

Tämä ohje on osa KoDa – Kokonaisvaltainen datan hallinnointi ja hyödyntäminen (ESR 2017-2019)¹ -hankkeen toimintaa. KoDa on Karelia ammattikorkeakoulun ja Itä-Suomen yliopiston yhteinen hanke, jonka tavoitteena on pienten ja keski suurten yritysten kasvun tukeminen. KoDa tarjoaa yrityksille koulutusta datan käytöstä liiketoiminnan kehittämiseen sekä pienyrityksille soveltuvia työkaluja datan hallinnointiin ja hyödyntämisen tueksi.

¹ <https://www.euraz2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektkoodi=S20980>

Hyperledger Fabric 1.1 asennusohje

Mikko Koponen (päätekijä), Virpi Hotti

Windows-, MacOS-, ja Linux-ympäristöihin

Versio 1.0

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Tietojenkäsittelytiede

Huhtikuu 2018

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Windows-asennus	5
3	MacOS.....	10
4	Debian/Ubuntu Linux	14
5	Centos Linux.....	19
6	Hyperledger Fabric SDK	21
7	Yhteenveto.....	24

1 Johdanto

Lohkoketjuteknologialla (blockchain technology) tarkoitetaan ”avointa, hajautettua, kryptografisesti ketjutettua ja useiden tietokoneiden verkkoon säilöttyä tilikirjaa”¹. Luvanvaraisissa (permissioned) lohkoketjuissa, kuten Hyperledger Fabric, edellytetään lupaa osallistua ”konsensuksen [yksimielisyyden] luomiseen varmistamisessa ja/tai lupaa älykkäiden sopimusten luomiseen lohkoketjun sisällä.

Hyperledger on Linux Foundationin 2015 alullepanema avoimen lähdekoodin projekti, jonka alaisuudessa toimii useampia erilaisia lohkoketjualustoja ja –työkaluja. Projektin tavoitteisiin kuuluu yrityskäyttöön soveltuvien lohkoketjualustojen luominen, yrityskäyttöön soveltuvien lohkoketjualustojen kehittämiseen keskittyneiden teknologiayhteisöjen luominen, sekä suuremman yleisön tavoittaminen lohkoketjuteknologian tarjoamien hyötyjen suhteen.²

Hyperledger Fabric on on Hyperledger-projektin alaisuudessa toimiva lohkoketjualusta, jonka alullepanijat ovat IBM ja Digital Asset. Hyperledger Fabric on tarkoitettu pohjaksi, jolle voidaan kehittää lohkoketjusovelluksia modulaarisella arkkitehtuurilla. Se tukee älykkäitä sopimuksia, joita kutsutaan Hyperledger Fabricin terminologialla termillä ”chaincode” (ketjukoodi.)³

Tämän oppaan tarkoituksena on opastaa käyttäjää vaihe vaiheelta Hyperledger Fabric -alustan ja -kehitysympäristön asennuksessa. Jotta voidaan suorittaa Hyperledger Fabric 1.1 asennus, täytyy ensin asentaa seuraavat ohjelmat/ohjelmistot:

- *Docker CE*. Konttien hallintaohjelmisto (eng container), jolla jaellaan ohjelmistoja ja tiedostoja sekä ohjelmistojen riippuvuuksia isäntäkäyttöjärjestelmästä riippumattomalla tavalla.
- *Go*. Ohjelmointikieli, jossa on natiivi tuki säikeistykselle.
- *Node.js*. Javascript-tulkki, joka mahdollistaa Javascriptin suorittamisen ilman selainta.
- *Git*. Versionhallinta, jolla hallinnoidaan koodimuutoksia ohjelmistokehityksen aikana.

¹ https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140607/AWP_1-2017_Honkanen.pdf?sequence=1

² <https://www.hyperledger.org/about>

³ <https://www.hyperledger.org/projects/fabric>

- *cURL*. Tiedostojen ja muun aineiston latausohjelma.

Kun Hyperledger Fabric on asennettu, asennetaan Fabric CA (Certificate Authority), jota käytetään käyttöoikeuksien ja sertifikaattien hallintaan lohkoketjussa. Fabric CA on mahdollista asentaa natiivisti tai Docker-kuvina. Hyperledger Fabricia on mahdollista käyttää myös ilman Fabric CA:ta, mutta toiminnallisuus on tällöin rajoittuneempi.

Kullekin käyttöjärjestelmälle on laadittu oma erilliset ohjeet: Windows 10 (Luku 2), MacOS (Luku 3), Debian/Ubuntu Linux (Luku 4) ja Centos Linux (Luku 0). Jos halutaan tehdä älykkäitä sopimuksia (smart contracts, chain code), niin tarvitaan SDK:ta (Luku 0).

2 Windows-asennus

Versio: Windows 10 (10.0.16299 Build 16299)

Asennus tapahtuu pääasiassa ladattujen asennustiedostojen avulla, joskin asennuksen yhteydessä on tarpeellista tehdä järjestelmään myös joitakin käyttäjän suorittamia muutoksia.

Docker CE

1. Lataa asennustiedosto

<https://download.docker.com/win/stable/Docker%20for%20Windows%20Installer.exe>

2. Suorita asennustiedosto. Asennusohjelmassa on valittavana useita eri asetusvaihtoehtoja asennuksen edetessä. Ohjelma asennetaan vakioasetuksilla - paina Next (tai Seuraava) painiketta, kunnes asennus on valmis.
3. Lisää käyttäjät `docker-users` käyttäjäryhmään. Mikäli käyttöjärjestelmän kieleksi on valittu suomi, tämä tapahtuu kohdan "Paikalliset käyttäjät ja ryhmät" alta löytyvästä toiminnosta "Ryhvät"
4. Suorita komento `compmgmt.msc` komentokehotteessa (Command Prompt tai WIN + R)
5. Kytke Hyper-V -virtualisointiominaisuus päälle

Lisähuomio: Dockerin Windows-toteutus vaatii Hyper-V -ominaisuuden kytkemistä päälle Windowsin ominaisuuksista, jolloin esimerkiksi VirtualBox-virtualisointiohjelmiston kaikki ominaisuudet eivät toimi. Kirjoitushetkellä 64-bittisten käyttöjärjestelmien virtualisointi ei ole VirtualBoxilla mahdollista, mikäli Hyper-V on otettu käyttöön Windowsin ominaisuuksissa.

Go

1. Tarkista uusin versio osoitteesta <https://golang.org/dl/> ja lataa asennustiedosto. Uusin asennustiedosto löytyi opasta laatiessa osoitteesta <https://dl.google.com/go/go1.9.2.windows-amd64.msi>
2. Aja asennustiedosto
3. Luo työhakemisto. Tässä oppaassa oletetaan, että hakemisto on luotu polkuun `C:\Go\work`. Voit myös luoda työkansion esimerkiksi käyttäjätunnuksen kotikansioon, jolloin ei tarvita asennuksen jälkeen järjestelmänvalvojan oikeuksia. Mikäli luot työkansion käyttäjätunnuksen omaan kotikansioon, muuta alla olevissa ohjeissa mainittu polku `C:\Go\work` osoittamaan oikeaan hakemistoon.
4. Varmista, että `GOPATH` ja `GOROOT` -ympäristömuuttujat ovat määritettynä. `GOROOT` on luultavasti asennusohjelman jäljiltä oikein, mutta `GOPATH` eli Go:n työkansio

täytyy määrittää käsin. Ympäristömuuttujat voidaan määrittää kahdella eri tavalla. Valitse alla olevista menetelmistä Windows PowerShell tai Käyttöliittymä määrittääksesi ympäristömuuttujat:

a. Windows PowerShell

- i. Käynnistä PowerShell-komentotulkki ja aja seuraavat komennot (oletuksena Go on asennettu hakemistoon C:\Go):

```
[Environment]::SetEnvironmentVariable("GOROOT","C:\Go","Machine")
```

```
[Environment]::SetEnvironmentVariable("GOPATH","C:\Go\work","Machine")
```

- ii. Mikäli haluat asettaa ympäristömuuttujan vain nykyiselle käyttäjätunnukselle, vaihda Machine parametrin tilalle User eli aja komennot:

```
[Environment]::SetEnvironmentVariable("GOROOT","C:\Go","User")
```

```
[Environment]::SetEnvironmentVariable("GOPATH","C:\Go\work","User")
```

b. Käyttöliittymä

- i. Paina näppäinyhdistelmää WIN + R. Kirjoita avautuvaan ikkunaan seuraava teksti:

```
rundll32 sysdm.cpl,EditEnvironmentVariables
```

- ii. Kun ympäristömuuttujien muokkaamisen mahdollistava ikkuna avautuu, niin lisää tarvittavat GOPATH ja GOROOT ympäristömuuttujat käyttöliittymän kautta.

Node.js

1. Lataa asennustiedosto seuraavasta osoitteesta:

<https://nodejs.org/dist/v6.9.5/node-v6.9.5-x64.msi>

2. Suorita asennustiedosto. Asennusohjelmassa on valittavana useita eri asetusvaihtoehtoja asennuksen edetessä. Ohjelma asennetaan vakioasetuksilla - paina Next (tai Seuraava) painiketta, kunnes asennus on valmis.
3. Käynnistä komentokehote (Command Prompt tai WIN + R) ja suorita seuraavat komennot asentaaksesi tarvittavat riippuvuudet:

```
npm install --global windows-build-tools  
npm install --global grpc
```

Git

1. Lataa asennusohjelma <https://git-scm.com/download/win>
2. Suorita asennustiedosto. Asennusohjelmassa on valittavana useita eri asetusvaihtoehtoja asennuksen edetessä. Ohjelma asennetaan vakioasetuksilla - paina Next (tai Seuraava) painiketta, kunnes asennus on valmis.

3. Avaa komentokehote (Command Prompt tai WIN + R) ja suorita seuraavat komennot:

```
git config --global core.autocrlf false
git config --global core.longpaths true
```

cURL

1. Tarkista uusin versio osoitteesta <https://curl.haxx.se/download.html> ja lataa uusin versio latausosoitteesta kuten <http://www.confusedbycode.com/curl/>
2. Suorita asennustiedosto

Hyperledger Fabric 1.1

1. Varmista että Docker-taustaprosessi on käynnistettynä. Mikäli taustaprosessi on päällä, Docker-kuvake on näkyvillä Windowsin tehtäväpalkin ilmoitusalueella. Saatat joutua klikkaamaan tehtäväpalkin vasemmassa reunassa olevaa nuolta saadaksesi Docker-kuvakkeen näkyville.
2. Avaa Gitin mukana asentunut Bash-komentorivi suorittamalla seuraava komento komentokehotteessa (Command Prompt tai WIN + R):

```
start "" "%PROGRAMFILES%\Git\bin\sh.exe" -login
```

3. Suorita avautuneella komentorivillä seuraava komento:

```
curl -sSL "https://goo.gl/6wtTN5" | bash -s 1.1.0-preview.
```

Tämä komento lataa cURLin avulla komentojonotiedoston, joka suoritetaan Bash-komentotulkissa. Komentojonotiedosto tunnistaa käytössä olevan alustan ja lataa tarvittavat tiedostot automaattisesti luomaasi kansioon. Komentojonotiedosto lataa asennuksen yhteydessä myös useita Docker-levykuvia.

4. Lisää luomasi kansion bin-alikansio Git Bashin PATH-ympäristömuuttujaan, jotta voit käyttää ohjelmatiedostoja missä tahansa työkansiossa viittaamalla niiden nimiin. Tämä tapahtuu suorittamalla seuraava komento Git Bash -komentorivillä:

```
export PATH=/bin:$PATH
```


Fabric CA

1. Asenna tarvittavat Go-paketit suorittamalla seuraava komento komentokehotteessa (Command Prompt tai WIN + R):

```
go get -u github.com/hyperledger/fabric-ca/cmd/...
```

Komennon aikana saattaa ilmetä virheitä gcc:n puuttumista koskien. Tämä ei ole asennuksen kannalta kriittinen virhe, sillä tässä oppaassa käytetään natiivien ohjelmatiedostojen sijaan Dockeria.

2. Siirry tiedostoselaimella seuraavaan polkuun lisäämällä se tiedostoselaimen osoiteriville ja painamalla ENTER:

```
%GOPATH%\src\github.com\hyperledger\fabric-ca\docker\server
```

3. Tämän oppaan kirjoitushetkellä tuorein Docker-kuva oli x86_64-1.1.0-alpha. Mikäli osoitteeseen on ilmestynyt uudempi levykuva, korvaa kyseinen levykuva alla olevaan image: -riville fabric-ca: -tekstin jälkeen.
4. Muokkaa hakemistosta löytyvää docker-compose.yml -tiedostoa siten, että sisällöksi muodostuu seuraavaa:

```
fabric-ca-server:  
  image: hyperledger/fabric-ca:x86_64-1.1.0-alpha  
  container_name: fabric-ca-server  
  ports:  
    - "7054:7054"  
  environment:  
    - FABRIC_CA_HOME=/etc/hyperledger/fabric-ca-server  
  volumes:  
    - "./fabric-ca-server:/etc/hyperledger/fabric-ca-server"  
  command: sh -c 'fabric-ca-server start -b admin:adminpw'
```

5. Suorita seuraavat komennot komentokehotteessa (Command Prompt tai WIN + R) ladataksesi tarvittavat Docker-levykuvat ja käynnistäaksesi fabric-ca-serverin:

```
cd %GOPATH%\src\github.com\hyperledger\fabric-ca\docker\server  
docker-compose up -d
```

Hyperledger Fabric esimerkit

Hyperledger Fabric esimerkkien asennus tapahtuu käyttöjärjestelmäriippumattomasti:

1. Suorita komentorivillä seuraava komento ladataksesi Hyperledger Fabric -esimerkit:

```
git clone -b master "https://github.com/hyperledger/fabric-samples.git"
```

Tämä luo työhakemistoon alihakemiston nimeltä fabric-samples, johon esimerkit latautuvat. Toimenpide vaatii, että järjestelmäsi on asennettuna Git-versionhallinta.

2. Docker CE saattaa kysyä esimerkkien ajamisen yhteydessä käyttöoikeuksia levyille. Kyselyikkuna saattaa ilmestyä muiden ikkunoiden taakse piiloon, tai hautautua muuten muiden ikkunoiden taakse. Esimerkkien asennus ei etene, mikäli käyttöoikeuksia ei hyväksytä.

3 MacOS

Versio: High Sierra 10.13.2

MacOS-käyttöjärjestelmän tapauksessa Hyperledger Fabricin asennus tapahtuu pääasiallisesti ladattavien asennustiedostojen avulla. Asentamiseen vaaditaan myös joitakin järjestelmään käyttäjän tekemiä muutoksia. Asentaminen vaatii järjestelmänvalvojan oikeudet.

Hyperledger Fabric sertifikaattiauktoriteetin (Fabric CA) asentamiseksi vaaditaan Homebrew-paketinhallinta. Homebrew-paketinhallinnan asennus on kuvattuna Fabric CA:n asennusohjeen yhteydessä.

Docker CE

1. Lataa asennustiedosto osoitteesta (huomaa, että version tulee olla 1.14.0 tai uudempi):

<https://store.docker.com/editions/community/docker-ce-desktop-mac>

2. Suorita asennusohjelma.
3. Käynnistä Docker-ohjelma uudelleen ainakin kerran, jotta Docker CE:n järjestelmään tekemät muutokset tulevat voimaan.

Go

1. Lataa ja asenna Go-ohjelmointikielen version 1.9 uusin aliversio osoitteesta

<https://golang.org/dl/>

2. Tarkista, että `GOPATH` ja `GOPATH` -ympäristömuuttujat on asetettu suorittamalla komentorivillä

```
echo $GOPATH
echo $GOROOT
```

Mikäli komento ei näytä mitään polkua, tai on tarkoituksenmukaista säilyttää Go:n työhakemistoa eri polussa, `GOPATH` -ympäristömuuttuja voidaan määrittää lisäämällä se esimerkiksi kotihakemistosta löytyviin `.bashrc` tai `.bash_profile` -tiedostoihin. Mikäli kumpaakaan tiedostoa ei ole olemassa, luo `.bash_profile` -niminen tekstitiedosto ilman tiedostopäätettä ja lisää sisällöksi seuraavaa:

```
export GOPATH=$HOME/go
```

```
export PATH=$PATH:$GOPATH/bin
```

Node.js

1. Lataa ja asenna Node.js 6.9.5.

<https://nodejs.org/download/release/v6.9.5/nodev6.9.5.pkg>

2. Hyperledgerin dokumentaation mukaan uudemmat versiot eivät ole tuettuja.

Git

1. Lataa ja asenna Git-versionhallinta sivustolta

<https://git-scm.com/download/mac>

cURL

Pitäisi tulla MacOS-käyttöjärjestelmään valmiiksi asennettuna, mutta mikäli sitä ei jostain syystä löydy, lataa ja asenna uusin MacOSille sopiva versio osoitteesta

<https://curl.haxx.se/download.html>

Hyperledger Fabric 1.1

1. Varmista, että Docker-taustaprosessi on päällä. MacOSin tapauksessa tämä tapahtuu varmistamalla, että ilmoituspalkissa on näkyvillä Dockerin kuvake. Mikäli ei ole, käynnistä Docker normaalisti MacOSin ohjelmalistasta.
2. Luo hakemisto, jonne Hyperledger Fabric -ohjelmatiedostot asennetaan. Suorita seuraava komento, joka lataa cURLin avulla Bash-komentotulkissa suoritettavan komentojonotiedoston, komentorivillä siten, että työhakemisto on juuri luomasi kansio:

```
curl -sSL "https://goo.gl/6wtTN5" | bash -s 1.1.0-preview
```

Komentojonotiedosto tunnistaa käytössä olevan alustan ja lataa tarvittavat tiedostot automaattisesti luomaasi kansioon. Komentojonotiedosto lataa asennuksen yhteydessä myös useita Docker-levykuvia. Mikäli asennuksen aikana ilmenee "permission denied"-virheitä, varmista että käyttäjätunnuksesi on lisätty docker-käyttäjärühmään. Tämä tapahtuu komentorivillä seuraavasti.

```
sudo usermod -a -G docker $USER
```

3. Käynnistä lisäämisen jälkeen tietokone uudestaan.
4. Lisää asennuksen valmistuttua luomasi kansion bin-alikansio PATH-ympäristömuuttujaan, jotta voit käyttää ohjelmatiedostoja missä tahansa

työkansiossa viittaamalla niiden nimiin ohjelmatiedoston koko polun sijaan. Tämä tapahtuu lisäämällä `.bashrc` tai `.bash_profile` -tiedostoon seuraava teksti.

```
export PATH=$HOME/Hyperledger/bin:$PATH
```

Ylläolevassa oletetaan, että tiedostot ovat asennettuna kotihakemiston alikansioon nimeltä `Hyperledger`.

Fabric CA

Fabric CA on mahdollista asentaa natiivisti ja lisäksi Docker levykuvina. Docker-levykuvien asennuksen esivaatimuksena on natiiviasennuksen vaiheen 3. suorittaminen.

a. Fabric CA natiiviasennus

1. Asenna Homebrew-paketinhallinta suorittamalla seuraava komento komentorivillä:

```
/usr/bin/ruby -e "$(curl -fsSL\
https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/install/master/install)"
```

2. Suorita komentorivillä riippuvuuksien asentaminen komennolla:

```
brew install libtool
```

3. Asenna `fabric-ca-server` ja `fabric-ca-client` ohjelmatiedostot komennolla:

```
go get -u github.com/hyperledger/fabric-ca/cmd/...
```

b. Fabric CA Docker-kuvat

1. Uusin levykuva opasta kirjoitettaessa oli `x86_64-1.1.0-alpha`. Tarkista osoitteesta <https://hub.docker.com/r/hyperledger/fabric-ca/tags/> uusin levykuva-taggi. Mikäli tarjolla on uudempi yhteensopiva levykuva, vaihda kyseinen levykuva-taggi kohdan 3. asetustiedoston tekstiin. Tagi tulee sijoittaa `image: -riville fabric-ca: -tekstin jälkeen`.
2. Siirry hakemistoon `$GOPATH/src/github.com/hyperledger/fabric-ca/docker/server`
3. Muokkaa hakemistosta löytyvää `docker-compose.yml` -tiedostoa siten, että sisällöksi muodostuu seuraavaa:
`fabric-ca-server:`

```
image: hyperledger/fabric-ca:x86_64-1.1.0-alpha
container_name: fabric-ca-server

ports: "7054:7054"
environment: FABRIC_CA_HOME=/etc/hyperledger/fabric-ca-server
volumes: "./fabric-ca-server:/etc/hyperledger/fabric-ca-server"
command: sh -c 'fabric-ca-server start -b admin:adminpw'
```

4. Suorita seuraavat komennot komentokehoteessa ladataksesi tarvittavat Docker-levykuvat ja käynnistäaksesi fabric-ca-serverin:

```
cd $GOPATH/src/github.com/hyperledger/fabric-ca/docker/server
docker-compose up -d
```

[Hyperledger Fabric esimerkit](#)

Katso Windows Hyperledger Fabric esimerkit

4 Debian/Ubuntu Linux

Versio: Ubuntu Linux 17.10 Artful

Asentaminen tapahtuu pääasiassa paketinhallinnan avulla. Asentaminen vaatii myös joitakin käyttäjän järjestelmään tekemiä muutoksia. Asentaminen vaatii järjestelmänvalvojan oikeudet.

Järjestelmä

1. Päivitetään käyttöjärjestelmän paketit uusimpaan versioon epäyhteensopivuuksien välttämiseksi

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

2. Mikäli käytät Ubuntu versiota 16.04, on tarpeen asentaa Python 2.7 paketinhallinnan kautta:

- Suorita komentorivillä seuraava komento:

```
sudo apt-get install python
```

- Varmista Pythonin oikea versio komennolla:

```
python -version
```

3. Asennetaan ohjelmistojen lähdekoodista kääntämiseen tarvittavia työkaluja seuraavilla komentorivikomennolla

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install build-essential
```

Docker CE

Seuraavat komennot suoritetaan komentorivillä:

1. Poistetaan Dockerin vanha versio. Mikäli vanha versio ei ole asennettuna, tätä vaihetta ei tarvitse tehdä.

```
sudo apt-get -y remove docker docker-engine docker.io
```

2. Asennetaan tarvittavat paketit Dockerin pakettivaraston käyttämiseksi:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install -y apt-transport-https ca-certificates
wget software-properties-common
```

3. Lisätään Docker-pakettivaraston GPG-varmennusavain pakettinhallintaan:

```
sudo wget "https://download.docker.com/linux/debian/gpg"
sudo apt-key add gpg
```

4. Lisätään Dockerin pakettivaraston osoite pakettinhallinnan saataville ja päivitetään pakettitietokanta:

```
echo "deb [arch=amd64]
https://download.docker.com/linux/$(lsb_release -is|tr
'[:upper:]' '[:lower:]') $(lsb_release -cs) stable" |
sudo tee -a /etc/apt/sources.list.d/docker.list
sudo apt-get update
```

5. Varmistetaan, että Dockerin pakettivaraston osoite on mennyt pakettinhallinnan tietokantaan. Tulosten osoitteissa tulisi näkyä osoite <https://download.docker.com/linux/>

```
sudo apt-cache policy docker-ce
```

6. Asennetaan Docker CE pakettinhallinnan kautta:

```
sudo apt-get -y install docker-ce docker-compose
```

7. Käynnistetään varmuuden vuoksi Dockerin taustaprosessi vielä käsin:

```
sudo systemctl start docker
```

8. Jos haluat, että Docker käynnistyy järjestelmän käynnistyksen yhteydessä automaattisesti, ajetaan vielä seuraava komento:

```
sudo systemctl enable docker
```

9. Lisätään käyttäjä docker-käyttäjryhmään:

```
sudo usermod -a -G docker $USER
```

10. Käynnistä tietokone käyttäjryhmään lisäämisen jälkeen uudestaan, jotta muutos tulee voimaan.

[Go](#)

Lataa ja asenna Go-kieli pakettinhallinnan kautta.

1. Ladataan Go-kielen uusin 1.9.x aliversio. Kirjoittamishetkellä se on 1.9.2. Uusin versio löytyy osoitteesta <https://golang.org/dl/>. Suorita seuraava komento komentorivillä

```
wget "https://storage.googleapis.com/golang/go1.9.2.linux-amd64.tar.gz"
```

Puretaan ladattu paketti, ja siirretään se haluamaamme hakemistoon. Tämä voi olla `/usr/local`, tai vaikkapa alihakemisto kotihakemistossa. Alla kuvattuna komennot siinä tapauksessa, että Go:n asennus siirretään hakemistoon `/usr/local`:

```
sudo tar -xvf go1.9.2.linux-amd64.tar.gz
sudo mv go /usr/local
```

2. Luo Go-kielille työhakemisto esimerkiksi käyttäjätilesi kotihakemistoon.
3. Määritetään `GOPATH`- ja `GOROOT`-ympäristömuuttujat. `GOPATH`-ympäristömuuttuja määrittää Go:n työhakemiston, eli se on syytä asettaa osoittamaan siihen hakemistoon, jossa koodia aiotaan työstää. Nämä ympäristömuuttujat voidaan määrittää lisäämällä ne esimerkiksi kotihakemistosta löytyviin `.bashrc` tai `.bash_profile` -tiedostoihin. Mikäli kumpaakaan tiedostoa ei ole olemassa, luo `.bash_profile` -niminen tekstitiedosto ilman tiedostopäätettä ja lisää sisällöksi alla oleva teksti. Muista muuttaa `GOROOT`-ympäristö muuttujan polku, mikäli siirsit Go:n asennuksen johonkin muuhun hakemistoon.

Alla olevassa oletetaan, että Go-kielen työhakemisto on luotu suoraan käyttäjän kotihakemiston alle.

```
export GOPATH=$HOME/go export
GOROOT=/usr/local/go export
PATH=$PATH:$GOPATH/bin:$GOROOT/bin
```

4. Tarkista, että `GOPATH`-ympäristömuuttuja on asetettu suorittamalla seuraava komento.

```
echo $GOPATH
```

Muutoksien näkyminen voi vaatia komentokehotteen uudelleenkäynnistämisen.

cURL

1. Ladataan ja asennetaan cURL paketinhallinnan kautta.
2. Suorita seuraavat komennot komentorivillä:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install curl
```

Node.js

1. Ladataan ja asennetaan Node.js versio 6. Suorita seuraava komento komentorivillä.

```
curl -sL https://deb.nodesource.com/setup_6.x | sudo -E bash
sudo apt-get install -y nodejs
```

Git

1. Ladataan ja asennetaan Git-versionhallinta paketinhallinnan kautta. Suorita seuraavat komennot komentorivillä.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install git
```

Hyperledger Fabric 1.1

Muutoin kuin MacOS, mutta varmista ensin, että Docker-taustaprosessi on päällä. Linuxilla taustaprosessin päälläolon tarkistus tapahtuu suorittamalla seuraava komento komentorivillä:

```
systemctl status docker
```

Mikäli Dockerin taustaprosessi ei ole päällä, suorita seuraava komento, joka käynnistää taustaprosessin:

```
sudo systemctl start docker
```

Fabric CA

Tässä kappaleessa on kuvattu Fabric CA:n asentaminen natiivisti.

1. Asennetaan riippuvuudet paketinhallinnan kautta. Suorita seuraavat komennot komentorivillä:

```
sudo apt update
```

```
sudo apt upgrade  
sudo apt install libtool libltdl-dev
```

2. Asenna fabric-ca-server ja fabric-ca-client ohjelmatiedostot komennolla:

```
go get -u github.com/hyperledger/fabric-ca/cmd/...
```

[Fabric CA Docker-kuvat](#)

Katso MacOS Fabric CA

[Hyperledger Fabric esimerkit](#)

Katso Windows Hyperledger Fabric esimerkit

5 Centos Linux

Versio: CentOS Linux 7.4.1708

Asentaminen tapahtuu pääasiassa paketinhallinnan avulla. Asentaminen vaatii myös joitakin käyttäjän järjestelmään tekemiä muutoksia. Asentaminen vaatii järjestelmänvalvojan oikeudet.

Suorita annetut komennot komentorivillä.

Järjestelmä

1. Päivitetään käyttöjärjestelmän paketit uusimpaan versioon epäyhteensopivuuksien välttämiseksi

```
sudo yum upgrade
```

2. Asennetaan ohjelmistojen lähdekoodista kääntämiseen tarvittavia työkaluja seuraavalla komentorivikomennolla:

```
sudo yum groupinstall 'Development Tools'
```

Docker CE

Alla olevat komennot suoritetaan komentorivillä.

1. Asennetaan Docker CE:n tarvitsemat paketit:

```
sudo yum install -y yum-utils device-mapper-persistent-data lvm2
```

2. Lisätään Dockerin pakettivarasto paketinhallintaan:

```
sudo yum-config-manager --add-repo  
"https://download.docker.com/linux/centos/docker-ce.repo"
```

3. Asennetaan Docker CE

```
sudo yum install epel-release  
sudo yum install docker-ce docker-compose
```

4. Käynnistetään Dockerin taustaprosessi:

```
sudo systemctl start docker
```

5. Jos haluat, että Docker käynnistyy järjestelmän käynnistyksen yhteydessä automaattisesti, ajetaan vielä seuraava komento:

```
sudo systemctl enable docker
```

6. Lisätään käyttäjä docker-käyttäjryhmään:

```
sudo usermod -a -G docker $USER
```

7. Käynnistä tietokone käyttäjäryhmään lisäämisen jälkeen uudestaan, jotta muutos tulee voimaan.

[Go](#)

Katso Debian/Ubuntu [Go](#)

[cURL](#)

1. Ladataan ja asennetaan cURL paketinhallinnan kautta.
2. Suorita seuraavat komennot komentorivillä:

```
sudo yum update
sudo yum install curl
```

[Node.js](#)

1. Ladataan ja asennetaan Node.js versio 6:

```
curl -sL "https://rpm.nodesource.com/setup_6.x" | sudo bash
sudo yum install -y nodejs
```

[Git](#)

1. Ladataan ja asennetaan Git-versionhallinta paketinhallinnan kautta
2. Suorita seuraavat komennot komentorivillä.

```
sudo yum update
sudo yum install git
```

[Hyperledger Fabric 1.1](#)

katso Debian/Ubuntu [Hyperledger Fabric 1.1](#)

[Fabric CA](#)

1. Suorita komentorivillä:

```
sudo yum install libtool libtool-ltdl-devel
```

2. Asenna fabric-ca-server ja fabric-ca-client ohjelmatiedostot:

```
go get -u github.com/hyperledger/fabric-ca/cmd/...
```

[Fabric CA Docker-kuvat](#)

[Katso MacOS Fabric CA](#)

[Hyperledger Fabric esimerkit](#)

[Katso Windows Hyperledger Fabric esimerkit](#)

6 Hyperledger Fabric SDK

Hyperledger Fabricin kanssa vuorovaikuttamista silmällä pitäen on järkevää asentaa jokin SDK, eli ohjelmistokehityspakkaus. Ohjelmistokehityspakkaus tarjoaa rajapinnan Hyperledger Fabricin käyttöön eri ohjelmointikielille. Dokumentaation mukaan tällä hetkellä on tarjolla ohjelmistokehityspakkaukset Node.js:lle sekä Javalle. Go-kielen ja Pythonin ohjelmistokehityspakkaukset ovat kehitteillä.

Kunkin ohjelmistokehityspakkauksen ominaisuuksiin ja rajoitteisiin kannattaa tutustua ajatuksella projektien Github- tai muilla sivuilla.

Go-kielelle suunnattu ohjelmistokehityspakkaus on löydettävissä Githubista, ja näyttää suhteellisen toimintakuntoiselta. Pythonin Githubista löytyvä ohjelmistokehityspakkaus näyttää olevan vielä kehitysvaiheessa.

[Node.js SDK](#)

Node.js ohjelmistokehityspakkaus on asennettavissa komennolla

```
npm install -g fabric-client
```

[Java SDK](#)

Erillistä asennusta ei tarvita, vaan asennus tapahtuu Mavenin kautta riippuvuutena projektin rakentamisen yhteydessä. Tämä tapahtuu lisäämällä projektin pom.xml tiedostoon seuraavat tagit

```
<dependencies>
  <dependency>
    <groupId>org.hyperledger.fabric-sdk-java</groupId>
    <artifactId>fabric-sdk-java</artifactId>
    <version>1.0.1</version>
  </dependency>
</dependencies>
```

[Go SDK](#)

Go:n ohjelmistokehityspakkaus on asennettavissa seuraavalla komennolla

```
go get -u github.com/hyperledger/fabric-sdk-go
```

Python SDK

Windows-yhteensopivuudesta ei toistaiseksi mainintaa Github-sivulla. Luultavasti projektin edetessä tuki paranee.

Pythonin ohjelmistokehityspakkaus on asennettavissa seuraavilla komennoilla:

- **Debian/Ubuntu Linux**

```
sudo apt-get install python-dev python3-dev libssl-dev
```

- **CentOS Linux**

```
sudo yum install python-devel python3-devel openssl-devel
```

- **MacOS**

```
brew install python python3 openssl
```


7 Yhteenveto

MacOS-asennus toimi pohjana asennusohjeille. Windows-asennusohjeet on läpikäyty kokeellisen asennuksen avulla tietojenkäsittelytieteen laitoksella. Linux-asennusohjeet on läpikäyty virtuaalikoneasennuksina.

Koska opas laadittiin alun alkaen pääasiassa MacOS-käyttöjärjestelmällä suoritettuna asennuksen perusteella, oppaassa ei ilmennyt erityisiä ennakoimattomia ongelmia MacOS-käyttöjärjestelmän osalta. Asennuksessa ei opasta laatiessa ilmennyt mitään täysin ennakoimattomia ongelmia, ja MacOS-asennus oli käyttöjärjestelmistä dokumentin laatijan kokemuksen perusteella vaivattomin. On kuitenkin todettava, että alkuperäiseen asennukseen käytetty MacOS-järjestelmä ei ollut puhdas asennus, joten on olemassa mahdollisuus, että puhtaasta MacOS-asennuksesta puuttuu jokin riippuvuus, jota oppaassa ei ole mainittu. Opasta laadittaessa ei kuitenkaan ollut saatavilla puhdasta MacOS-asennusta, joten asiaa ei ollut mahdollista testata.

Windows 10 -asennus osoittautui ohjetta testatessa kolmesta tuetusta käyttöjärjestelmästä haastavimmaksi. Esimerkiksi Docker CE:n vaatima Hyper-V virtualisointituki -vaatimus, joka ilmenee vain Windows-käyttöjärjestelmällä, asettaa käyttöjärjestelmän muulle käytölle sellaisia rajoituksia, joita ei muilla käyttöjärjestelmillä ilmennyt. Windowsin graafinen luonne hankaloittaa tekstimuotoisen oppaan laatimista, sillä graafiseen käyttöliittymään liittyviä toimintoja on vaikeampi kuvata kirjallisessa muodossa kuin komentorivillä suoritettavia toimintoja. Windows PowerShell helpottaa hieman tilannetta, mahdollistaen joidenkin asennustoimintojen, kuten Go:n ympäristömuuttujien, määrittämisen komentorivillä.

Linux-asennus sujui sekä Ubuntu- että CentOS-käyttöjärjestelmillä ohjetta testatessa ilman suuria ongelmia. Linux-jakeluiden yleinen tapa hallinnoida ohjelmistoasennuksia modulaarisina versioituina paketteina aiheutti pientä päänvaivaa Hyperledger Fabricin vaatiessa hyvinkin tarkkoja versioita joistakin riippuvuuksista, mutta työkalut näiden ongelmien ratkaisemiseksi olivat yleisesti hyvin tarjolla riippuvuuksien ylläpitäjien toimesta.