennus, joka on Linux käyttöjärjestelmään pohjautuva palvelin, johon on asennettu Apache WWW-palvelin, MySQL-tietokantapalvelin ja PHP-ohjelmointirajapinta. Palvelimen ja palvelujen hallintaa ja ylläpitoa varten asennettiin näiden toimien vaatimat sovellukset. Tietoturvan parantamiseksi järjestelmässä otettiin palveluiden käyttöön tietoliikenteen salauksen ja osapuolen tunnistamisen mahdollistavat lisäosat.

Tietokantapalvelulla yhdessä mobiilisovelluksen kanssa saatiin toteutettua dokumentointijärjestelmä, joka vastaa sille asetettuihin toiminnallisuuden ja ominaisuuksien vaatimuksiin. Palvelun saatavuuden ja tietoturvan ollessa tärkeitä osa-alueita järjestelmän toiminnassa on huolehdittava myös sovellusten päivittämisestä jatkuvina ylläpitotoimina, jotta voidaan tehokkaasti suojautua uusilta haavoittuvuuksilta ja tietoturvauhilta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in ICT Engineering
Option of Telecommunications and Networks

JOKINEN, JARKKO:
Database Server Environment

Bachelor's thesis 28 pages
April 2014

This bachelor's thesis is a report of setting up a database server environment for automated documentation system. Database environment was designed by needs and requirements of system users and adapting professional knowledge of information technology needed. Service was decided to accomplish with SQL-database which is being controlled with a mobile user interface. Thesis debates on data transfer techniques, applications, services and installation guide needed for setting up a required environment for documentation system.

Database service was put into practice as an LAMP installation which is Linux based server environment with Apache WWW-server, MySQL database server and PHP programming interface. There was also specific applications installed for controlling and maintenance tasks of server and services used in system. For improvement to information security of system there was data encryption and identification add-ons used for service applications.

Database service with mobile user interface combines required functionalities and features for documentation system. As availability and information security are important issues in system operation is updating applications constantly needed for securing system from vulnerabilities and data security threads.

Key words: Linux server, SQL database, LAMP, information security

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PALVELINYMPÄRISTÖ	8
2.1	Linux käyttöjärjestelmä	9
2.1.1	Ladattavat moduulit	10
2.1.2	APT	10
2.2	Sovellukset.....	11
2.2.1	WVDIAL.....	11
2.2.2	SSH	12
2.2.3	Apache.....	12
2.2.4	PHP	13
2.2.5	MySQL.....	14
3	PALVELINYMPÄRISTÖN ASENNUS	15
3.1	Linux	15
3.2	Sovellukset ja palvelut	15
3.2.1	3G-datayhteys USB-modeemilla	16
3.2.2	SSH- ja SFTP-palvelin.....	18
3.2.3	Apache.....	19
3.2.4	MySQL.....	23
3.2.5	PHP	24
3.3	Viimeistely.....	25
4	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	29

LYHENTEET JA TERMIT

Apache	WWW -palvelin
APT	Advanced Package Tool, Linux paketinhallintatyökalu
GNU	GNU's Not Unix, vapaan käyttöjärjestelmän kehitysprojekti
GPL	General Public License, vapaiden ohjelmien lisenssi
IP	Internet Protocol, Internet protokolla
LAMP	Tietokantapalvelinjärjestelmä (Linux, Apache, MySQL, PHP)
Linux	Linux-ydintä käyttävä Unixin kaltainen käyttöjärjestelmä
LTS	Long Term Support, pitkän käyttötuen Linux-jakeluversio
MD5	tiivistealgoritmi
MySQL	tietokantapalvelinsovellus
OpenSSL	avoimen lähdekoodin työkalu SSL- ja TLS-protokollien käsittelyyn
PHP	Hypertext Preprocessor, ohjelmointikieli
PPP	Point-to-Point Protocol, tiedonsiirtoprotokolla
PPPD	Point-to-Point Protocol daemon, PPP-yhteyksien hallintaso- vellus
PuTTY	SSH-asiakasohjelma
SSH	Secure Shell, salattu tietoliikenneprotokolla
SFTP	Secure File Transfer Protocol, salattu tiedonsiirtoprotokolla
SSL/TLS	Secure Sockets Layer/Transport Layer Security, salausproto- kolla
TCP	Transmission Control Protocol, tietoliikenneprotokolla
UNIX	käyttöjärjestelmä
USB	Universal Serial Bus, tietokoneen sarjaliikenneväyläarkki- tehtuuri
WVDIAL	Weave-dial, apuohjelma modeemiyhteyksien muodostami- seen

1 JOHDANTO

Liiketoiminnan dokumentointitehtäville lähdettiin etsimään korvaavaa toteutustapaa tietoteknisillä ratkaisuilla. Teollisuuden tuotantotehtäviin liittyvää dokumentointia suoritettiin vaihtelevissa ympäristöissä perinteisesti paperille kirjaamalla. Tiedonkäsittelyn toimintoja haluttiin helpottaa ja nopeuttaa tiedon saatavuutta hyödynnettäväksi jatko-toimenpiteitä varten. Ajatuksena syntyi malli palvelinjärjestelmästä, joka tarjoaisi pohjan tarvittavan sisällön tallentamiseksi tietokantaan sekä mobiilipäätelaitesovellus, joka toimisi työpisteissä työkaluna tiedon syöttämisessä järjestelmään. Suurimpana etuna siirtymisellä tietotekniseen järjestelmään tavoiteltiin tiedon reaaliaikaista saatavuutta työpisteiltä suoraan tuotannon ohjaamiseen ja hallintaan.

Järjestelmä kokonaisuudessaan on laaja ja vaatii eri osa-alueiden erityisosaamista, joten tämä opinnäytetyö keskittyy käsittelemään tarvittavia tiedonsiirron sovelluksia sekä palvelinympäristön hallintaa ja asennusta. Sovellusten tuottaminen ja tietokannan käsittely ja hallinta ovat erillinen osa projektia eikä niihin oteta tässä työssä kantaa. Palvelinympäristö on tehty toimimaan mobiilisovelluksen tietokantapalveluna ja se on testi-ympäristö asennettavaksi, lopulliseen käyttötarkoitukseen virtualisoituna, kolmannen osapuolen pilvipalveluun.

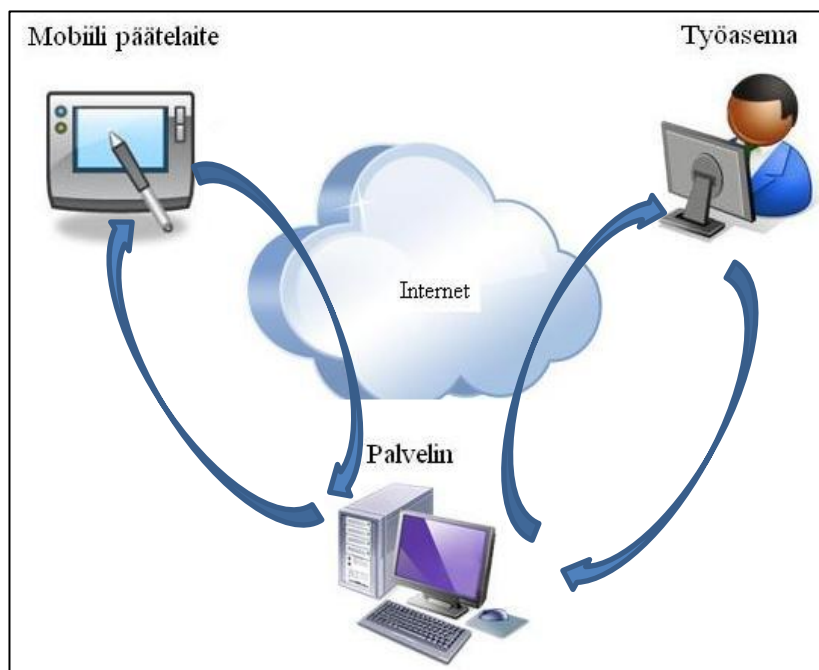
Järjestelmän palvelinosa toteutettiin LAMP-asennuksena eli se on Linux käyttöjärjestelmä, johon on asennettu Apache WWW-palvelin, MySQL-tietokanta ja PHP-ohjelmointiympäristön palvelut. Lisäksi palvelimen etähallinnan tarkoituksiin asennettiin SSH- ja SFTP-palvelimet. Tiedonsiirron salaamiseksi päätelaitesovelluksen ja tietokantapalvelimen välillä käytetään SSL-tekniikkaa ja palvelimelle asennettiin jaettavaksi osapuolen tunnistamisen varmentava digitaalinen allekirjoitus. Testikokoonpanon palvelinympäristö asennettiin perinteiseen työasemakoneeseen ja yhdistettiin Internet-verkkoon mobiiliverkkoyhteydellä, minkä avulla saatiin käyttöön julkinen IP-osoite ja voitiin testata järjestelmää sen lopullisen kaltaisessa toimintaympäristössä. Yhteyden muodostamiseksi käytetään USB-väylään liitettyä matkapuhelinpäätelaitetta modeemina.

Käyttöjärjestelmän ja sovellusten valinnassa pyrittiin käyttöönoton, käytön sekä ylläpidon helppouteen ja järjestelmän vakauteen. Järjestelmän toteuttamiseksi käytettyjen sovellusten valintaan vaikuttivat osaltaan myös niiden ilmainen saatavuus ja tietoturval-

lisuus. Käyttöjärjestelmän valinnassa huomioitiin mahdollisuus järjestelmän mahdollisimman helppoon siirtämiseen virtualisoituun laiteympäristöön, joten käyttöjärjestelmä valittiin pilvipalveluita tarjoavien yritysten tukemista jakeluista, jotka vastasivat kaikkia järjestelmälle asetettuja vaatimuksia.

2 PALVELINYMPÄRISTÖ

Täydellinen dokumentointijärjestelmä koostuu kolmesta erillisestä toiminnallisesta elementistä (kuva 1), jotka käyttävät tiedonsiirrossa tarvittavaan yhteyden muodostamiseen Internetiä. Mobiilin päätelaitteen käyttämiseksi dokumentointijärjestelmän käyttöliittymänä on ohjelmoitu sovellus, joka kerää ja siirtää dataa palvelinosan tietokantapalvelun kanssa. Mobiili käyttöliittymä ja ohjelmointityö ovat erillinen osa projektia ja tämä opinnäytetyö käsittelee ainoastaan järjestelmässä käytettyä tietokantapalvelinympäristöä.



KUVA 1. Dokumentointijärjestelmän toiminnalliset osat.

Palvelimelle on asennettu käyttöön ainoastaan järjestelmän toiminnan kannalta tarpeelliset sovellukset. Käyttöjärjestelmäksi palvelimelle asennettiin Ubuntu Linux, joka soveltuu alustaksi sovelluksille, jotka vaaditaan tarvittavien palveluiden tarjoamiseksi. Haluttu tietokantapalvelun runko toimii MySQL-tietokantapalvelinsovelluksen päällä ja sen hyödyntämiseksi mobiilisovelluksella ja Web-yhteyksikäytännön avulla on asennettu Apache WWW-palvelin. Web-palvelun ja tietokannan toiminnan yhdistäminen vaatii PHP-ohjelmointirajapinnan sisällön hallintaan.

Työasemalla voidaan ottaa yhteys Internetin välityksellä tietokantapalvelimelle, jolloin saadaan maantieteellisesti vaihtelevilla työpisteillä tietokantaan kerätty informaatio vä-

littömästi kirjaamisen jälkeen hyödynnettäväksi. Myös palvelimen ylläpitotoimia voidaan suorittaa verkon yli etähallinnan avulla työasemalta.

2.1 Linux käyttöjärjestelmä

Linux on avoin GPL-lisenssin (Genereal Public Licence) käyttöjärjestelmä ja saatavilla sekä käytettävissä ilmaiseksi. Ubuntu on Linux-jakelu, joka pohjautuu Debian Linuxiin, mikä on yksi yleisesti käytetyistä verkkopalveluita tarjoavista vapaista alustoista. Ubuntusta on saatavilla jatkuvasti ja säännöllisesti uusia julkaisuja sekä päivityksiä, jotka tarjoavat avoimen lähdekoodin sovellusten uusimpia päivitettyjä versioita. (Ubuntu And Debian.)

Lyhyillä julkaisuväleillä saadaan käyttöön viimeisimmät ja päivitettyt sovellukset, mutta yrityskäytössä tärkeämpänä ominaisuutena pidetään luotettavuutta, minkä takaamiseksi Ubuntusta tarjotaan LTS (Long Term Support) -jakelua, jossa tähdätään juuri luotettavuuteen ja pitkään käyttötukeen. (Kuutti, 2011, 40; Negus, 2013, 3.)

Järjestelmässä käytettäväksi käyttöjärjestelmäksi valittiin uusin saatavilla oleva pitkän käyttötuen Ubuntu LTS Linux-jakelu 12.04 Presice Pangolin. Ubuntusta on tullut vuoden 2004 ensijulkaisusta lähtien suosituin Linux-jakelu ja se on suunnattu niin yritys- kuin yksityiskäyttöönkin harrastelijoiden keskuudessa. Ubuntu-projekti pyrkii helpottamaan uusien käyttäjien siirtymistä järjestelmän käyttäjiksi. Debian GNU-pohjaisena järjestelmänä Ubuntun käyttöön on ilmaiseksi suuri määrä Debian-arkistojen sovelluksia. Vaikka järjestelmän tarjonta keskittyy helppokäyttöisiin työpöytäjärjestelmiin, on siihen saatavilla ilmaista tai maksullista tukea yksityis- ja pienyrityskäyttöön. (Negus, 2013, 0.)

Linux käyttöjärjestelmäyttimeen katsotaan kuuluvan levyjärjestelmä, prosessien hallinta ja laitteistorajapinta. Yleisesti myös käyttöliittymää pidetään ytimeen kuuluvana osana. (Kuutti, 2011, 18.) Järjestelmän käyttö ja asennus suoritetaan tässä tapauksessa komentotulkki-käyttöliittymällä, jolloin järjestelmän toiminta saadaan vakaammaksi, eikä käytännössä tarpeettomiin graafisen käyttöliittymän vaatimiin prosesseihin tarvitse tuhlata käytettävissä olevia resursseja vaan ne voidaan hyödyntää tehokkaasti tuotetun palvelun ja tarvittavien sovellusten käyttöön.

2.1.1 Ladattavat moduulit

Linuxin dynaamiseen ytimeen voidaan ladata uusia laiteohjaimia laitteille, joita järjestelmä ei pysty automaattisesti tunnistamaan. Tarvittavat laiteohjaimet ladataan käyttöön ytimeen liitettävien moduulien ylläpitoon ja muokkaamiseen käytettävällä modprobe-ohjelmalla. (Rantala, 2003, 200.) Ytimen modulaarisuus ja mahdollisuus erillisten laitteistoajurien lisäämiseen helpottaa järjestelmän asennusta, koska itse ydintä ei tarvitse kääntää uudelleen laitteistomuutoksia varten (Kuutti, 2011, 19). Jakeluun voidaan sisällyttää vain yleisimmin käytetyt laitteistoajurit, koska niiden käytönaikainen lisääminen on mahdollista. Verkkoyhteyden muodostukseen palvelimella käytetyn mobiilipäätelaitteen USB-laiteajurit pitää ladata ytimeen, jotta laite saadaan soitto-ohjelman sovelluskäyttöön.

2.1.2 APT

Pakettien asennukseen ja päivitysten hallintaan käytetään APT (Advanced Package Tool) -työkalua. Useimmilla sovelluspaketeilla on riippuvuuksia muihin paketteihin ja riippuvuudet voivat olla hyvinkin monimutkaisia. Toimintavalmiin sovelluksen asentaminen vaatii usein monien kymmenien pakettien asentamista. APT-työkalun avulla saadaan automaattisesti selvitettyä riippuvuudet ja asennettua kaikki sovelluksen vaatimat paketit yhdellä komennolla. Ennen käyttöä tulee työkalun tieto pakettilähteiden sisällöstä päivittää. Järjestelmään asennettujen pakettien päivitys saadaan myös suoritettua paketinhallintatyökalun avulla. (APT; Kuutti, 2011, 17.)

APT-työkalulla ladatut ja asennetut sovellukset ovat peräisin Ubuntun arkistosta, joten ne ovat luotettavia (Negus, 2013, 7).

APT on erittäin käyttökelpoinen sovellus jakelun arkiston sisältämien pakettien asentamiseen. Paketinhallintatyökalu helpottaa ylläpitäjän tehtäviä sovelluksia asentaessa ja nopeuttaa asennusprosessia. Hallintatyökalu automatisoi sovelluksen asennuksessa paketin ja sen vaatimien riippuvuuksien lataamisen sekä asennuksen ja sovellusten etsimisen verkkolähteistä. Sovellusten kääntäminen ja asennus on korvattu hyväksymisvalin-

nalla ja sovelluskohtaisilla ohjatuilla asetusten määrittelyillä, jotka käyttäjä tekee asentaessaan APT-työkalulla määrittämänsä halutun sovelluksen.

2.2 Sovellukset

Kaikkia sovelluksia ei välttämättä ole saatavilla käytetyn jakelun arkistossa asennettavaksi automaattisesti APT-sovelluksella, jolloin sovelluksen asennus suoritetaan kääntämällä se lähdekoodista makefile-komennolla, joka linkittää sovelluksen käytössä oleviin kirjastoihin. (Kuutti, 2011, 8.)

Asennettujen sovellusten korruptoitumattomuus ja niiden tekemät muutokset järjestelmässä voidaan varmentaa ajamalla järjestelmään asennettava debsums-sovellus. Debsum tarkastaa tiedostot MD5-tarkistussummatyypin avulla. Laskemalla tarkistussumma voidaan todeta sen vastaavan alkuperäistä, mutta se on myös mahdollista väärentää, joten sitä ei voida luotettavasti käyttää tietoturvan takaamiseen. Kaikilla käsiteltävillä tiedostoilla ei välttämättä ole lukuoikeuksia tavallisille käyttäjille, joten tarkistus tulee ajaa pääkäyttäjätasolla. (MD5; Negus, 2013, 41.)

2.2.1 WVDIAL

Wvdial-sovelluksella saadaan muodostettua Internet-yhteys mobiiliverkon datayhteyttä käyttäen matkapuhelinpäätelaitteella. Sovellus lataa määritetyt modeemin sekä yhteydenmuodostukseen vaadittavat palveluntarjoajan asetukset konfiguraatitiedostosta (/etc/wvdial.conf) ja alustaa modeemin minkä jälkeen se saatuaan yhteyden palveluntarjoajan palvelimeen aloittaa PPP (Point-to-Point Protocol) -yhteyden ajamalla PPPD:n (Point-to-Point Protocol daemon) ilman kättelyitä ja tietoa valmiudesta. PPPD on sovellus, joka hallitsee verkkoyhteyksiä UNIX -kaltaisten käyttöjärjestelmäpäätteiden välillä.

Wvdial on soitto-ohjelma PPP-protokollaa hyödyntävissä tiedonsiirtoyhteyksissä, joissa käytetään modeemia yhteyden muodostukseen. Sovellus on erittäin helppokäyttöinen sen tunnistaessa automaattisesti käytettävän modeemin ominaisuudet ja tekemällä laitekohtaiset asetusmuutokset käyttäjän puolesta. Yhteyden muodostamiseksi tarvittavat

asetusten muutokset, joita käyttäjä joutuu tekemään, ovat tilaaja- ja operaattorikohtaisten palvelujen määräämiä.

2.2.2 SSH

SSH (Secure Shell) on verkkoprotokolla, joka mahdollistaa datan siirron salatulla TCP-yhteydellä kahden tietokoneen välillä. Osapuolten luotettava tunnistautuminen voidaan SSH:ta käytettäessä suorittaa salasanalla tai asymmetrisellä julkisen ja yksityisen avainparin yhdistelmällä. SSH-protokollalla voidaan tarvittaessa myös tunneloida muita sovelluskerroksen protokollia ja saada näin sille ominainen tietoturva käyttöön. (Kuutti, 2011, 219; Negus, 2013, 261.)

Suojatun SSH-etäyhteyden kautta voidaan turvallisesti hallita järjestelmää etäkäytöllä, eikä palvelimelle tarvitse kirjautua paikallisesti. SSH-palvelimen kautta on mahdollisuus etäkäyttää myös isäntäkoneella ajettavia graafisia ohjelmia. Graafisten ohjelmien etäkäytön mahdollistava X11 Forwarding voidaan tarvittaessa aktivoida SSH:n asetus-tiedostosta (/etc/ssh/sshd_config). (Negus, 2013, 261.)

Yksi vaihtoehto SSH-etäyhteyden muodostukseen Windows-järjestelmästä on PuTTY SSH-asiakassovellus. SSH-yhteyttä käytettäessä avainparitunnistamisella täytyy asiakas-koneen käyttämä yksityinen avain kääntää PuTTYgen-sovelluksella muotoon, jota PuTTY osaa käsitellä.

2.2.3 Apache

Yleisimmin Internetin Web-palvelin-ohjelmistona käytetty Apache on myös yksi merkittävimpiä Linuxissa ajettavia palvelinsovelluksia. Apachen keskeisimpiä ominaisuuksia ovat: tehokkuus, modulaarisuus, ilmainen lisenssi ja tietoturvallisuus. (Rantala, 2007, 250.)

Apache-palveluun asennetaan SSL/TLS (Secure Socket Layer/Transport Layer Security) -moduuli, joka tarjoaa vahvan suojauksen OpenSSL-kirjaston protokollilla. Proto-

kollat käyttävät tiedon suojaukseen SSL:n versiota 2 tai 3 ja TLS:n versiota 1. (Apache Module mod_ssl.)

SSL-salaus tarjoaa mahdollisuuden osapuolen tunnistamiseen digitaalisella allekirjoituksella (voidaan asettaa tarjoamaan palvelimelta tai pyytämään asiakaskoneelta) ja tiedon salaamisen siirrettäessä dataa päätteiden välillä. SSL käyttää datan salaamiseen symmetristä salausta, jossa osapuolet jakavat yhteisen avaimen. Istunnon aikainen avain vaihdetaan yhteyden muodostuksessa kun osapuolten välinen salausmenetelmä on määritetty. Viimeisenä vaiheena yhteydenmuodostuksessa on varmenteen hyväksyminen valittuun suuntaan, minkä jälkeen salattu tiedonsiirto voidaan aloittaa. (SSL/TLS Strong Encryption.)

WEB-palvelimelle asennettiin tiedonsiirron käyttöön SSL-salaus, koska verkon yli siirrettävä data ja tietokantaa ohjaavien käskyjen selkokielineen siirtäminen julkisen verkon yli haluttiin estää tietoturvan parantamiseksi.

Järjestelmän asennuksen jälkeen on käytetyn OpenSSL-moduulin TLS-istuntoa ylläpitävästä heartbeat-protokollasta löytynyt haavoittuvuus. Haavoittuvuuden avulla saadaan protokollapyynnöllä vastauksena satunnaista muistin sisältöä, joka saattaa sisältää arkaluontoista tietoa. Haavoittuvuus on korjattu uudessa julkaisussa (OpenSSL 1.0.1g) ja sen käyttö voidaan rajoittaa vanhoissa julkaisuihin poistamalla heartbeat-toiminto käytöstä. (Haavoittuvuustiedote 049/2014.)

2.2.4 PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) mahdollistaa Web-sisällön dynaamisen tuottamisen ja julkaisun. PHP käsittelee asiakkaan pyynnöt, joiden perusteella se muokkaa ja välittää halutun sisällön asiakkaalle (Naramore, Gerner & Scouamec, 2005, 6 – 7). PHP-ohjelmointikieli on hyvin samankaltainen monien muiden ohjelmointikielien kanssa, mutta se on erikoistunut WWW-käyttöön. PHP:ssä on paljon järjestelmän käyttöä tukevia toimintoja ja laajennuksia (Heinisuo & Rauta, 2007, 26). PHP-ohjelmointiympäristö on järjestelmän toiminnan kannalta välttämätön ja toimii palvelimella työkaluna selain-pohjaisen tietokantasovelluksen tekemiseen.

2.2.5 MySQL

MySQL on yksityiskäytössä ilmainen tietokantahallintasovellus ja sovellusten kaupalliseen käyttöön tarvitaan erikseen lisenssi. SQL-tietokanta on asiakas-palvelin-arkkitehtuurin sovellus ja se toimii omana sovelluksenaan sekä palvelimena muille sovelluksille. Tässä tapauksessa PHP toimii tulkkina ja välittäjänä tietokannan ja mobiili-sovelluksen välillä. PHP toimii syötteen mukaan SQL-kielisillä komennoilla tietokantaan ja MySQL voi komentojen mukaan esimerkiksi tallentaa tai palauttaa tietoa määrätystä tietokannasta ja -taulusta, joita palvelimella voi olla useita. (Heinisuo & Rauta, 2007, 38.) Tietokannassa hallittu informaatio saadaan esitettyä käyttäjälle Apache-palvelimen avulla selaimen ymmärtämässä muodossa. MySQL:n suuria etuja tietokantapalveluna ovat kyky käsitellä suuria kuormia ja kehittyneet tietoturvaominaisuudet. (Naramore, Gemer & Scouamec, 2005, 7.) Tietokannan hallintaan ja ylläpitotoimiin järjestelmässä käytetään PHP-kielillä toteutettua phpMyAdmin-sovellusta, joka tarjoaa graafisen selainkäyttöliittymän (Bringing MySQL to the web).

3 PALVELINYMPÄRISTÖN ASENNUS

Tietokantapalvelinympäristön asennus on dokumentoitu yksityiskohtaisesti ja tässä osiossa esitetyin ohjein on mahdollista toistaa palvelinympäristön asennus ja sen saattaminen toimintakuntoon. Tietokantapalvelin on suunniteltu toimimaan virtuaalialustalla ja tämä ohje on tehty helpottamaan järjestelmän asennusta tuottamaan suunniteltu tietokantapalvelu mobiilisovelluksen tarpeisiin.

3.1 Linux

Ladataan Internetistä Ubuntun alternate install CD -levykuva, joka poltetaan levyille, josta käyttöjärjestelmän asennus suoritetaan palvelinkoneelle.

Tietokone käynnistetään asennusmedialla, joka käynnistää automaattisesti ohjatun asennuksen. Asennuksen vaiheet ovat seuraavat:

1. kieli- ja maavalinta
2. näppäimistöasettelun valinta
3. koneen laitteiston tunnistus
4. verkkolaitteiden ja -asetusten määrittäminen
5. aikavyöhykkeen valinta
6. kiintolevyn osiointi automaattisella osiointilla käyttäen koko kiintolevyä
7. käyttäjätilien luominen
8. GRUB -käynnistyslatain kirjoitetaan pääkäynnistyslohkoon

Onnistuneen asennuksen jälkeen käyttöjärjestelmä on valmis ja se voidaan käynnistää ja ottaa käyttöön kirjautumalla asennuksessa luoduilla käyttäjätiedoilla. (Installation.)

3.2 Sovellukset ja palvelut

Käyttöjärjestelmän sovellukset ja palvelut asennetaan pääkäyttäjäoikeuksilla, joko kirjautumalla järjestelmään pääkäyttäjänä tai korottamalla käyttöoikeudet pääkäyttäjätasolle komennolla `1` (Kuutti, 2011, 115,116).

```
$ sudo su (1)
```

Päivitetään APT-työkalun pakettelista komennolla 2, jotta saadaan käyttöön viimeisimmät asennuspaketit.

```
# apt-get update (2)
```

Sovellukset voidaan asentaa tarvittavine paketteineen komennolla 3. (Kuutti, 2011, 124.)

```
# apt-get install <sovellus> (3)
```

3.2.1 3G-datayhteys USB-modeemilla

Verkkoyhteyden muodostamiseen käytetyn mobiililaitteen laiteajurit on asennettava, jotta laite saadaan sovelluskäyttöön. Laite on kytketty USB-väylään ja siihen kytkettyjen laitteiden tiedot saadaan tulostettua komennolla 4.

```
# lsusb (4)
```

Listauksessa (kuva 2) nähdään USB-väylään kytketty mobiililaite ”Nokia Mobile Phones” ja laitteen yksilölliset VendorID(0421) ja ProductID(0302) -numerot. Modprobe-komennolla asetetaan usbserial-sarjaliikenneajuri käyttöön laitteelle, joka määritellään ID-numeroilla komennon 5 parametreinä.

```
# /sbin/modprobe usbserial vendor=0x421 product=0x302 (5)
```

```
root@ubuntu:/home/ubuntuuser# lsusb
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 003 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 004 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 005 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 002: ID 0424:2503 Standard Microsystems Corp. USB 2.0 Hub
Bus 001 Device 005: ID 08ff:2580 AuthenTec, Inc. AES2501 Fingerprint Sensor
Bus 001 Device 006: ID 0421:0302 Nokia Mobile Phones
root@ubuntu:/home/ubuntuuser# █
```

KUVA 2. USB -laitteiden listaus.

Wvdial-sovellus ei sisälly käytettyyn jakeluun ja se asennetaan erikseen komennolla 6.

```
# apt-get install wvdial (6)
```

Käytetään wvdialconf-sovellusta (komento 7) luomaan konfiguraatiotiedosto, jota wvdial käyttää yhteydenmuodostukseen. Seuraavalla komennolla saadaan automaattisesti tunnistettua käytetty modeemi, sen nopeus sekä alustuskomennot ja kirjoitettua ne komennossa osoitettuun konfiguraatiotiedostoon.

```
# wvdialconf /etc/wvdial.conf (7)
```

Automaattisen asetusten tunnistamisen jälkeen täytyy konfiguraatiotiedostoon vielä muokata yhteydenmuodostuksen vaatimat operaattorikohtaiset asetukset. Muokataan tiedostoa /etc/wvdial.conf komennolla 8.

```
# pico /etc/wvdial.conf (8)
```

Tiedostoa muokataan kuvassa 3 korostetuilla riveillä.

```
GNU nano 2.2.6      File: /etc/wvdial.conf
[
[Dialer Defaults]
Init1 = ATZ
Init2 = ATQ0 V1 E1 S0=0 &C1 &D2 +FCLASS=0
Init3 = AT+CGDCONT=1,"IP","internet4"
Modem Type = USB Modem
Phone = *99#
ISDN = 0
Username = " "
Password = " "
New PPPD = yes
Modem = /dev/ttyACM0
Baud = 460800
Stupid Mode = 1
```

KUVA 3. Wvdial -asetustiedosto.

Asetusten ja ajureiden asentamisen jälkeen voidaan käynnistää datayhteyden muodostus komennolla 9. Yhteys saadaan katkaistua näppäinyhdistelmällä Ctrl + c.

```
# wvdial (9)
```

3.2.2 SSH- ja SFTP-palvelin

SSH-palvelu käynnistyy palvelimella automaattisesti asennuksen yhteydessä ja on heti valmis SSH- ja SFTP (Secure File Transfer Protocol) -yhteyksille. Asennetaan SSH-palvelin komennolla 10.

```
# apt-get install openssh-server (10)
```

SSH-palvelimen asennuksen jälkeen poistetaan mahdollisuus kirjautua järjestelmään pääkäyttäjänä SSH:n kautta (komento 11) muokkaamalla `/etc/ssh/sshd_config` -tiedostoa, josta pääkäyttäjänä kirjautumisen salliva asetus muutetaan arvoon ”no” (kuva 4).

```
# pico /etc/ssh/sshd_config (11)
```



```
GNU nano 2.2.6      File: /etc/ssh/sshd_config      Modified
# Logging
SyslogFacility AUTH
LogLevel INFO

# Authentication:
LoginGraceTime 120
PermitRootLogin no
StrictModes yes
```

KUVA 4. SSH-asetustiedoston muokkaus.

Luodaan RSA-tyyppinen avainpari kirjautumiseen tietoturvan parantamiseksi komennolla 12.

```
# ssh-keygen -t rsa -b 2024 (12)
```

Generaattori tulostaa avainparin, joista `id_rsa.pub` julkisen avaimen tiedoston sisältö kirjoitetaan palvelimelle (komento 13) käyttäjän kotihakemistoon tiedostoon `.ssh/authorized_keys` (määritetty `/etc/ssh/sshd_config` -tiedostossa).

```
# cat id_rsa.pub >> .ssh/authorized_keys (13)
```

Käyttäjäsalausalla kirjautuminen poistetaan käytöstä, jolloin SSH-yhteyden muodostamiseksi palvelimelle vaaditaan asiakaskoneelta tunnistautumiseen yksityinen avain ja siihen avainta luodessa liitetty salasana. Käyttäjäsalausalla kirjautuminen poistetaan /etc/ssh/sshd_config -tiedostoa muokkaamalla (komento 14) kuvan 5 osoittamalla tavalla. (SSH ja SFTP-palvelin.)

```
# pico /etc/ssh/sshd_config (14)
```

```
GNU nano 2.2.6      File: /etc/ssh/sshd_config      Modified
#IgnoreUserKnownHosts yes
# To enable empty passwords, change to yes (NOT RECOMMENDED)
PermitEmptyPasswords no
# Change to yes to enable challenge-response passwords (beware issues with
# some PAM modules and threads)
ChallengeResponseAuthentication no
# Change to no to disable tunnelled clear text passwords
PasswordAuthentication no
```

KUVA 5. SSH-asetustiedoston muokkaus.

Yksityinen avain id_rsa luovutetaan asiakaskäyttöön yhteyden muodostamiseksi. Windows -järjestelmästä kirjautuessa avainparilla esimerkiksi PuTTY-sovelluksella pitää yksityinen avain kääntää sopivaan muotoon PuTTYgen-sovelluksella.

3.2.3 Apache

Asennetaan palvelimelle Apache WWW-palvelu (komento 15), minkä avulla saadaan jaettua web-sisältöä käyttäjille. Tässä tapauksessa palvelu toimii rajapintana päätelaitteen ja tietokannan välillä tiedonsiirron tarpeisiin.

```
# apt-get install apache2 (15)
```

Apache-paketin asennuksen jälkeen palvelu käynnistyy automaattisesti ja järjestelmä avaa verkkoliikenteelle portin 80 kuuntelemaan asiakaskoneiden pyyntöjä www-

palvelimelle. Järjestelmässä ei käytetä salaamatonta tiedonsiirtoa ja kyseinen portti suljetaan ulkopuolelta tulevalta liikenteeltä muokkaamalla Apachen asetustiedostoa /etc/apache2/ports.conf komennolla 16.

```
# pico /etc/apache2/ports.conf (16)
```

Asetustiedoston rivi muokataan kuten kuvassa 6 on esitetty. (LAMP 1. Linux, Apache...)

```
GNU nano 2.2.6 File: /etc/apache2/ports.conf Modified
# If you just change the port or add more ports here, you will likely also
# have to change the VirtualHost statement in
# /etc/apache2/sites-enabled/000-default
# This is also true if you have upgraded from before 2.2.9-3 (i.e. from
# Debian etch). See /usr/share/doc/apache2.2-common/NEWS.Debian.gz and
# README.Debian.gz
NameVirtualHost *:80
Listen 127.0.0.1:80
<IfModule mod_ssl.c>
  # If you add NameVirtualHost *:443 here, you will also have to change
  # the VirtualHost statement in /etc/apache2/sites-available/default-ssl
  # to <VirtualHost *:443>
  # Server Name Indication for SSL named virtual hosts is currently not
  # supported by MSIE on Windows XP.
  Listen 443
</IfModule>
<IfModule mod_gnutls.c>
  Listen 443
</IfModule>
```

KUVA 6. Apachen asetustiedoston muokkaus.

Asennetaan komennolla 17 Apache-palveluun SSL-moduuli, joka mahdollistaa palvelimen varmentamisen digitaalisella allekirjoituksella ja verkkoliikenteen salaamisen osapuolten välillä.

```
# apt-get install openssl (17)
```

Aktivoidaan SSL-liitännäinen Apache-palvelussa komennolla 18.

```
# a2enmod ssl (18)
```

Luodaan SSL-liitännäisen tarpeisiin tiedostokansio Apachen asetuskansion alle komennolla 19.

```
# mkdir /etc/apache2/ssl (19)
```

Komennolla 20 luodaan vaadittu sertifikaatti (apache.crt), joka on voimassa 365 päivää ja DES kryptaamaton RSA-tyyppinen avain (apache.key) määritettyihin sijainteihin.

```
# openssl req -x509 -nodes -days 365 -newkey rsa:2048 -keyout
/etc/apache2/ssl/apache.key -out /etc/apache2/ssl/apache.crt (20)
```

Avaimen kirjoituksen jälkeen annetaan palvelinta koskevat tiedot (kuva 7) sertifikaattia varten. (OpenSSL.)

```
root@ubuntu:~/ssh# openssl req -x509 -nodes -days 365 -newkey rsa:2048 -keyout
/etc/apache2/ssl/apache.key -out /etc/apache2/ssl/apache.crt
Generating a 2048 bit RSA private key
.....+++
.....+++
writing new private key to '/etc/apache2/ssl/apache.key'
-----
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country Name (2 letter code) [AU]:FI
State or Province Name (full name) [Some-State]:Pirkanmaa
Locality Name (eg, city) []:Tampere
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:TAMK
Organizational Unit Name (eg, section) []:TITE
Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:
Email Address []:
root@ubuntu:~/ssh# █
```

KUVA 7. SSL-avaimen ja sertifikaatin luominen.

Muokataan vakiosivuston SSL-version asetustiedostoa tekstieditorilla (komento 21).

```
# pico /etc/apache2/sites-available/default-ssl (21)
```

Avain- ja sertifikaattitiedoston sijainti määritetään asetustiedostoon kuvassa 8 osoite-
tuilla riveillä.

```
GNU nano 2.2.6 File: /etc/apache2/sites-available/default-ssl Modified

# SSL Engine Switch:
# Enable/Disable SSL for this virtual host.
SSLEngine on

# A self-signed (snakeoil) certificate can be created by installing
# the ssl-cert package. See
# /usr/share/doc/apache2.2-common/README.Debian.gz for more info.
# If both key and certificate are stored in the same file, only the
# SSLCertificateFile directive is needed.
SSLCertificateFile /etc/apache2/ssl/apache.crt
SSLCertificateKeyFile /etc/apache2/ssl/apache.key
```

KUVA 8. Apachen SSL-liitännäisen asetustiedoston muokkaus.

Otetaan HTTPS-sivusto käyttöön Apachessa komennolla 22. (HTTPD – Apache2 Web...)

```
# a2ensite default-ssl (22)
```

Otetaan Apachen URL-osoitteiden manipuloinnin mahdollistava moduuli käyttöön komennolla 23.

```
# a2enmod rewrite (23)
```

Muokataan komennolla 24 käytetyn sivuston asetustiedostoa (kuva 9), jotta saadaan rewrite-moduuli toimintaan.

```
# pico /etc/apache2/sites-available/default-ssl (24)
```



```

GNU nano 2.2.6      File: default-ssl
<IfModule mod_ssl.c>
<VirtualHost _default_:443>
    ServerAdmin webmaster@localhost

    DocumentRoot /var/www
    <Directory />
        Options FollowSymLinks
        AllowOverride None
    </Directory>
    <Directory /var/www/>
        Options Indexes FollowSymLinks MultiViews
        AllowOverride All
        Order allow,deny
        allow from all
    </Directory>

```

KUVA 9. Sivuston asetustiedosto.

Käynnistetään Apache-palvelu uudelleen komennolla 25, jotta asennetut liitännäiset ja tehdyt muutokset saadaan käyttöön palvelimella.

```
# service apache2 restart (25)
```

3.2.4 MySQL

Kun ollaan saatu Apache-palvelu asennettua ja toimintaan voidaan siirtyä asentamaan MySQL-tietokantapalvelin. Tietokantapalvelimen asennuspaketti ja sen riippuvuudet saadaan asennettua komennolla 26.

```
# apt-get install mysql-server (26)
```

MySQL-palvelimen asennuksen yhteydessä määritellään tietokannan pääkäyttäjän salasana. Tietokantapalvelimen asennuksen jälkeen ajetaan asennuksen mukana seuraava skripti (komento 27), jonka avulla palvelimen tietoturvaa parantavat MySQL-ominaisuudet saadaan helposti mukautettua:

```
# mysql_secure_installation (27)
```

Skripti kysyy käyttäjältä ohjatusti asetusten mukautusta seuraavien kohtien mukaisesti:

1. Tietokannan pääkäyttäjä salasanan vaihtaminen, jota ei tarvitse toteuttaa, koska asennuksen yhteydessä on jo asetettu vahva salasana.
2. Anonyymin kirjautumisen poistaminen tietokantaan.
3. Pääkäyttäjäkirjautumisen estäminen etäyhteydellä.
4. Testitietokannan poistaminen käytöstä.
5. Oikeuksien uudelleen lataaminen taulukoihin, jotta saadaan varmistettua tehtyjen muutoksien käyttöönotto. (Install LAMP on Ubuntu 12.04.)

3.2.5 PHP

Asennetaan PHP -ohjelmointiympäristö toimimaan yhdessä MySQL-tietokantapalvelimen kanssa komennoilla 28 ja 29. (Install LAMP on Ubuntu 12.04.)

```
# apt-get install php5 (28)
```

```
# apt-get install php5-mysql (29)
```

Lisätään komennolla 30 PHP:n Suhosin-suojauspaketti, joka suojaa palvelinta ja käyttäjiä sovellusten ja PHP-ytimen haavoittuvuuksilta(Suhosin).

```
# apt-get install php5-suhosin (30)
```

Lisätään PHP:n käyttöön API-ohjelmointirajapinta MySQL-tietokannan käsittelyä varten. Kopioidaan API hakemistoon /var/www/API ja muokataan asetustiedostot:

API:n sijaintitieto muokataan .htaccess -tiedostoon (kuva 10) komennolla 31.

```
# pico /var/www/API/.htaccess (31)
```



```

GNU nano 2.2.6 File: .htaccess
RewriteEngine On
RewriteBase /API
RewriteCond %{REQUEST_FILENAME} !-f
RewriteRule ^ index.php [QSA,L]

```

KUVA 10. .htaccess -asetustiedosto.

Asetustiedostoon config.php (kuva 11) muokataan käytetyn tietokannan nimi, sen käyttäjätunnus sekä salasana ja palvelimen osoite tekstieditorilla (komento 32).

```
# pico /var/www/API/config/config.php (32)
```

```

GNU nano 2.2.6 File: config.php Modified
<?php
$user='sqlkayttaja';
$password='sqlsalasana';
$database='dbeopari';
$host='127.0.0.1';

```

KUVA 11. config.php -asetustiedosto.

3.3 Viimeistely

Asennetaan jakelun sekä sovellusten ja palveluiden päivitykset komennoilla 33, 34 ja 35, jotta saadaan käyttöön viimeisimmät ja tunnetuilta haavoittuvuuksilta korjatut jake-luversiot.

```
# apt-get update (33)
```

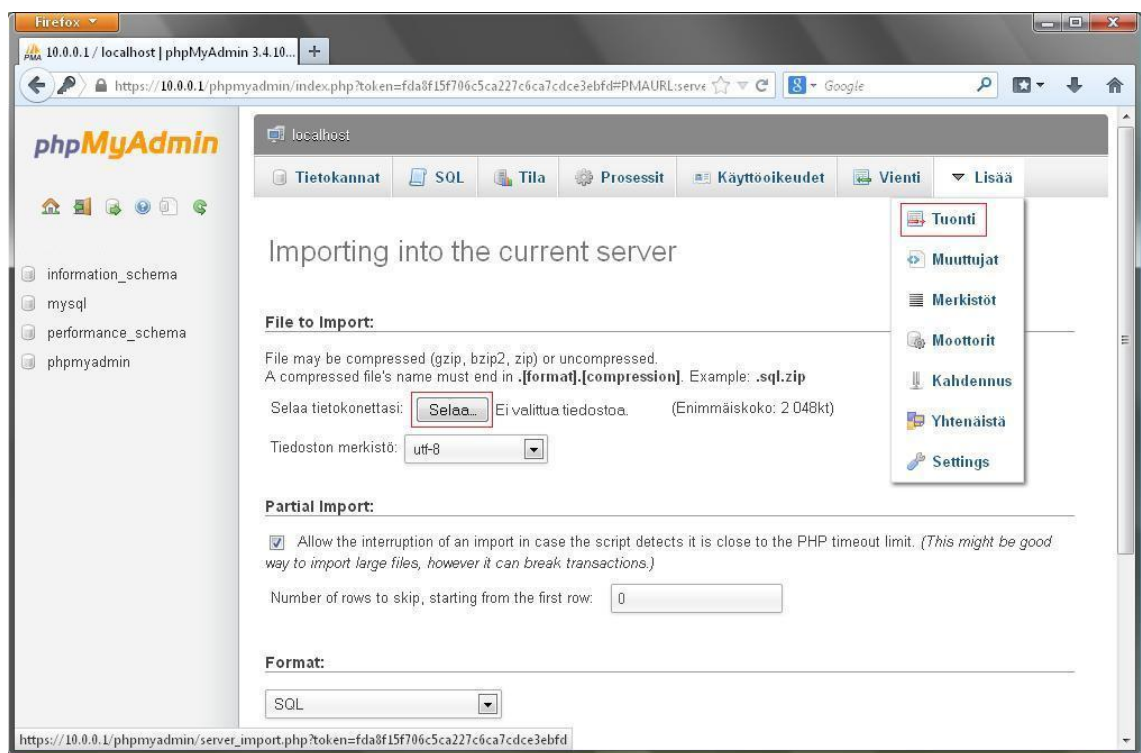
```
# apt-get dist-upgrade (34)
```

```
# apt-get upgrade (35)
```

Käynnistetään järjestelmä uudelleen komennolla 36, jotta saadaan asennetut muutokset voimaan.

```
# reboot (36)
```

Järjestelmään siirretään palvelun käyttämä tietokanta varmuuskopiosta graafisen phpMyAdmin-selainkäyttöliittymän avulla. Käyttöliittymä saadaan avattua osoitteesta <https://<IP-osoite>/phpmyadmin>. Hallintavalikosta (kuva 12) valitaan ”Tuonti”-välilehti, josta löytyy mahdollisuus lisätä varmuuskopiotiedostosta valmis tietokanta palvelimelle. (Bringing MySQL to the web.)



KUVA 12. phpMyAdmin -selainkäyttöliittymä.

Asennuksen viimeistelyn jälkeen tietokantapalvelin on valmis toimimaan dokumentointijärjestelmän osana. Mobiililaitesovelluksella saadaan hallittua tietokantaan tallennettua dataa ja siihen päästään käsiksi myös työasemapäätteiltä. Myös palvelimen hallinta- ja ylläpitotoimet voidaan suorittaa etäkäytöllä päätelaitteelta, jossa on asennettuna etäkäytön tarvittavat sovellukset tai paikallisesti suoraan palvelimelta.

4 POHDINTA

Tietokantapalvelinympäristö mahdollistaa palvelun tuottamiseksi järjestelmään, joka dokumentointitehtävissä vähentää huomattavasti työmäärää, koska useita prosessin toimintoja saadaan automatisoitua. Automatisoitu järjestelmä myös nopeuttaa tiedon käsittelyä ja sen saatavuutta käytettäväksi tuotannon ohjaamiseen ja muihin tarkoituksiin. Työkohteiden aiemman käytännön mukainen paperikaavakkeiden täyttäminen, siirtäminen ja kirjaaminen tietokantaan mahdollisti useassa työvaiheessa inhimilliset virheet, joiden määrä automatisoidun järjestelmän avulla on saatu huomattavasti pienemmäksi. Toinen merkittävä etu, jonka automatisoitu järjestelmä tarjoaa, on ajan säästö. Dokumentoinnin työvaiheet, jotka jäävät sovellusjärjestelmässä edelleen käyttäjän tehtäväksi ovat myös helpompia ja luotettavampia toteuttaa kuin aiemmin.

Järjestelmän toteutuksessa onnistuttiin tehokkaasti hyödyntämään palvelujen ja sovellusten valinnalla kustannustehokkuus ja luotettavuus yhdessä määriteltyjen toiminnallisuuksien ja ominaisuuksien kanssa. Web-yhteyskäytännön avulla tiedonsiirron tietokantaan toteuttava palvelinympäristö tarjoaa dokumentointiin käytettävän mobiilisovelluksen käyttöön määrittelyjen mukaisen palvelun toteutettuna vakaalla alustalla. Ainoana maksullisena sovelluksena järjestelmän toteutuksessa käytettiin, palvelimelle asennettua, MySQL-tietokantapalvelinta, jonka kaupallinen käyttö vaatii tarkoituksenmukaisen lisenssin hankkimista. Tuotantovaiheessa järjestelmä saatiin toteutettua toimintavalmiiksi ja testattavaksi ilman rahallisia kustannuksia..

Järjestelmän palvelut ja sen tiedonsiirto pyrittiin tekemään mahdollisimman tietoturvaliseksi, vaikka käsiteltävä data ei ole arkaluontoista vaan käytännössä vain paljaita lukuja. Järjestelmän väärinkäyttö ja häirintä haluttiin estää palvelun parhaan mahdollisen saatavuuden takaamiseksi. Tiedonsiirron sovelluksiin asennettiin käyttöön ainoastaan salatun tietoliikenteen mahdollistavat yhteysmenetelmät ja palveluiden tietoturvaa parantavat lisäosat otettiin käyttöön ja asennettiin tunnetuilta haavoittuvuuksilta sekä hyökkäyksiltä korjaavat päivitykset. Asennetuilla toiminnoilla mahdollistettiin sovelluksesta riippuen käyttäjän tai palvelun varmennettu tunnistaminen ja niiden välisen liikenteen salaus. Sovelluksista löydetään jatkuvasti uusia haavoittuvuuksia, joita voidaan käyttää hyväksi hyökkäyksissä ja niiltä suojatutumisen estämiseksi järjestelmän päivitys ylläpi-

totoimina on erityisen tärkeää tietoturvan kannalta. Sovellusten päivitys tarjoaa tietoturvan lisäksi usein palveluille myös uusia toiminnallisuksia ja ominaisuuksia.

LÄHTEET

Apache Software Foundation. Apache Module mod_ssl. Luettu 14.4.2014.
http://httpd.apache.org/docs/2.2/mod/mod_ssl.html

Apache Software Foundation. SSL/TLS Strong Encryption: An Introduction. Luettu 14.4.2014.
http://httpd.apache.org/docs/2.2/ssl/ssl_intro.html

Canonical Ltd. Ubuntu and Debian. Luettu 14.4.2014.
<http://www.ubuntu.com/about/about-ubuntu/ubuntu-and-debian>

Hardened PHP Project. Suhosin. Luettu 14.4.2014.
<http://www.hardened-php.net/suhosin>

Heinisuo, R. & Rauta, I. 2007. 4. painos. PHP ja MySQL Tietokantapohjaiset verkkopalvelut. Helsinki: Talentum Media Oy.

Kuutti, W. 2011. Linux-käsikirja. Helsinki: WSOYpro Oy.

Linux.fi-wiki. APT. Luettu 14.4.2014
<http://linux.fi/wiki/APT>

Naramore, E., Gerner, J. & Scouarnec, Y. 2005. Beginning PHP5, Apache, and MySQL Web Development. Hoboken: Wiley.

Negus, C. 2013. 2. painos. Ubuntu Linux Toolbox: 1000+ Commands for Power Users. Somerset: Wiley.

phpMyAdmin contributors. Bringing MySQL to the web. Luettu 14.4.2014.
http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php

Rantala, A. 2003. Linux. Helsinki: Docendo Finland Oy.

Tutorial Arena. Install LAMP on Ubuntu 12.04. Luettu 14.4.2014.
<http://www.tutorialarena.com/blog/install-linux-apache-mysql-php-on-ubuntu-12.php>

Ubuntu Documentation Project. HTTPD – Apache2 Web Server. Luettu 14.4.2014.
<https://help.ubuntu.com/12.04/serverguide/httpd.html>

Ubuntu Documentation Project. Installation. Luettu 14.4.2014.
<https://help.ubuntu.com/12.04/installation-guide/i386/howto-installation.html>

Ubuntu Documentation Project, OpenSSL. Luettu 14.4.2014.
<https://help.ubuntu.com/community/OpenSSL>

Ubuntu Suomi. LAMP I. Linux, Apache, MySQL ja PHP asennus. Luettu 14.4.2014.
http://wiki.ubuntu-fi.org/LAMP_Asennus

Ubuntu Suomi. SSH ja SFTP-palvelin. Luettu 14.4.2014.
<http://wiki.ubuntu-fi.org/ssh-palvelin>

Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus. Haavoittuvuustiedote 049/2014. Luettu 14.4.2014.
<https://www.cert.fi/haavoittuvuudet/2014/haavoittuvuus-2014-049.html>