

18

Johdatus sulautettuun Linuxiin

Sulautetulla käyttöjärjestelmällä tarkoitetaan johonkin muuhun laitteeseen kuin varsinaiseen tietokoneeseen mukautettua käyttöjärjestelmää. Esimerkkejä tällaisista laitteista löytyy jokaisesta kodista ja useista taskuista. Linux on tällä hetkellä yleisin sulautettu käyttöjärjestelmä. On hyvinkin mahdollista ja joidenkin laitetyyppien osalta erittäin todennäköistä, että jo omistat laitteen, johon on sulautettu Linux. Onko sinulla ADSL-modeemi, Sonyn taulu-TV, verkkoliitännäinen ulkoinen kiintolevy, navigaattori tai WLAN-tukiasema? Niistä todennäköisesti löytyy Linux.

Sulautettu Linux voi äkkiseltään kuulostaa pelottavalta tai vaikealta, mutta jos Linux-kokemuksesi juontaa varhaisilta ajoilta, sulautettu Linux voi tuntua hyvinkin kodikkaalta.

Laitteiden käyttöön se, että niiden käyttöjärjestelmä on Linux, ei tietenkään vaikuta. Lähes poikkeuksetta jo senkin selvittäminen, että Linux löytyy laitteesta, voi vaatia tietoa ja taitoa. Seuraava ja vielä suurempi vaikeus on päästä käyttämään suoraan näiden laitteiden Linuxia.

18.1 Ensimmäinen sulautetun Linuxin laite

Tutustuminen sulautettuun Linuxiin kannattaa aloittaa laitteella, joka on mahdollisimman samankaltainen kuin normaali tietokone. Useimmissa sulautetuissa laitteissa ei ole kiintolevyä ja useista puuttuu verkkoliitäntä. Verkkoliitäntä on erityisen tärkeä, sillä sen avulla laitteeseen voidaan saada ssh-yhteys eikä laitteeseen tarvitse yrittää liittää minkäänlaista näyttölaitetta,

joka useimmiten olisi mahdotontakin ilman kolvia ja laajaa elektroniikan tietämystä.

Helppo laite on esimerkiksi verkkoliitäntäinen kiintolevy. Ne ovat onneksi melko halpoja ja lisäksi varsin hyödyllisiä.

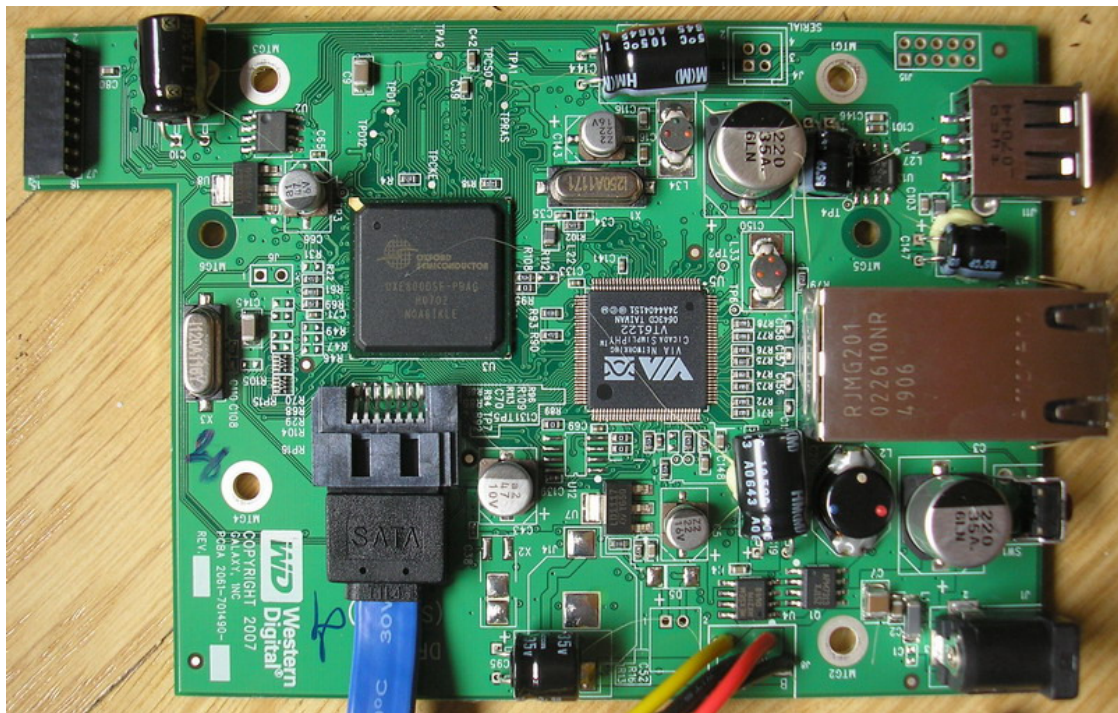
18.1.1 Western Digital My Book World Edition

Joissakin verkkokiintolevyissä käyttöjärjestelmä on flash-muistilla, jolloin mm. ssh-palvelimen käynnistäminen voi olla hankalampaa. My Bookissa Linux on asennettu kiintolevylle ja sen voi vaikka irrottaa, liittää tavalliseen tietokoneeseen, muokata käynnistysasetuksia, asentaa takaisin ja sen jälkeen ohjata sitä ssh-yhteyden kautta.

Kirjoitushetkellä yhden teratavun My Book maksaa noin 150 Euroa ja pelkkä kiintolevy noin 105 Euroa, joten uuden Linux-palvelimen saa 45 Eurolla!. Jatkossa esitetyt tiedot koskevat vanhempaa 500 Gt mallia. Laitteen virrankulutus on vain 18 W keskimäärin ja maksimissaan 20 W, joten se soveltuu varsin hyvin kotipalvelimeksi. Muut keskeiset laitteistotiedot ovat:

CPU	ARM926EJ, 200 MHz
RAM	32 Mt
Ethernet	VIA Networking Velocity Family Gigabit Ethernet
Muut liitännät	USB 2.0, SATA sisäiselle kiintolevylle
Kiintolevy	500 GB WD SATA SE 7200 RPM, muita kokoja saatavilla

My Bookista on useita variaatioita. II mallinimen lopussa tarkoittaa kahden levyn mallia, Pro firewire-liitäntää ja World Ethernet-liitäntää. Levykapasiteetit vaihtelevat myös aina kahteen teraan asti.



Kuva 18.1: My Bookin “emolevy”. Kaksi suurinta piiriä ovat OXE800SE, johon on mm. integroitu 200 MHz ARM9 -prosessori ja SATA-kontrolleri sekä VIA VT6122 gigabitin Ethernet -piiri. Oikealla on kotelo ulkopuolelle tulevat liitännät, jotka ovat ylhäältä lukien: USB, Ethernet ja virta. Alhaalta vasemmalta lähtee SATA-kaapeli.

My Book World Editionin komentoriville pääsy

Western Digital My Book World Editionissa on ssh asennettuna, mutta ei käynnistettynä. Jos et halua avata koteloä ja siirtää kiintolevyä tavalliseen tietokoneeseen, löytyy sivulta <http://martin.hinner.info/mybook/sshaccess.php> ohje, miten ssh käynnistetään. Toinen tapa on mielenkiintoisempi. Sivustolla <http://mybookworld.wikidot.com/> on paljon yhteisöllisesti tuotettua tietoa My Bookista ja mm. ohjeet kuvineen koteloä avaamiseen tiedostossa [http://geekoh.com/mybook/docs/Open and Remove Drive from MyBook WE.pdf](http://geekoh.com/mybook/docs/Open%20and%20Remove%20Drive%20from%20MyBook%20WE.pdf). Kun olet siirtänyt kiintolevyn tavalliseen tietokoneeseen ja liittänyt sen, avaa tiedosto `/etc/inetd.conf` ja poista kommenttimerkki riviltä, jonka alussa on `ssh stream tcp nowait...` Samalla kannattaa poistaa mionetin käynnistyminen `/etc/init.d/post_network_start.sh`-skriptistä lisäämällä kommenttimerkki (`#`) rivin `SCRIPTS_PATH/mionet.sh start` alkuun. Mionet on hidas ja syö paljon muis-

tia.

Kun olet käynnistänyt jälleen My Bookin ja kirjautunut sisään ssh-yhteydellä, on aika hieman tutkia minkälainen laite se on.

My Book World Editionin keskeiset tiedot

```
root@MyBookWorld ~]# df
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
rootfs          2.8G  291M  2.4G  11% /
/dev/root       2.8G  291M  2.4G  11% /
/dev/md3        950M   19M  883M   3% /var
/dev/md4        455G   65G  390G  15% /shares/internal
[root@MyBookWorld ~]# fdisk -l
```

```
Disk /dev/sda: 500.1 GB, 500107862016 bytes
255 heads, 63 sectors/track, 60801 cylinders
Units = cylinders of 16065 * 512 = 8225280 bytes
```

Device	Boot	Start	End	Blocks	Id	System
/dev/sda1		4	369	2939895	fd	Linux raid autodetect
/dev/sda2		370	382	104422+	fd	Linux raid autodetect
/dev/sda3		383	505	987997+	fd	Linux raid autodetect
/dev/sda4		506	60801	484327620	fd	Linux raid autodetect

USB-liitäntään kytketyt kiintolevyt ilmestyvät automaattisesti `/shares/external-hakemistoon`. Huomaa, että käyttöjärjestelmälle varatuilla osioilla on runsaasti vapaata tilaa lisäohjelmien asennukseen.

```
root@MyBookWorld ~]# free
              total        used         free       shared    buffers     cached
Mem:           30032        28840         1192           0          668        7548
-/+ buffers/cache:  20624         9408
Swap:          104312        11896         92416
```

Keskusmuistia on hieman niukasti useiden palveluiden käynnistämiseen. Ylläoleva listaus sisältää kuitenkin mionetin ja sen pysäyttäminen vapauttaa runsaasti muistia:

```
[root@MyBookWorld ~]# /etc/init.d/mionet.sh stop
Stopping mionet
Shutting down monitorCVM:
Shutting down changeNotifySocket:
Shutting down MioNet:
Verify: Now monitorCVM is Not running
Verify: Now changeNotify is Not running
Verify: Now Mionet is Not running
```

```
[root@MyBookWorld ~]# free
```

```

                total        used        free      shared    buffers     cached
Mem:           30032        20068        9964         0         888         7580
-/+ buffers/cache: 11600        18432
Swap:          104312         9340         94972

```

Suorituskyky

Kiintolevyn lukunopeus saadaan selville vakiokomennolla:

```

# hdparm -Tt /dev/sda

/dev/sda:
Timing cached reads:   272 MB in  2.01 seconds = 135.24 MB/sec
Timing buffered disk reads:  56 MB in  3.09 seconds = 18.14 MB/sec

```

Nopeus on pettymys. 500 Gt kiintolevyn lukunopeuden (buffered disk reads) pitäisi olla noin 60 Mt/s. Entä sitten levyn nopeus verkon yli NFS:llä?

```

time dd if=Terraario-6.11.2005.mp3 of=/dev/null
453999+1 records in
453999+1 records out
232447705 bytes (232 MB) copied, 30.1893 s, 7.7 MB/s

```

Näistä tuloksista voidaan päätellä, että laitteen prosessori on liian hidas verrattuna liitännöihin (Ethernet, SATA, USB).

Muiden vastaavien laitteiden nopeustestejä löytyy osoitteesta buffalo.nas-central.org (kaikki ovat Buffalon valmistamia malleja, paitsi MSS II (Maxtor Shared Storage II)).

Malli/CPU	LS1 PPC	LS2 MIPS	HG PPC	LS-GL ARM	KuroPro ARM	MSS II ARM
Kellotaajuus	200 Mhz	400 Mhz	266 Mhz	400 Mhz	500 Mhz?	500 MHz
Firmware	FreeLink 1.1	OpenLink 0.52b	FreeLink 1.11	Debian	FreeLink 0.1dev	3.1.28
RAM-nopeus, Mt/s	142,00	117,43	228,00	306,00	147,26	166,23
Levyn nopeus, Mt/s	30,67	35,16	43,71	17,91	47,84	44,76

Nopeudet ovat hieman hämmentäviä. Vaikuttaa siltä, että joissakin laitteissa on liian hidasta muistia ja toisissa taas ehkä levyn liitännä on hidaste, joten prosessorin nopeus ei aina ole määräävä tekijä.

Asennetut ohjelmat

My Bookissa on suuri 2,8 Gt osio vain Linuxin käyttöön. Sinne on vakiona asennettu jo melkoinen määrä keskeisiä palvelinohjelmia, kuten:

- Samba ja swat
- NFS
- lighttpd www-palvelin
- ssh
- mionet

Kun painat sarkainnäppäintä kahdesti, `bash` kysyy haluatko nähdä kaikki mahdolliset komennot tai ohjelmat. Vakiona niitä on lähes 500 mukaanlukien niinkin suuria kuin `gcc` ja `perl`.

Lisäohjelmien asentaminen

Sivulla <http://mybookworld.wikidot.com/first-steps-with-mbwe> on ohjeet `ipkg`-nimisen pakettienhallintaohjelman asennukseen. Se on samantapainen kuin `yum` eli toimii komentoriviltä ja selvittää riippuvuudet automaattisesti. Se ei kuitenkaan ole aivan ongelmaton ja usein uuden paketin asennuksen jälkeen on erikseen ajettava `ldconfig`.

Kun seuraat ohjeita `ipkg:n` asentamiseksi, huomaat varmaan, että se käyttää Optwaren pakettivarastoja ja niitä ylläpitää NSLU2-projekti. NSLU2-projektiin tutustumme myöhemmin tarkemmin.

Edustava valikoima käyttökelpoisimpia lisäohjelmia löytyy esimerkiksi sivulta <http://mybookworld.wikidot.com/hacks-and-howto> otsikon `Tips & Modifications` alta. Osa ohjelmista kuuluu vakioasennukseen, mutta sivulla on linkit ohjeisiin, miten ne otetaan käyttöön ja konfiguroidaan. Melko monet niistä ovat vähemmän tunnettuja vähäisillä resursseilla, etupäässä muistilla, toimeen tulevia ohjelmia. Useissa ohjeissa neuvotaan kääntämään ohjelma lähdekoodista, mutta vähemmällä vaivalla pääsee asentamalla Optwaren paketti `ipkg`-ohjelmalla. Sivun lista ohjelmista on kuitenkin hyvä katsaus ohjelmiin, jotka ovat muiden käyttäjien mielestä hyödyllisiä ja sopivia My Bookille.

Kun olet asentanut `ipkg:n`, näet tarjolla olevat ohjelmapaketit komennolla `ipkg list`. Kun lisäät vielä loppuun `| wc -l`, näet, että niiden lukumäärä on yli tuhat. `ipkg install <package>` asentaa paketin ja `ipkg list_installed` listaa jo asennetut. Huomaa kuitenkin, että vakioasennuksen ohjelmat eivät ole pakettienhallinnan piirissä.

Yleisvaikutelma My Bookista

Vuodesta 1998 alkaen minulla oli palvelimena kahdella 120 MHz Pentiumilla varustettu kone. Muistia siinäkin oli 32 Mt, vaikka muistikampojen paikkoja oli 16 kpl ja 4 Mt SIM-kampojen kanssa kokonaisuistiksi tuli 64 Mt, mutta silloin koneesta tuli hieman epävaka. Sähköä se vei varmasti yli 200 W eli yli kymmenkertaisesti My Bookiin verrattuna. Poistin sen käytöstä jo muutama vuosi sitten. My Book on kuitenkin paljon pienempi, levytilaa reippaasti enemmän, sähköä kuluu vain murto-osa eli se on vielä varsin käyttökelpoinen, jos ei palvelimena, kun nurkissa on paljon nopeampiakin koneita, niin vain liikuteltavana levypalvelimena. Jos muita koneita ei olisi kertynyt niin paljon, My Book olisi ihan järkevä palvelimenakin.

Ohjelmiston osalta My Book on varsin helppo, jos on tottunut konfiguroimaan Linuxia komentoriviltä. Toimiva pakettienhallinta ja runsas valmiiden pakettien tarjonta tarkoittavat, että kovin suuria ongelmia ei pitäisi tulla vastaan erikoisemmissakaan projekteissa.

Toisaalta My Book on varsin rajoittunut esimerkiksi liitäntöjen suhteen, joten se tietysti rajoittaa mahdollisia käyttökohteita. Esimerkiksi VIA:lla on varsin monipuolinen valikoima erilaisia sulautetuiksi järjestelmiksi soveltuvia emolevyjä myös koteloituina. Tosin niiden hintakin on selvästi korkeampi kuin 45 Euroa.

18.1.2 Kuluttajille suunnattujen NAS-laitteiden vertailua

Verkkoliitäntäisiä kiintolevyjä (NAS, Network Attached Storage) on tarjolla usealta valmistajalta ja yhdelläkin valmistajalla on yleensä useita erilaisia malleja eikä pelkästään variaatioita yhdestä mallista. Alla olevassa taulukossa on keväällä 2008 kerättyjä tietoja mielenkiintoisista edullisista malleista. Hinnat ovat verkkokauppa.com:ista ja lacie.com:sta. Vertailtavaksi on valittu 500 Gt kiintolevyllä varustettuja ja jos sellaista ei ollut saatavilla, 1 Tt kiintolevyllä. Tuotteen valinta taulukkoon ei tarkoita sitä, että suosittelisin sitä, mutta toivottavasti taulukko antaa kuvaa markkinoiden moninaisuudesta ja valinnan vaikeudesta.

Laite	WD My Book	Buffalo LinkStation Pro/Live	Maxtor Shared Storage II 1TB	LaCie Ethernet Disk mini	LaCie Ethernet Disk	LaCie Ethernet Disk RAID
CPU	200 MHz ARM9	400 MHz ARM9	500 MHz ARM9	400 MHz ARM9	1 GHz Via C7	400MHz Intel 80219
RAM	32 MB	128 MB	64 MB	64 MB	256 MB	256 MB
OS	Linux 2.6.17.14	linux-2.6.12	Linux 2.6.12.6	Linux?	Windows XP Embedded	Linux?
Liitännät	Eth, USB	Eth, USB	Eth, 2 x USB	Eth, USB	Eth, USB	2 x Eth, 2 x USB
Hinta	143.90	182.90	247.90, 1 TB	200.90 / 179,00	649,00, 1 TB	919,00, 1 TB

Kaikkien laitteiden Ethernet-liitäntöjen nopeudet ovat 10/100/1000 Mbps ja USB-liitännät ovat USB 2.0 -standardin mukaisia. USB-liitännät on tarkoitettu lisäkiintolevyjen liittämiseen, mutta niitä voi luultavasti käyttää muidenkin laitteiden liittämiseen. Laitteiden BIOS ei kuitenkaan todennäköisesti tue esimerkiksi USB-näppäimistöä, joten tuki on saatavilla vasta Linuxin kautta.

Melko monissa NAS-laitteissa käyttöjärjestelmä on asennettu flash-muistille ja sen takia niiden muokkaaminen voi olla vaikeampaa. Esimerkiksi Buffalon valmistamissa laitteissa flash-muistia on tyypillisesti 256 kilotavusta 4 megan. Osoitteessa <http://buffalo.nas-central.org/> on kuitenkin vielä enemmän tietoa ja ohjeita kuin osoitteessa <http://mybookworld.wikidot.com/>, joten niitä lienee turha pelätä.

Yllä olevassa taulukossa kaksi viimeistä laitetta eivät enää ole aivan tavallisille kuluttajille suunnattuja, mutta on mielenkiintoista havaita, että ne alkavat muistuttaa jo enemmän tavalista tietokonetta. Näyttää siltä, että halvimmat mallit, joissa on ARM, PPC tai MIPSin prosessori, eivät enää pysty vastaamaan nykyaikaisten levyjen suorituskykyyn ja varsinkin, jos halutaan useampia levyjä ja RAIDia suorituskyvyn lisäksi, päädytään melko tavanomaiseen x86-tietokoneen kokoonpanoon.

18.2 Sulautetuissa laitteissa käytettyjen prosessorien nopeusvertailua

Eräs tapa testata prosessorin nopeutta on komento `openssl speed`. Alla olevassa taulukossa "bogohertsit" on laskettu siten, että 3,06 GHz Celeronin nopeus on otettu referenssiksi ja sen arvo on 3000 MHz. Tulos on laskettu 64 tavun aes-128 cbc salauksen nopeuden perusteella.

prosessori	MHz	BogoHz	Tehonkulutus
Xeon 5160	3000	2562	
Opteron 244	1800	1830	
Athlon64 X2 4200+	2200	2369	
WRT54GL, ARM 9	200	51	5
My Book World, ARM 9	200	33	18
Maxtor Shared Storage II, ARM 9	500	98	15,5
VIA C7	1500	558	28
Celeron-M	900	549	14
Intel Atom 330	1600	790	48

Kaikki ARM 9 -pohjaiset laitteet sisältävät eri valmistajien piirit. ARM-ydin on lisensoitu useille valmistajille ja varsinaisen prosessorin lisäksi samaan piiriin on integroitu useita muita toimintoja. Nopeuteen vaikuttaa tietysti myös muistien koot ja nopeudet. Myös openssl:n versio ja käännösoptimoinnit vaikuttavat tulokseen, joten tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia.

Tehonkulutus on mitattu verkkovirran kulutuksena eli se on koko laitteiston kulutus. Sulautetuissa laitteissa sähkön kulutus on usein erittäin tärkeä kriteeri. Esimerkiksi Maxtor Shared Storage II, jossa on 8,2 W lepotilassa kuluttava kiintolevy syö kaikkiaan 15,5 W eli muuntajan hukkateho ja "emolevyn" kulutus ovat yhteensä vain 7,3 W. VIA C7:n lisäksi tehoa soi vain flash-levy ja virtalähde. Intel Atom 330:n lisäksi Jetwayn JNC92-emolevyyyn oli liitetty 3,5" kiintolevy ja tavallinen ATX-virtalähde. Jetwayn emolevyllä piirisarjan päällä on jäähdytyslevyn lisäksi tuuletin, mutta prosessori tulee toimeen pelkällä passiivijäähdytyksellä. 900 MHz Celeron-M:n tehonkulutus on mitattu Asus EeePC 701:n lepotilassa ilman akkua ja näyttö päällä.

Vertailun vuoksi mukana olleissa pöytä- tai palvelinkoneissa pelkät prosessorit vievät lähes 100 W (esimerkiksi Athlon X2:sta samalla nopeudella on useita eri versioita, joiden virrankulutuksessa on melko suuria eroja). Toki niissä on tehoakin enemmän, mutta sulautetuilla laitteilla kannattaakin täyttää tarpeita, joihin muutaman tai useamman vuoden vanhat silloiset huippu-PC:t pystyisivät ja silloin tehokulutuksen erot ovat jopa moninkertaisia.

Useat testatuista prosessoreista ovat moniytimisiä, mutta openssl käyttää vain yhtä ydintä. Esimerkiksi Intel Atom 330 on kaksiytiminen ja hypersäikeistyksen ansiosta Linux näkee sen neljänä prosessorina.

Jo lähitulevaisuudessa sulautettujen järjestelmien prosessorikisa näyttää kuumentuvan huomattavasti. Jo Intelin Atom toi sulautettujen järjestelmien prosessorit enemmän valtavirtaan, ARM 9 -pohjaisia piirejä on kiihdytetty 1,2 GHz vauhtiin ja VIA:n Nano tuo 64-bittisyyden lähes sulautettujen järjestelmien tehonkulutuksen tasolle.

18.3 Muita sulautettuja Linuxeja

Koska Linux on kirjoitettu lähes kokonaan C-kielellä, se on hyvin helppo siirtää lähes mille tahansa prosessorille. Toisaalta sulautettujen laitteiden prosessorit ovat saaneet riittävästi ominaisuuksia, jotta Linux toimisi niillä. Hyvä aloituspaikka yleensä sulautettuun Linuxiin tutustumiseen on <http://linuxdevices.com/>. Alla on joitakin esimerkkejä sulautetun Linuxin projekteista.

18.3.1 OpenWRT

OpenWRT on ehkä parhaiten tunnettu sulautetuista Linuxeista. Se on tarkoitettu WLAN-tukiasemille. Sen nimi viittaa Linksysin WRT-sarjaan. Linksys käytti niissä Linuxia ja harrastajien huomattua sen, Linksys joutui julkaisemaan lähdekoodin.

OpenWRT:n kotisivu on <http://www.openwrt.org>.

18.3.2 Rockbox

Rockbox on tarkoitettu mp3-soittimille, kuten Applen iPod. Kotisivu on <http://www.rockbox.org/>.

18.3.3 Android

Android on Googlen tukema Linux-levitysversio älypuhelimille. Kotisivu on <http://www.android.com/>