

# Kilpailuvastaus "DigabiEvo"

## 1. Digitaalinen ylioppilaskoe 2020-luvulla

### 1.1. Johdanto

Parhaimmillaan digitaalinen ylioppilaskoe integroituu kouluympäristöön niin, että kokeen suorittaminen ei ole mikään erillistä osaamista vaativa tehtävä, vaan koetilanne kaikkine yksityiskohtineen on käynyt tutuksi lukio-opiskelun yhteydessä. Tällöin kokeen vaatima tekninen osaaminen on kehittynyt opiskelijalle muiden taitojen ohessa, oudot asiat eivät ole tuomassa koetilanteeseen ylimääräistä jännitystä ja opiskelija osaa valita kuhunkin tehtävään tarvittavat työkalut rutiininomaisesti. Koetilanne on myös opiskelijoille tasapuolinen siten, ettei yksittäinen opiskelija pysty hankkimaan itselleen etua kalliimman tai muutenkaan muita paremman laitteiston kautta. Väärinkäytön mahdollisuudet on minimoitu siten, ettei opiskelija pysty tuomaan koetilanteeseen mukanaan koetilannetta helpottavaa muokattua laitteistoa tai käynnistämään koetta siten, että hänellä olisi mahdollisuus muuttaa koeympäristön ominaisuuksia.

Tässä Hackabi2-kilpailun vastauksessa esitellään toteutus, joka mahdollistaa sähköisten ylioppilaskirjoitusten, kurssikoejärjestelmän ja oppimisjärjestelmien yhdistämisen kustannus-  
tehokkaasti. Perusajatuksena on tehdä uudesta järjestelmästä nykyisen Abitin evoluutio-  
järjestelmä, jolloin nykyinen sähköisiin ylioppilaskirjoituksiin jo tehty työ voidaan suurelta osin  
hyödyntää ja siirtymä uuteen järjestelmään voi tapahtua vaikka lukio tai luokka kerrallaan.  
Taloudelliselle puolelle esitetään muutamia ideoita, joilla uusi järjestelmä voidaan toteuttaa  
ilman mittavaa yhteiskunnan maksamaa kertakustannusta.

### 1.2. Kilpailuvastauksen tekijä

Olli Koskinen, Tampere. Sähköposti digabievo@gmail.com.

### 1.3. Kilpailuvastauksen lisensointi

Copyright (C) 2017 Olli Koskinen.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

## 2. Sisällysluettelo

<b>1. Digitaalinen ylioppilaskoe 2020-luvulla</b>	<b>1</b>
1.1. Johdanto	1
1.2. Kilpailuvastauksen tekijä	1
1.3. Kilpailuvastauksen lisensointi	1
<b>2. Sisällysluettelo</b>	<b>2</b>
3. DigabiEvo - yleiskuvaus	3
3.1. Kevyt asiakaspääte ja palvelin	3
<b>4. Rakenne</b>	<b>6</b>
4.1. Perusarkkitehtuuri	7
4.2. Avoimet rajapinnat opiskelukäytössä	8
4.3. Kokeiden aikana suljettu järjestelmä	8
<b>5. Käyttötilanteet</b>	<b>10</b>
5.1. Ylioppilaskoeikäyttö	10
5.2. Kurssikoekäyttö	11
5.2.1. Muiden valmistajien koejärjestelmien käyttö	12
5.3. Opiskelukäyttö	13
5.4. Muu käyttö	13
<b>6. Turvallisuus</b>	<b>15</b>
6.1. BYOD-mallin ja kevyen asiakaspääteen vertailu	15
6.2. Tietoturva ylioppilaskokeessa	16
6.3. Varapalvelimet	16
6.4. Tiedon tallennus	17
<b>7. Edut ja haitat</b>	<b>18</b>
7.1. Tasapuolisuus	18
7.2. Ylläpito	19
7.3. Sähkösyöttö ja lähiverkko	19
<b>8. Saatavuus ja kustannukset</b>	<b>20</b>
8.1. Arvioidut kustannukset	20
8.2. Rahoitusmallit	20
8.3. Lisensointi, myynti- ja vientimahdollisuudet	21
<b>9. Siirtymä Digabista DigabiEvoon</b>	<b>22</b>
9.1. Kehitysnäkymät	22
<b>10. GNU Free Documentation License</b>	<b>23</b>

## 3. DigabiEvo - yleiskuvaus

DigabiEvo on nykyisestä Abitti-järjestelmästä kehitettävä toisen sukupolven versio, jossa opiskelijoiden laitteet ovat *thin client* -tyyppisiä kevyitä asiakaspäätteitä. Käyttämällä kevyitä asiakaspäätteitä kaikilla opiskelijoilla on samanlainen ympäristö koetilanteessa. Kevyt asiakaspääte käynnistetään verkon yli, jolloin erillisiä opiskelijakohtaisia USB-tikkuja ei tarvita ja käynnistysvaiheeseen liittyvät tietoturvariskit pienenevät. Asiakaspääte ei ole ennen koetta opiskelijan hallussa, jolloin opiskelija ei pysty tekemään asiakaspäätteeseen omia laitemuutoksia kokeessa huijaamiseksi.

Kevyt asiakaspääte on helppo ottaa kouluissa muuhun opiskeluun mukaan. Sähköinen ylioppilaskirjoitusjärjestelmä tarjoaa jo tänä päivänä mahdollisuuden tehdä sähköisiä kurssikokeita, tämä ominaisuus on myös DigabiEvo-järjestelmässä käytössä. Oppituntikäytössä DigabiEvon kautta opettajat voivat jakaa materiaalia ja esityksiä opiskelijoiden käyttämille työasemille, opiskelijat pääsevät järjestelmän kautta käsiksi omiin henkilökohtaisiin materiaaleihinsa ja opettajan valinnan mukaan erilaiset verkon palvelut ovat käytettävissä. Oppituntien ulkopuolella järjestelmä on kiosikäytössä, jolloin opiskelija voi kirjautua asiakaspäätteelle sisään ja pääsee käsiksi omiin materiaaleihinsa ja verkon palveluihin. Erilaisia käyttömahdollisuuksia on kuvattu tarkemmin luvussa "Käyttötilanteet".

Kevyt asiakaspääte on varsin edullinen, yksikköhinnan ollessa halvimmillaan noin 70-100 €<sup>1</sup>. Kevyt asiakaspääte tuo suoria säästöjä ylläpitokustannuksiin, koska asiakaspäätteiden osalta ei juurikaan tarvita IT-ylläpitoa. Asiakaspäätteen vikatilanteessa asiakaspääte vaihdetaan toiseen toimivaan laitteeseen. IT-ylläpito keskittyy ainoastaan palvelimien ylläpitoon. Kevyiden asiakaspäätteiden kustannuksia ja mahdollisia rahoitusmalleja on käsitelty tarkemmin luvussa "Kustannukset".

Nykyinen ylioppilaskirjoitusjärjestelmä perustuu opiskelijoiden omiin koneisiin, eli ns. BYOD-malliin (*Bring Your Own Device*). Malli on lukiokoulutukselle edullinen, mutta ylioppilaskirjoitusten osalta mallissa on riskejä: opiskelijat pystyvät helposti murtautumaan koejärjestelmään käynnistyksen yhteydessä ja koneen sisään pystytään rakentamaan useitakin erilaisia menetelmiä kommunikointiin koetilan ulkopuolelle. BYOD-mallissa laitekanta on erittäin laaja ja muuttuu jatkuvasti, jolloin järjestelmätoimittajan on tehtävä jatkuvasti paljon töitä koejärjestelmän yhteensopivuuden varmistamiseksi. Opiskelijoiden laitekanta voi myös muuttua nopeastikin sellaiseksi, jota nykyinen järjestelmä ei tue. BYOD-laitteiden käynnistys vaatii USB-tikun jokaiseen koneeseen. BYOD-mallia ja kevyitä asiakaspäätteitä on verrattu tietoturvan kannalta tarkemmin luvussa "Turvallisuus".

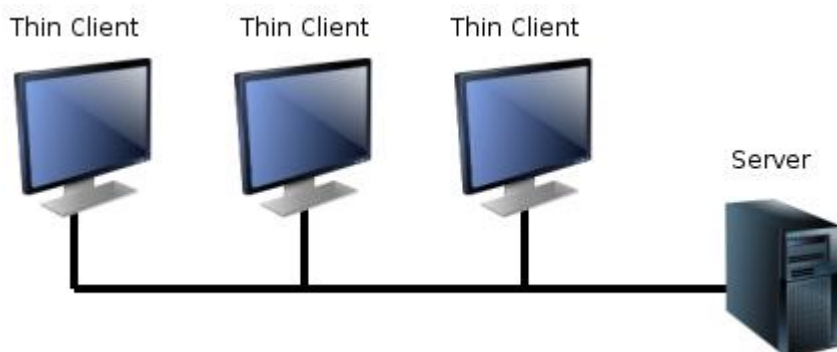
### 3.1. Kevyt asiakaspääte ja palvelin

Kevyt asiakaspääte (engl. *Thin Client*) on riisuttu tietokone, jonka päätarkoituksena on palvella käyttäjää yhteydenpitovälineenä isompaan ja tehokkaampaan keskustietokoneeseen. Monet kevyet asiakaspäätteet ajavat vain WWW-selainta tai pääteohjelmistoa.

---

<sup>1</sup> Kustannuksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin luvussa 8.

Vain hyvin pieni osa järjestelmän toiminnoista ja tiedoista sijaitsee päätelaitteessa suurimman osan sijaitessa palvelimella.<sup>2</sup>



**Kuva:** Kevyet asiakaspäätteet kytketään palvelimeen tietoverkon kautta.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thin\\_clients.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thin_clients.png), CC BY 3.0

Keveän asiakaspäätteen laitteisto muodostuu tyypillisesti tietokonepäätteestä, jossa on liitännät näppäimistöille, hiirelle, mikrofonille ja kuulokkeelle. Muita liityntöjä ovat USB-portit esim. tulostinta, web-kameraa ja muistitikkua varten. Keveän asiakaspäätteen ohjelmisto muodostuu tyypillisesti käyttöliittymästä (GUI, graphical user interface), palvelimen liityntäohjelmistoista (esim. RDP, ICA tai PCoIP), verkkoselaimesta ja lisäksi joukosta muita paikallisia sovelluksia.



**Kuva:** Thin client -työasema julkisessa kirjastokäytössä.  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PCExpansion.jpg>, PD

Kevyiden asiakaspäätteiden avulla laitteisto saadaan kokonaisuudessaan yksinkertaisemmaksi ja halvemmaksi. Myös laitteiston ylläpitokustannukset pienenevät, koska lähes kaikki ylläpito tehdään palvelimella. Ohjelmistotuotanto yksinkertaistuu, kun käytössä on vain muutamia laiteympäristöjä ja ohjelmistojen jakaminen tehdään keskitetysti palvelimille. Tietoturva on myös tässä arkkitehtuurissa yleisesti ottaen parempi kuin hajautetussa järjestelmässä.

<sup>2</sup> Lähde [https://fi.wikipedia.org/wiki/Kevyt\\_asiakaspääte](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kevyt_asiakaspääte), viitattu 2.1.2017.



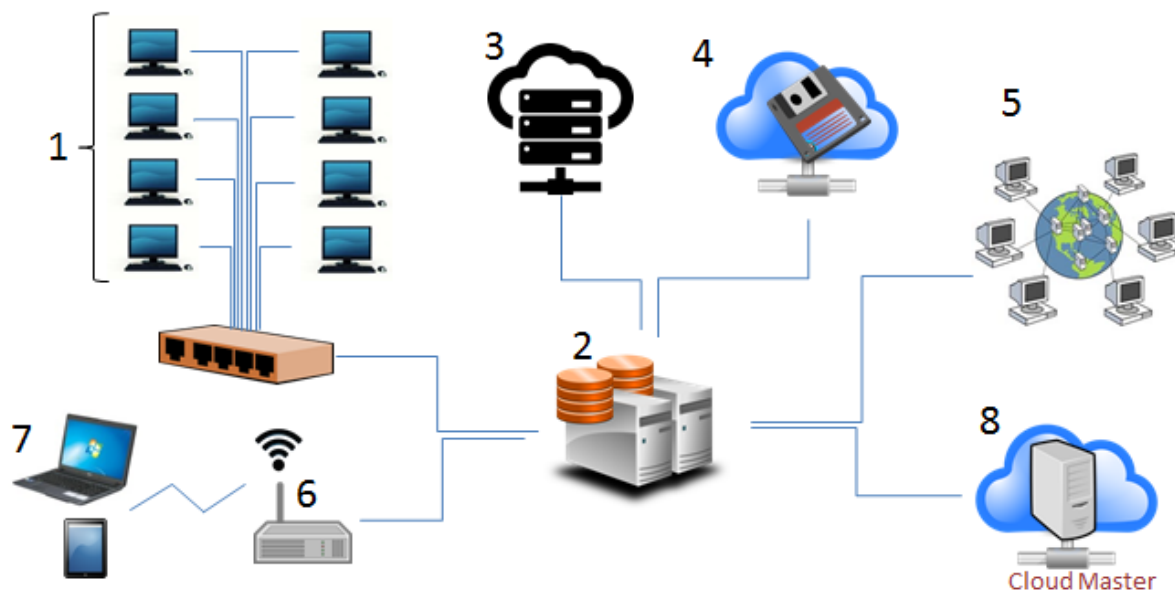
**Kuva:** Aleutia E3 Thin Client, varustettu flash-muistilla.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aleutia\\_E3\\_Medium\\_Client\\_in\\_Hand.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aleutia_E3_Medium_Client_in_Hand.jpg), PD

Kevyet asiakaspäätteet käyttävät yleensä palvelintaan moniin toimintoihin, kuten sovellusten virtualisointiin, Hosted Shared Desktop (HSD)- ja Desktop Virtualization (VDI) –teknologioihin.

## 4. Rakenne

DigabiEvo-järjestelmän osa-alueet on esitetty seuraavassa kuvassa.



Numeroinnin selvitys:

1. Kevyet asiakaspäätteet eli opiskelijoiden käytössä olevat työasemat
2. Asiakaspäätteiden paikallinen palvelin, tarvittaessa kahdennettu järjestelmä. Levyosiot kahdennettu (RAID 1).
3. Oppilaitoksen käytössä olevat taustajärjestelmät, kuten Wilma, Helmi, Moodle, Office 365 jne.
4. Opiskelijan henkilökohtainen työtila
5. Internet
6. WLAN-tukiasema
7. Opiskelijoiden BYOD-laitteet
8. Pilvipohjainen Cloud Master -pääpalvelin

Kevyet asiakaspäätteet (1) on liitetty kiinteällä verkolla palvelimeen (2). Asiakaspäätteillä ei ole omaa massamuistia, vaan ne käynnistyvät palvelimella sijaitsevalta käyttöjärjestelmästä. Palvelimen kautta on pääsy oppilaitoksen tietojärjestelmiin (3), opiskelijan henkilökohtaiseen levyosioon (4), ja internetiin (5). Järjestelmää voidaan käyttää myös opiskelijan omalta laitteelta (7), jolloin laite kytkeytyy WLAN-yhteyden (6) kautta palvelimelle. Pilvipohjaista pääpalvelinta (8) käytetään mm. ohjelmistopäivitysten ja muun materiaalin keskitettyyn jakoon, käyttöoikeuksien keskitettyyn hallintaan ja Big Data<sup>3</sup> käsittelyyn. DigabiEvo-järjestelmä voidaan myös toteuttaa ilman pilvipohjaista pääpalvelinta.

<sup>3</sup> **Big data** on erittäin suurten, järjestelemättömien, jatkuvasti lisääntyvien tietomassojen keräämistä, säilyttämistä, jakamista, etsimistä, analysointia sekä esittämistä tilastotiedettä ja tietotekniikkaa hyödyntäen. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://fi.wikipedia.org/wiki/Big_data)

Palvelin (2) pystyy kulloinkin käytössä olevan tilanteen mukaan rajaamaan halutun osan palveluista ja ulkoisista yhteyksistä pois käytöstä.

## 4.1. Perusarkkitehtuuri

DigabiEvon arkkitehtuuri perustuu nykyiseen Ylioppilastutkintolautakunnan (YTL) kehittämään Abitti-järjestelmään. Nykyinen KTP-ohjelmisto (koetilan palvelin) muodostaa DigabiEvon palvelimen ohjelmiston perustan, jolloin sekä kurssi- että ylioppilaskoetilanteissa palvelimessa ajossa olevat ohjelmat ovat likimain samoja nykyisten ohjelmien kanssa. Vastaavasti kevyellä asiakaspäätteellä ajossa olevat ohjelmat ovat lähes samoja kuin nykyisen Abitin opiskelijan koneen ohjelmat.

Sekä kevyiden asiakaspäätteiden että palvelimen käyttöjärjestelmät ovat Debian GNU/Linux -jakelun mukaiset nykyisen Abitin tyyliin. Palvelimen laitteisto on PC-pohjainen, jossa sekä Intel- että AMD-proessoriarkkitehtuurit (x86/AMD64) ovat tuettuja. Kevyiden asiakaspäätteiden laitearkkitehtuuri määräytyy hankittavien kevyiden asiakaspäätteiden mukaisesti (esim. AMD, x86, ARM) ja samanaikaisesti käytössä voi olla useita eri laitearkkitehtuureita.

Kevyet asiakaspäätteet käynnistetään esimerkiksi PXE-protokollalla lähiverkon yli palvelimelta ladattavan levykuvan avulla. Tällöin opiskelijan USB-tikkuja ei tarvita eikä opiskelijalla ole nykyisen kaltaista helppoa mahdollisuutta murtautua järjestelmään käynnistyksen yhteydessä. Myös palvelin käynnistetään sen omalle kovalevyille etukäteen ladatulta käyttöjärjestelmästä, jolloin palvelimesta saadaan täysi hyöty ja sen ominaisuudet ovat paremmin käytettävissä.

Kevyiden asiakaspäätteiden rajallisen laskentakapasiteetin takia jatkossa DigabiEvo-järjestelmää pitää kehittää asiakas-palvelin-arkkitehtuurin mukaiseksi. Tällöin raskaammat sovellukset ajetaan palvelimella ja palvelimen levytilasta jaetaan yksilölliset työalueet kullekin asiakaspäätteelle. Kun asiakaspäätteen levyresurssit ovat palvelimella, voidaan opiskelija helposti vikatilanteessa siirtää käyttämään toista asiakaspäätettä, ja hänen aikaisemmin kokeen aikana tekemänsä tiedostot ovat suoraan käytettävissä uudella päätteellä. DigabiEvo mahdollistaa opiskelukäytössä erilaisten pilvipalveluiden käytön, esimerkiksi Office 365 -palvelun ominaisuudet ovat opiskelijoiden käytettävissä.

DigabiEvo-järjestelmää varten voidaan tehdä Cloud Master -pääpalvelin, jonka kautta hoidetaan keskitetysti esimerkiksi palvelimen ohjelmistopäivitykset ja palvelimen käyttöoikeuksien hallinta. Cloud Master -pääpalvelinta voidaan lisäksi käyttää Big Datan käsittelyyn. Mikäli Cloud Master -pääpalvelinta ei haluta käyttää, tehdään käyttöoikeuksien hallinta, ohjelmistopäivitykset ja muut vastaavat toimenpiteet DigabiEvon omalta palvelimelta käsin. Tässä dokumentissa ei kuvata yksityiskohtaisemmin Cloud Master -pääpalvelimen ominaisuuksia tai toiminnallisuutta.

Normaalin tuntikäytön ja muun (valvomattoman) käytön järjestelmiä ei suoraan ole olemassa, vaan ne pitää kehittää. Hyvän pohjan kehitystyölle antaa jo nykyinen olemassa oleva Linux-järjestelmä, jossa sovellusten ajaminen, verkon käyttö ja moni muu asia on jo valmiiksi toteutettu. Olennaista on määritellä DigabiEvoon sellainen avoin arkkitehtuuri,

johon kolmannet osapuolet voivat helposti tuoda omia sovelluksiaan. DigabiEvo ei saa rajoittaa kolmansien osapuolien ansaintalogiikkaa, vaan sen tulee ennemminkin luoda uusia mahdollisuuksia.

Eräs oppilaitoskäytössä tarvittava erityispiirre on opettajalle tarjottava mahdollisuus säätää opiskelijoiden mahdollisuuksia päästä käsiksi eri palveluihin. Tähän tarkoitukseen ehdotetaan tehtäväksi yksinkertainen opettajan ohjauskonsoli, jonka kautta opettaja voi sallia tai kieltää eri palveluiden käytön. Koetilanteissa ohjauskonsolin asetukset tulevat koejärjestelmästä - oletuksena ulkoisia yhteyksiä ja muita palveluita ei ole käytössä, ellei kokeen tekijä ole toisin määritellyt.

## 4.2. Avoimet rajapinnat opiskelukäytössä

Oppituntien aikana DigabiEvon kevyiden asiakaspäätteiden käyttäminen vastaa normaalin Linux-työaseman käyttämistä. Opiskelijalla on käytettävissään kaikki verkon palvelut ja tietokoneen ohjelmat, ellei opettaja ole erikseen kytkenyt osia toiminnoista pois käytöstä. Langattoman lähiverkon kautta opiskelija voi hyödyntää oppituntien aikana myös omia päätelaitteitaan, jolloin DigabiEvon tarjoamat palvelut ovat myös näiden päätelaitteiden käytettävissä.

DigabiEvon palvelinarkkitehtuuri avoin, jolloin kolmannet osapuolet voivat tehdä palvelimelle omia sovelluksia. Tarkoituksena on mahdollistaa oppimateriaalin toimittajille, pedagogisten järjestelmien tekijöille, pelien valmistajille jne. yksinkertainen ja luotettava tapa toimittaa tuotteita kouluympäristöön.

## 4.3. Kokeiden aikana suljettu järjestelmä

Kurssikokeiden ja ylioppilaskokeiden aikana järjestelmän toimii rajoitetussa toimintatilassa, jossa kaikki ulkoiset yhteydet ja muut kuin kokeeseen suoraan liittyvät palvelut ovat kytketty pois käytöstä. Ylioppilaskokeessa voi lisäksi olla käytössä erityiset ei-julkiset valvontamenetelmät väärinkäytösten havaitsemiseen, lokitietojen keräämiseen ja raportointiin.

Kurssikokeiden osalta opettaja voi tallentaa palvelimelle materiaalia, joka on opiskelijoiden käytössä kokeen ajan. Lisäksi opettaja voi halutessaan sallia yksittäisten verkon palvelujen käytön kokeen ajaksi.

DigabiEvon kurssikoejärjestelmä on evoluutioversio nykyisestä Abitti-järjestelmästä. Avaamalla sekä kokeen muodostamiseen liittyvät rajapinnat oma.abitti.fi-palvelussa että kokeen suoritukseen liittyvät rajapinnat Abitti-järjestelmässä saadaan kolmannet osapuolet tekemään uusia toiminnallisuuksia koejärjestelmään.

Markkinoilla on jo useita erilaisia sähköisiä koejärjestelmiä, esimerkiksi Otavan digikokeet ja Turun yliopiston ViLLE-järjestelmä. Abitti-pohjaisen kurssikoejärjestelmän lisäksi DigabiEvo mahdollistaa kolmansien osapuolien koejärjestelmän käyttämisen, jolloin DigabiEvon tehtävänä on perusjärjestelmän ajaminen ja ulkoisten palveluiden poissulkeminen koetilanteesta. Tällöin kolmannet osapuolet voivat toimittaa oman koemuodulinsa



DigabiEvo-järjestelmään tai DigabiEvosta sallitaan pääsy vain ulkoiseen koejärjestelmään. Yksinkertaisimmillaan kolmannen osapuolen koejärjestelmä voi siten olla rakennettu esimerkiksi ulkopuoliselle nettipalvelimelle ja DigabiEvo sallii ainoastaan tämän nimenomaisen palvelun käytön. DigabiEvon sisäistä arkkitehtuuria on jatkossa kehitettävä tukemaan erilaisia palvelutasoja (*Service Layers*)<sup>4</sup>, jolloin kolmansien osapuolien sovelluskehitys yksinkertaistuu ja järjestelmän tietoturva paranee.

---

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture)

## 5. Käyttötilanteet

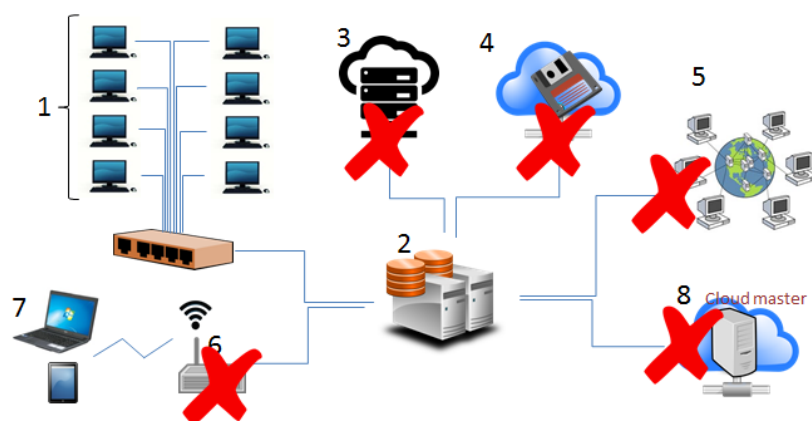
Tässä kilpailuvastauksessa kuvattu DigabiEvo-järjestelmä on tarkoitettu käytettäväksi ensisijaisesti perus- ja lukio-opetuksen välineenä; käyttö ei kuitenkaan ole rajattu pelkästään näihin ryhmiin. DigabiEvo-järjestelmässä on neljä toimintatilaa:

1. **Ylioppilaskoekäyttö.** Järjestelmän toimintamuoto, jossa opiskelijoiden työasemilla pystytään näyttämään ylioppilaskoetehtävät oheismateriaaleineen ja opiskelija pystyy vastaamaan koetehtäviin. Ainoastaan erikseen sallitut ohjelmistot ovat käytettävissä. Pääsy verkkoon on estetty.
2. **Kurssikoekäyttö.** Järjestelmän toimintamuoto, jossa opiskelijoiden työasemilla pystytään näyttämään opettajan laatimat kurssikoetehtävät oheismateriaaleineen ja opiskelija pystyy vastaamaan koetehtäviin. Verkosta käytettävissä olevat palvelut ja tietokoneella käytettävissä olevat ohjelmat ovat opettajan valittavissa kokeen laadinnan yhteydessä.
3. **Opiskelukäyttö oppituntien aikana.** Oppituntikäytössä opiskelijoiden työasemilla on käytössä opiskeluun liittyvä materiaali. DigabiEvon rajapinnat ovat avoimia, joten eri oppimateriaalitoimittajat voivat siirtää sovellukset ja oppisisällön DigabiEvo-järjestelmää varten. Tällöin koulutuksen järjestäjät voivat valita omien tarpeidensa mukaan sopivimmat materiaalit tuntikäyttöön. Oppituntien aikana opettaja voi valita, mitä verkon palveluita on opiskelijoiden käytettävissä.
4. **Muu käyttö.** Muina aikoina järjestelmä toimii kioski-moodissa, jossa käyttäjä kirjautuu opiskelijan työasemaan sisään, ja hänellä on käytettävissä oman käyttäjätunnuksensa mukainen oppisisältö. Kioskimoodiin pääsee myös omien BYOD-laitteiden kautta aikaan ja paikkaan katsomatta. Muun käytön tilassa verkkoyhteydet ovat pääsääntöisesti avoinna.

Seuraavissa luvuissa kustakin käyttötilanteesta on annettu yksityiskohtaisempi selvitys.

### 5.1. Ylioppilaskoekäyttö

DigabiEvon kaikista suljetuin ja tarkimmin valvottu toimintamuoto on ylioppilaskoe. Tässä toimintamuodossa kaikki ulkoiset liittynät on suljettu pois käytöstä. Koulun järjestelmiin, opiskelijan omiin tiedostoihin ja internetiin ei ole pääsyä. Pääsy ainoastaan Ylioppilastutkintolautakunnan omaan palveluun voidaan tarvittaessa sallia ennen koetta koetehtävien lataamiseksi ja kokeen jälkeen koevastausten siirtämiseksi arvostelujärjestelmään. Koetilan langaton lähiverkko on käytettävissä ainoastaan YTL:n erillisellä luvalla, kuten nykyisessäkin sähköisessä ylioppilaskokeessa.



**Kuva:** DigabiEvon palvelut ylioppilaskoeikäytössä. Kuvan numeroinnin selitykset on luvussa "4. Rakenne".

Ylioppilaskoejärjestelmä voidaan alkuvaiheessa toteuttaa siirtämällä nykyinen Abitti-järjestelmä lähes sellaisenaan tähän uuteen järjestelmään. Tällöin kevyessä asiakaspääteessä ajetaan nykyisen opiskelijan koejärjestelmän kaltaista järjestelmää ja palvelimella nykyisen koetilan palvelimen järjestelmää. Kevyet asiakaspäätteet pystyvät ajamaan kevyitä sovelluksia, joten nykyisessä Abitti-järjestelmässä olevat opiskelijan käytettävissä olevat ohjelmat pystytään ajamaan asiakaspääteessä.

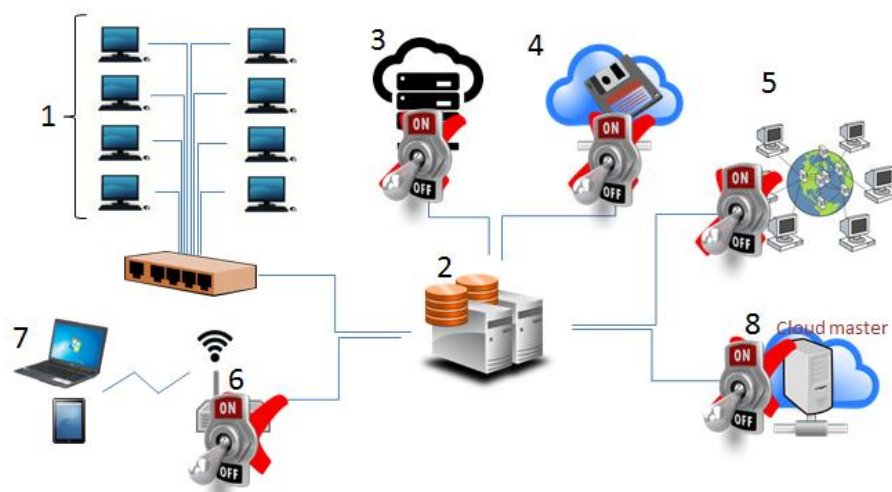
DigabiEvossa ylioppilaskokeiden aikana käytössä olevat valvontajärjestelmät (NSA jne.) voivat olla vastaavat kuin nykyisessä Abitti-järjestelmässä, tarvittaessa valvontajärjestelmiä voidaan kehittää tukemaan paremmin kevyiden asiakaspääteiden ominaisuuksia.

Pidemmän ajan kehitystavoitteena on hyödyntää asiakas-palvelin-arkkitehtuuria paremmin ja varsinkin siirtää raskaiden sovellusten ajaminen palvelimeen. Kevyiden asiakaspääteiden ohjelmistoarkkitehtuuri tarjoaa tähän lähestymistapaan monia ratkaisuja.

Palvelimella ei ole käytössä USB-tikkuihin perustuvaa ns. Live-tilaan käynnistystä, vaan palvelin käynnistetään suoraan kovalevyiltä. On tärkeää, että palvelimen tietoturva ja integriteetti tarkistetaan ylioppilaskoejärjestelmän käynnistämisen yhteydessä ja tietoturvaa seurataan koko ylioppilaskokeen ajan. Kovalevyiltä käynnistäminen parantaa laitteiston suorituskykyä merkittävästi verrattuna USB-tikulta käynnistämiseen.

## 5.2. Kurssikoeikäyttö

Kurssikoeikäyttö vastaa edellä kuvattua ylioppilaskoeikäyttöä. Opettaja pystyy kuitenkin avaamaan kokeen ajaksi haluttuja palveluita käyttöön: voidaan esimerkiksi sallia pääsy tiettyihin koulun järjestelmiin, kuten Moodleen, joihinkin haluttuihin verkon sivustoihin ja palveluihin tai jopa avata koko verkko vapaasti käytettäväksi kokeen ajaksi. Kokeessa voidaan myös tarvittaessa sallia palvelimelle tallennettujen oheismateriaalien käyttö.



**Kuva:** DigabiEvon palvelut on yksitellen valittavissa kurssikoekeokäytössä.

Tämä kilpailuvastaus sisältää ehdotuksen nykyisen kurssikoejärjestelmän rajapintojen avaamisesta siten, että kolmannet osapuolet voivat tehdä omia koemuoduleita, eli uusia ominaisuuksia, kokeisiin. Parhaita ominaisuuksia voidaan tällöin tarvittaessa siirtää myös ylioppilaskokeen osaksi. Rajapintojen avaus vaatii myös koetehtävien luontijärjestelmän (oma.abitti.fi) rajapintojen avaamisen avoimeen kehitykseen tarpeellisilta osin.

### 5.2.1. Muiden valmistajien koejärjestelmien käyttö

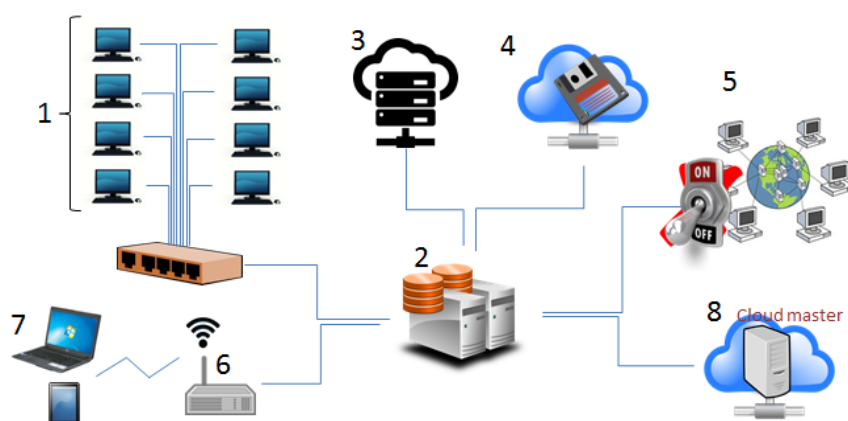
Abitti-järjestelmän lisäksi kouluissa käytössä useita muitakin sähköisiä koejärjestelmiä, sekä avoimia että suljettuja. On yhteinen etu, jos DigabiEvon kurssikoejärjestelmä tehdään sillä tavoin avoimeksi, että kolmannet osapuolet voivat tuoda omat koejärjestelmänsä DigabiEvo-ympäristöön. Tällöin DigabiEvo tarjoaa käyttöoikeuksiltaan rajoitetun ja luotettavan ympäristön ja kolmas osapuoli tuo järjestelmään kokeen pitämiseen tarvittavat lisäosat. Tämä kilpailuehdotus ei ota kantaa kolmansien osapuolien ohjelmistojen lisensointiin ja mahdollisiin käyttömaksuihin.

Kun käytössä on useita erilaisia rinnakkaisia koejärjestelmiä, voi opettaja valita kulloiseenkin tilanteeseen parhaiten sopivan koejärjestelmän käyttöön. Eri koejärjestelmien käyttöönotto ei vaadi laajaa perehtymistä kuhunkin järjestelmään; DigabiEvon ympäristö on kaikissa tapauksissa samanlainen ja vain käytettävän koeohjelman hallinta pitää opetella erikseen. Opettajille ja opiskelijoille järjestelmän käyttö on samanlaista kokeesta toiseen ja vielä ylioppilaskokeessakin

DigabiEvon avoimien rajapintojen mahdollistama laaja ohjelmistotarjonta lisännee järjestelmän kiinnostusta sekä koulutuksen järjestäjien että oppimateriaalin tuottajien parissa.

## 5.3. Opiskelukäyttö

Oppituntikäytössä DigabiEvon toiminta on pääosin vastaava kuin tavallisessa PC-tietokoneessa. Opiskelijalla on kaikki järjestelmän sovellukset käytettävissä, hän pääsee käsiksi koulutuksen järjestäjän tietojärjestelmiin (Moodle, Wilma, Helmi, Office 365, ...), verkon käyttö on vapaata ja opiskelijalla on omat henkilökohtaiset tiedostonsa käytössä. Tarvittaessa opettaja voi kuitenkin sulkea järjestelmän osia pois käytöstä vastaavalla tavalla kuin kurssikokeissa.



**Kuva:** DigabiEvon palvelut on valittavissa opiskelukäytössä, lähtökohtaisesti palvelujen käyttö on sallittua.

Oppituntikäytössä paikallinen langaton lähiverkko on myös käytettävissä mahdollistaen opiskelijoiden omien tietokoneiden, tablettien ja älypuhelimien käytön opiskeluun. Oppituntikäytössä opiskelijat voivat käyttää omia henkilökohtaisia oppimateriaalejaan, kuten sähköisiä oppikirjoja tai kolmansilta osapuolilta ostettuja, verkossa olevia palveluita.

DigabiEvon rajapintamäärittelyt ovat avoimet mahdollistaen kolmansille osapuolille sovelluksien ja oppisisällön kehittämisen tähän järjestelmään. Kehitettävät järjestelmät voivat olla yksinkertaisia sovelluksia opettajan tekemän sisällön jakamisesta aina monimutkaisiin pedagogisiin järjestelmiin asti. Oppisisältö ja sovellukset voivat olla tarpeen mukaan avoimia tai suljettuja, ilmaisia tai maksullisia. Tarkoituksena on tarjota jo olemassa oleville (Sanoma Pro, Otava...) ja uusille toimittajille helppo tapa saada tuotteita DigabiEvo-ympäristöön.

## 5.4. Muu käyttö

Valvomattoman käytön aikana järjestelmä toimii kioski-moodissa, jossa käyttäjä kirjautuu opiskelijan työasemaan sisään, ja hänellä on käytettävissä oman käyttäjätunnuksensa mukainen oppisisältö. Tässä tilassa verkkoyhteydet ovat pääsääntöisesti avoinna. Kioski-moodia voidaan halutessa myös käyttää ilman tunnuksia, jolloin käytön lopussa järjestelmä palaa alkutilaansa ja poistaa kaikki käytön aikana tehdyt muutokset.

Opiskelija pystyy kevyiden asiakaspäätteiden lisäksi käyttämään järjestelmää myös oman BYOD-laitteen avulla. BYOD-käyttöä varten järjestelmässä on oma langaton lähiverkko,

mutta BYOD-käyttö onnistuu myös internetin kautta. BYOD-laitteiden suhteen DigabiEvo on lähtökohtaisesti riippumaton BYOD-laitteistovalmistajasta ja -laitteiston ekosysteemistä loppukäyttäjän toimintojen ollessa pääasiallisesti selaimella käytettäviä.

Koulutuksen järjestäjän tarpeen mukaan valvomattoman käytön aikana järjestelmän ominaisuuksia, kuten käytettävissä olevia verkkoyhteyksiä, voidaan rajoittaa samoilla menetelmillä kuin kurssikokeessa.

## 6. Turvallisuus

Hackabi2-kilpailun<sup>5</sup> tehtävänä on laatia digitaaliselle ylioppilaskokeelle tekninen toteutustapa, joka helpottaa kokeen järjestämistä, vähentää USB-muistitikkujen kanssa toimimista ja erityisesti parantaa koetilanteen tietoturvaa. Tehtävänannossa ongelmiksi koetaan mm. vaihtelevanopeuksiset USB-tikut, USB-tikkujen jakelun logistiikka, USB-tikkujen kautta avautuvat hyökkäysmenetelmät, laaja kirjo erilaisia opiskelijoiden koneita ja koneiden käynnistämisen vaikeus USB-tikulta. Tässä luvussa verrataan nykyistä Abittia esiteltyyn uuteen DigabiEvo-toteutukseen.

### 6.1. BYOD-mallin ja kevyen asiakaspäätteen vertailu

Nykyinen sähköinen ylioppilaskirjoitusjärjestelmä perustuu opiskelijoiden omiin koneisiin, eli ns. BYOD-malliin. Malli on lukiokoulutukselle edullinen, mutta ylioppilaskirjoitusten osalta mallissa on riskejä: opiskelijat pystyvät murtautumaan koejärjestelmään käynnistyksen yhteydessä ja opiskelija pystyy rakentamaan koneensa sisään erilaisia menetelmiä kommunikoida koetilan ulkopuolelle. BYOD-mallissa laitekanta on erittäin laaja ja muuttuu jatkuvasti, jolloin järjestelmätoimittajan on tehtävä jatkuvasti paljon töitä koejärjestelmän yhteensopivuuden varmistamiseksi ja ylläpitämiseksi. Opiskelijoiden laitekanta voi myös muuttua nopeasti sellaiseksi, jota nykyinen järjestelmä ei tue. BYOD-laitteiden käynnistys vaatii USB-tikun jokaiseen koneeseen.

Oleellisia eroja Abitin ja DigabiEvon välillä:

- DigabiEvo käynnistyy palvelimella sijaitsevalta levykuvalta.
  - Ei opiskelijan USB-tikkuja
  - Opiskelijan tikun USB-kuvaa ei voi muuttaa kokeen alussa; mm. initrd-, linuz- ja squashfs-osioihin kohdistuvat hyökkäykset eivät toimi.
- Käynnistys on luotettava
  - Kevyen asiakaspäätteen käynnistyksen parametreja ei voi muuttaa
  - Kevyt asiakaspääte voidaan käynnistää ennen opiskelijan saapumista koetilaan
  - Keskitetty käynnistäminen opettajan valvontakonsolista käsin (Wakeup-on-LAN)
  - Palvelimen ja opiskelijoiden koneiden ohjelmistoversiot ovat aina yhteensopivat
  - Kevyt asiakaspääte käynnistyy yhdestä napista, erityisiä UEFI/BIOS-käynnistysasetusten muuttamista ei tarvita.
- Opiskelija ei voi muokata konetta etukäteen
  - Opiskelija ei tiedä etukäteen, mitä konetta hän käyttää kokeessa
  - Laitteistoon ei voi lisätä luntteja tai lunttausominaisuuksia
  - JTAG-liitynnän kautta tapahtuvat hyväksikäytöt eivät onnistu
- Kevyet asiakaspäätteet ovat kaikille opiskelijoille identtisiä
  - Yksittäinen opiskelija ei voi saada parempaa koemenestystä ostamalla kalliimman laitteen.

---

<sup>5</sup> <https://hackabi.org/kilpailu/>

- Toista ohjelmistokerrosta, esim. virtualisointia, ei voi käyttää hyökkäysmenetelmänä
- BYOD-laitteiden omistaja on opiskelija, kevyiden asiakaspäätteiden omistaja on oppilaitos tai sen yhteistyökumppani.
- Hankintavastuu siirtyy opiskelijalta koulutuksen pitäjälle.
- Eri laitesukupolvien ylläpito
  - BYOD-mallissa eri laitteistoja on valtava määrä ja uusia tulee nopeassa tahdissa. Ohjelmistoylläpito laitteiden osalta on pakosti reaktiivisessa moodissa.
  - Kevyiden asiakaspäätteiden laitesukupolvia on vain muutama ja uusien laitteistojen tuki voidaan varmistaa ennen laitteiston lanseeraamista DigabiEvo-käyttöön. Ylläpito on järjestelmällistä ja etukäteen suunniteltua.

## 6.2. Tietoturva ylioppilaskokeessa

Myös sähköisessä ylioppilaskokeessa DigabiEvon palvelin käynnistetään normaalisti kovalevyiltä, USB-tikkuja ei tarvita edes koetilan palvelimen käynnistämiseen. Kovalevyiltä käynnistämisen etuna on, että palvelimesta saadaan huomattavasti nopeampi kuin mitä USB-tikulta käynnistettäessä saataisiin. Samalla saadaan järjestelmän kovalevyt käyttöön opiskelijoiden koevastausten tallennuspaikkana. Kovalevyresurssien peilauksella (RAID 1) saadaan tarvittava varmuus tiedon säilymiseen laiterikkojen osalta.

Ylioppilaskokeessa palvelimen ohjelmiston eheys voidaan varmentaa esimerkiksi atestaatiolla, joka tarkoittaa järjestelmän oikeaksi todistamista. Sitä voidaan tehdä eri keinoilla, mm. keräämällä tietoa muistin sisällöstä. Yleisesti softapohjainen atestaatio on ratkaisematon ongelma.<sup>6</sup> Rauta-avusteinen atestointi on tietyllä tapaa ratkaistu.<sup>7</sup> Puolustaja/hyökkääjä dynamiikkaa tässä kontrolloi se, onko helpompaa luoda atestaatiotehtäviä kuin väärentää niiden vastauksia. Esim. Tripwire<sup>8</sup> oli tähän liittyvä yleisesti käytössä oleva ohjelmisto, joka toimii parhaiten silloin kun hyökkääjä ei osaa sitä odottaa.

## 6.3. Varapalvelimet

Asiakaspäätteiden yhteydet katkeavat palvelimen kaatuessa, ellei käytössä ole kahdennettuja palvelimia. Tarvittaessa kevyiden asiakaspäätteiden palvelimet voidaan kahdentaa, jolloin yhteydet voidaan siirtää toiselle palvelimelle ongelmatapauksissa. Kahdentaminen lisää luotettavuutta, mutta samalla järjestelmän hinta kasvaa. Kahdentamiseen on useita menetelmiä, joiden tarkempi käsittely jätetään kuitenkin tämän kilpailuvastauksen ulkopuolelle.

---

<sup>6</sup> <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1653711>

<sup>7</sup> Jos on olemassa luotettu komponentti, esim. Intel SGX tai Qualcomm TrustZone, niin atestointi voidaan suorittaa luotetussa koodissa. Luottamusjuuri sijaitsee tällöin raudalla joka osaa todistaa olevansa esim. Intelin CPU ja voi todistaa YTL:n atestoivan koodin olevan ajossa ja eheää. Tällöin esimerkiksi järjestelmän ohjelmiston purkuavaimet toimitettaisiin vasta kun voitaisiin havaita järjestelmän pyörivän luotetussa alustassa.

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Source\\_Tripwire](https://en.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Tripwire)



Abitti-järjestelmä sisältää jo nykyisellään tuen palvelimien kahdentamiselle, ja tämä ominaisuus voidaan hyödyntää DigabiEvo-järjestelmässä.

## 6.4. Tiedon tallennus

Tiedon luotettava tallennus on turvattava erityisesti sähköisten ylioppilaskokeiden aikana. Edullinen ja luotettava tapa on käyttää kahta levyä rinnakkain RAID 1-menetelmällä (tiedon peilaus). Tällöin toisen levyn vikaantuminen ei johda tiedon tuhoutumiseen. Levyt voivat myös fyysisesti sijaita ulkoisessa NAS-yksikössä. Levytilaa hallitaan LVM-komponentin (Logical Volume Manager) avulla, jolloin levyosioita voidaan joustavasti muokata kulloinkin käytössä olevan tilanteen mukaan.

Kovalevyille luodaan kutakin opiskelijaa varten oma salattu levyosio, jossa opiskelijan tiedostoja säilytetään. Jos opiskelija joutuu siirtymään toiselle työasemalle, on hänen tiedostonsa käytettävissä uudella työasemalla ilman erillisiä toimenpiteitä.

Ulkoisen NAS-yksikön käyttämisellä saadaan tarvittaessa parannettua laitteiston fyysistä suojausta - koejärjestelmän NAS-yksikkö voidaan säilyttää luotettavassa tilassa ja tuoda koetilaan vasta kokeen alussa.

## 7. Edut ja haitat

Kevyet asiakaspäätteet soveltuvat hyvin esimerkiksi toimistosovelluksien ja asiakas-palvelin-sovellusten käyttöön, mutta ne eivät sovellu raskaan grafiikan, animaatioiden, multimedian ja pelaamisen sovelluksiin.<sup>9</sup>

Kevyiden asiakaspäätteiden teknologiasta on paljon etuja, tässä eräitä niistä<sup>10</sup>:

- Matalammat IT-hallintokustannukset. Asiakaspäätteitä voidaan ylläpitää lähes kokonaan palvelimelta. Yksinkertaisemman laitteiston takia niissä on vähemmän vikaantumismahdollisuuksia.
- Helpompia tehdä turvallisiksi. Kevyiden asiakaspäätteiden ohjelmistot voidaan suunnitella niin, että mikään sovellusten tieto ei ole asiakaspäätteellä, jolloin voidaan käyttää palvelimelle keskitettyä tietoturvaa ja pienentää varastamisen riskiä.
- Matalammat laitteistokustannukset. Kevyet asiakaspäätteet ovat yleensä halvempia, koska niissä ei ole esimerkiksi kovalevyä tai tehokasta prosessoria.
- Pienempi virrankulutus. Kevyiden asiakaspäätteiden laitteisto kuluttaa paljon vähemmän energiaa kuin normaalit PC-laitteet.
- Laitteistopäivitykset ovat yksinkertaisia.
- Järjestelmän kapasiteetin määrittää palvelin, tarvittaessa palvelimen tehoa voidaan kasvattaa eri menetelmillä.
- Järjestelmä on helposti laajennettavissa, olemassa olevat laitteet voivat toimia uusien laitteiden ohella.
- Vikatapauksessa vanha asiakaspäätte voidaan korvata toisella nopeasti.
- IT-jätteen määrä vähenee. Tietokonelaitteet ovat hankalasti käsiteltävää SER-jätettä, kevyiden asiakaspäätteiden käyttöikä on pidempi kuin tavanomaisten PC-laitteiden ja lisäksi niistä tulee vähemmän jätettä elinkaarensa lopussa.
- Selainpohjaisia sovelluksia käytettäessä saavutetaan myös yhteensopivuus erilaisten opiskelijoiden omien BYOD-laitteiden kanssa riippumatta laitteen valmistajasta ja sen ekosysteemistä.

Kevyet asiakaspäätteet ovat myös itsenäisiä tietokoneita vähemmän alttiita varkauksille. Tieto on myös paremmin turvassa, koska asiakaspäätteillä ei säilytetä mitään tiedostoja, ohjelmia tai vastaavaa.

Kevyiden asiakaspäätteiden huonoja puolia verrattuna BYOD-laitteisiin

- Eivät ole helposti siirrettäviä.
- Hankintakustannukset tulevat ensisijaisesti koulutuksen järjestäjän maksettaviksi

### 7.1. Tasapuolisuus

Nykyisessä BYOD-mallisessa ylioppilaskokeessa opiskelijan käytössä olevalla laitteistolla on vaikutusta kokeessa menestymiseen. Osassa pienempiresoluutioisia näyttöjä tehtävän-

<sup>9</sup> Lähde <http://averma82.blogspot.fi/2012/04/thin-client.html>

<sup>10</sup> Lähde <http://averma82.blogspot.fi/2012/04/thin-client.html>

annon vahvennuksset ja kursivoinnit häviävät näkyvistä, opiskelijan pitää koetilanteessa ymmärtää suurentaa dokumenttien kokoa riittävästi. Jos käytössä on suuriresoluutioinen näyttö, pystyy opiskelija samanaikaisesti avaamaan useamman dokumentin samalle näytölle, ja työskentely on paljon tehokkaampaa verrattuna tilanteeseen, jossa aktiivista dokumenttia joutuu koko ajan vaihtamaan työpöydällä. Näppäimistön ja hiiren ergonomioiden erot voivat vaikuttaa opiskelijan jaksamiseen pitkässä koetilanteessa. Tehokkaammalla laitteistolla käy tehtävästä toiseen siirtyminen paremmin ja laitteistolla voi olla vaikutusta videoiden ja äänen toistoon. Myös eri laitteiden luotettavuudessa on eroja; virhealtis kone voi lisätä opiskelijan koestressiä.

Muutama vuosi sitten lukiolakia tulkittiin niin, ettei lukiolaisia voitu pakottaa hankkimaan matematiikan laskimia. Nyt opiskelijoiden olisi hankittava huomattavasti laskinta arvokkaammat tietokoneet BYOD-strategian mukaisesti, osalle hankinta on taloudellisesti haastavaa. Opiskelijoille koulun puolesta järjestettävät kevyet asiakaspäätteet olisivat ratkaisu tähän, jolloin laitteiston rahoitus on huolehdittava muulla tavalla luvun "rahoitusmallit" mukaisesti.

Kevyiden asiakaspäätteiden tapauksessa kaikilla opiskelijoilla on käytössään samanlainen laitteisto, opiskelijoiden keskinäiseen koemenestykseen laitteisto ei pääse vaikuttamaan. Opiskelijan taloudellinen tilanne ei pääse vaikuttamaan ylioppilaskokeen laitekantaan.

## 7.2. Ylläpito

Kevyisiin asiakaspäätteisiin perustuvan järjestelmän ylläpito on huomattavasti perinteistä hajautettua PC-järjestelmää helpompaa, sillä asiakaspäätteet eivät käytännössä tarvitse ylläpitoa. Asiakaspäätteiden vikatapauksissa huoltotoimenpide on käytännössä asiakaspäätteen korvaaminen toimivalla laitteella. Palvelimien ylläpitotehtävät vastaavat nykyisten IT-palvelimien ylläpitoa.

Ohjelmiston osalta ohjelmistokehitys ja -ylläpito on monilta osin yksinkertaisempaa kuin nykyisen Abitti-järjestelmän ylläpito, koska ylläpidettäviä laitteistokombinaatioita on vain muutamia. Uusien asiakaspäätteiden käyttöönotto voidaan suunnitella jo hyvissä ajoin etukäteen ja laitteistojen lanseeraaminen kouluille tehdä vasta sen jälkeen, kun ohjelmiston tuki laitteelle on varmennettu. Tämä olisi huomattava parannus verrattuna nykyiseen tilanteeseen, jossa uudet PC-laitteistot tulevat varsin nopeassa tahdissa valmistajilta, ja Abitin ohjelmistotuki voidaan tehdä vasta laitteiden markkinoille tulon jälkeen.

## 7.3. Sähkösyöttö ja lähiverkko

Nykyisiin BYOD-pohjaisiin sähköisiin ylioppilaskokeisiin oppilaitokset ovat jo hankkineet sekä sähkönsyöttöön tarvittavat jakokeskukset ja kaapeloinnit että langallisen lähiverkon osat. Kevyisiin asiakaspäätteisiin perustuva laitteistokanta pystyy täysimääräisesti hyödyntämään näitä tehtyjä investointeja. Kevyitä asiakaspäätteitä käyttäessä kuluu huomattavasti vähemmän sähkötehoa kuin BYOD-ratkaisussa, tällöin saadaan sähköverkon kuormaa pienennettyä ja samalla myös muodostuu vähemmän hukkalämpöä laitteista.

## 8. Saatavuus ja kustannukset

Kevyitä asiakaspäätteitä on tarjolla useilta valmistajilta ja lisäksi OEM-valmistajilta voi tilata laitteita asiakkaan omien määrittelyjen mukaan. Edullisimmillaan Linux-yhteensopivia Thin Client -ratkaisuja saa tilattua esimerkiksi Aliexpress.com-verkkokaupasta noin 30 euron yksikköhinnalla (+ALV)<sup>11</sup>. Keskusyksikön lisäksi tarvitaan näyttö, hiiri, näppäimistö, virtalähde ja kuulokkeet, jolloin yksittäin hankittuna kokonaisuuden hinta on noin 100 euron luokkaa ja suurissa erissä hankittuna huomattavasti halvempi. Erään IT-hankintoja tekevän asiantuntijan mukaan opiskelijapaikan laitteiston hinta on noin 50-70 € massaostoisissa.

### 8.1. Arvioidut kustannukset

On oletettavaa, että koulujen sähköisiin ylioppilaskirjoituksiin jo hankitut palvelinkoneet ovat teholtaan riittäviä toimimaan kevyiden asiakaspäätteiden palvelimina. Tällöin siirryttäessä DigabiEvo-järjestelmään palvelimiin tarvitaan vain toinen kovalevy RAID 1 -varmennettua tallennustilaa varten tai ulkoinen NAS-levypalvelin.

Yksityiskohtaisempia kustannusarvioita DigabiEvo-järjestelmän käyttöönotosta ei toistaiseksi voida esittää, mutta edellä olleiden kohtien perusteella esimerkiksi 30 opiskelijan luokan muuttaminen käyttämään kevyitä asiakaspäätteitä maksaisi nykyisen kohtilan palvelimen osalta 400 € ja opiskelijoiden työasemat 2100 € (30 kpl à 70 €), yhteensä noin 2500 €.

### 8.2. Rahoitusmallit

Thin Client -järjestelmän laitteiston ja ohjelmiston yksinkertaisuus mahdollistaa erittäin edullisen kokonaishinnan (TCO, Total Cost of Ownership), mutta osa säästöistä voi kulua palvelimen toimintavarmuuden lisäämiseen. Infrastruktuurin kustannuksia voidaan pienentää valitsemalla tilauspohjainen pilvimalli Desktop as a Service, DaaS, joka mahdollistaa pilvipalvelimien ulkoistuksen kolmansille osapuolelle.

Ylioppilaskoeikäyttöön tarkoitettujen DigabiEvo-laitteiden hankintakustannukset voidaan hoitaa esimerkiksi seuraavilla tavoilla tai niiden yhdistelmillä:

- Koulutuksen järjestäjän kertainvestointi
- Leasing-sopimus
- Oppimateriaalitoimittajilta kerättävä proviisio järjestelmään tuotavista oppimateriaaleista
- Korottamalla ylioppilaskirjoitusmaksua määrääjäksi
- Suora julkinen rahoitus
- Sponsorointi
- Järjestelmän lisensointi ja myynti sekä ulkomaille että K12-koulutuksen ulkopuolelle

---

<sup>11</sup><https://www.aliexpress.com/item/Partaker-thin-client-Mini-PC-Station-FL120-All-Winner-A20-512MB-RAM-Linux-3-0-RDP/32736472215.html>

### 8.3. Lisensointi, myynti- ja vientimahdollisuudet

Tässä työssä kuvattu DigabiEvo on oppilaskäytön tietojärjestelmän runko, jota voidaan käyttää monissa eri tilanteissa normaalista opetuskäytöstä aina erittäin suurta tietoturvaa vaativiin koetilanteisiin asti. Järjestelmän palvelimen ohjelmisto ja kevyiden asiakaspäätteiden käyttöjärjestelmä ja ohjelmistot ovat suoraan markkinoitavissa kansainvälisesti. DigabiEvo sopii myös suoraan muuhun opiskelukäyttöön esimerkiksi ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa.

Oppimateriaalitoimittajat voivat myydä omia oppisisältöjään ja -järjestelmiään, jotka on siirretty toimimaan DigabiEvon päällä. Erilaiset pilvipalveluissa toimivat järjestelmät eivät vaadi mitään muutoksia, niitä voi suoraan käyttää DigabiEvon kautta. Tämä mahdollistaa monien jo tänä päivänä olemassa olevien järjestelmien helpon käytön DigabiEvo-ympäristössä.

Tekstimuotoiset oppimateriaalit eivät myöskään vaadi mitään muutoksia, näitä voidaan ladata joko palvelimen levyille tai opiskelijan omaan pilvitallennustilaan. Oppimateriaalit voivat olla digitaalisesti suojattuja.

DigabiEvo sopii hyvin käytettäväksi pilvipohjaisen pääpalvelimen (Cloud Master luvussa 4) kanssa. Tällöin opiskelu saadaan täysin ajasta ja paikasta riippumattomaksi, eri kouluissa olevien DigabiEvo-järjestelmien ylläpito saadaan keskitetyksi, ja Big Data voidaan täysin hyödyntää koulutuksessa.

Avoin DigabiEvo-järjestelmä mahdollistaa myös kolmansien osapuolien tekemien lisäosien, kuten esimerkiksi uusien koejärjestelmien, markkinoinnin kansainvälisesti. Potentiaalisena asiakasryhmänä on kaikki koulutuksen järjestäjät peruskoulutuksesta korkeakouluihin ja ammattiopintoihin asti.

## 9. Siirtymä Digabista DigabiEvoon

Nykyinen Abitti-järjestelmä ja tässä esitetty DigabiEvo-järjestelmä perustuvat samaan perusarkkitehtuuriin. Tämän vuoksi vanhaa Abitti-järjestelmää voidaan jatkokehittää niin kauan kuin on tarpeen ja samalla tuoda sen uudet ominaisuudet DigabiEvoon. Tällöin koulut voivat siirtyä käyttämään uutta DigabiEvo-järjestelmää omassa aikataulussaan vaikka yksi luokkatila kerrallaan. Hallittu siirtymä mahdollistaa siirtymävaiheen kustannusten jakamisen useammalle vuodelle.

### 9.1. Kehitysnäkymät

DigabiEvo-järjestelmän tarkoituksena on toimia opiskelukäytön keskeisenä alustana, jonka on toimittajariippumaton ja avoin. DigabiEvon tarkoitus on alussa olla pienimuotoinen järjestelmä, jonka kautta sekä sähköiset ylioppilaskokeet että kurssikokeet voidaan pitää ja jota voidaan hyödyntää tuntiopetuksessa, aluksi pienemmässä määrin ja myöhemmin laajemmin. Olennainen osa järjestelmää on kolmansien osapuolien toimittamat järjestelmät ja sisältö, mutta järjestelmä ei näitä vaadi ollakseen hyödyksi koulukäytössä. Riittävän laaja käyttäjäkunta herättää kiinnostuksen sekä kaupallisissa toimittajissa että avoimen sisällön tekijöissä. Ajan myötä DigabiEvolla on mahdollisuus kasvaa merkittäväksi alustaksi kansallisilla ja myös kansainvälisillä koulujärjestelmien markkinoilla.

Eräänä olennaisena seikkana on järjestelmän tarjoama valmius siirtyä käyttämään laajassa määrin pilvipalveluita koulutuksessa. Opiskelu muuttuu DigabiEvon avulla paikasta ja ajasta riippumattomaksi. Omia laitteita voidaan jatkossakin hyödyntää osana opiskelua, mutta järjestelmä ei vaadi näiden olemassaoloa.

# Liite 1: GNU Free Documentation License

GNU Free Documentation License  
Version 1.3, 3 November 2008

Copyright © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc. <<http://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

## 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

## 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of

formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

The "publisher" means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## **2. VERBATIM COPYING**

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

## **3. COPYING IN QUANTITY**

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the



latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

#### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## **5. COMBINING DOCUMENTS**

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

## **6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS**

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## **7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS**

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## **8. TRANSLATION**

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy's public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document.

## 11. RELICENSING

"Massive Multiauthor Collaboration Site" (or "MMC Site") means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for anybody to edit those works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A "Massive Multiauthor Collaboration" (or "MMC") contained in the site means any set of copyrightable works thus published on the MMC site.

"CC-BY-SA" means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

"Incorporate" means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is "eligible for relicensing" if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing.