

# DEL VXWORKS AL LINUX EN L'ENSENYAMENT

Andreu Moreno i Agustí Fontquerni  
Escola Universitària Salesiana de Sarrià (EUSS)  
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)  
Rafale Batlle, 7, 08017 Barcelona  
amoreno@euss.es

La recent inclusió de sistema operatiu Linux en el camp dels sistemes “embedded” ha suposat una revolució destacada en la forma d'entendre aquests sistemes tradicionalment basats en sistemes operatius comercials o propietaris. A l'Escola Universitària Salesiana de Sarrià (EUSS) s'imparteixen els coneixements dels sistemes “embedded” dins l'assignatura Informàtica Industrial i fins l'any passat el temari es basava en el sistema operatiu VxWorks. Ara s'ha reorientat cap a el Linux, i això en ha suposat un canvi de mentalitat i a l'hora una millora en les possibilitats d'evolució en el futur.

En aquest article es presenten les causes que van motivar el canvi cap a utilitzar un sistema operatiu de codi obert, el procés d'adaptació seguit segons la limitacions del maquinari disponible i finalment es presenten el resultats després d'un primer any d'implantació.

## 1.Introducció

La història va començar al voltants de 1995 quan se'ns va assignar la preparació de l'assignatura Informàtica Industrial, impartida a l'últim curs de la carrera Enginyeria Industrial en Electrònica Industrial. L'assignatura té una càrrega lectiva de 9 crèdits i és anual. Es va organitzar en dues parts, una dedicada als sistemes “embedded” de 8 bits i l'altra als de 32 bits. En el primer cas es presenten continguts que fan referència a sistemes basats en microcontroladors, en els que es tracta el maquinari típic d'aquests sistemes i la programació en llenguatge ensamblador. La segona part és centra en sistemes amb microprocessadors més potents i es fa especial incidència en el fet de comptar amb un sistema operatiu i basar el programari en el llenguatge C. En aquell moment es va creure oportú basar la part de 32 bits en un sistema operatiu de temps real comercial. L'elegit va ser el VxWorks de Wind River Systems[1]. Una de les raons que van declinar finalment la decisió van ser el fet de poder entrar en el seu programa universitari (fet que suposava poder disposar del programari a cost zero) i que oferien d'una adaptació pel maquinari que s'havia adquirit, la placa avaluadora que Intel distribuïa pel Intel396EX (EV386EX). S'ha de reconèixer que en un temps raonable el sistema va estar operatiu al laboratori pels 14 llocs de que es disposaven.

Des d'un principi es va fer evident però que el sistema de desenvolupament (anomenat Tornado) en aquell moment no era massa estable i si es volia tenir accés a actualitzacions del mateix era precís subscriure's a un servei de manteniment que l'EUSS no podia mantenir. Tot plegat va evidenciar que calia buscar una alternativa de futur.

Fa tot just dos anys, vam aterrar al mon Linux. Des de llavors s'ha seguit un intens programa d'autoformació que finalment ens ha conduït a poder confeccionar una distribució del Linux adequada pel nostre maquinari.

## 2.Disseny de l'assignatura

En disseny de la part de 32 bits s'ha tingut present els coneixements previs dels alumnes que hi accedeixen, el quals es limiten a un curs bàsic de programació, sistemes digitals i el que han vist dins la mateixa assignatura a la primera part de 8 bits. Els objectius

que es proposa l'assignatura són: 1) Adquirir els conceptes bàsics dels sistemes "embedded" que estan basats amb sistema operatiu. 2) Conèixer els aspectes principals en el programari d'un sistema "embedded" basat en sistema operatiu. 3) Saber utilitzar un sistema de desenvolupament distribuït entre el ordenador de desenvolupament i el sistema on finalment s'executa l'aplicació. 4) Introduir a la programació amb el sistema operatiu Linux i 5) Familiaritzar-se amb una estació de treball amb Linux

L'assignació horària setmanal és d'una hora de teoria i dues de pràctiques. S'ha tingut especial cura que hi hagi una coordinació de l'evolució de les sessions pràctiques respecte la teoria. De fet s'ha confeccionat cada pràctica com una continuació del que s'ha vist a teoria amb un incidència en els aspecte més pràctics. De forma general s'ha establert quatre unitats. En primer lloc una introducció del sistema operatiu Linux i utilització d'una estació de treball. Pels alumnes el entorn suposa una novetat destacada ja que fins aquell moment només han treballat sobre plataforma Windows. La segona unitat es centra en la programació amb el sistema operatiu Linux. Es fa especial incidència en la creació de processos i "Threads", mecanismes de comunicació entre processos i solució de problemàtica d'exclusió mútua. El mètode pedagògic que s'utilitza en les dues primeres unitats és totalment conductivista, en el sentit que l'alumne segueix un guió que el porta a desenvolupar un cas pràctic amb èxit. Posteriorment se li fan una sèrie de preguntes que el condueixin a interioritzar el continguts utilitzats i finalment se li proposen modificacions en les que posa a prova els coneixements adquirits. En la tercera unitat s'introdueix el sistema d'Entrada / Sortida, en la que l'alumne desenvolupa un aplicatiu que controla el procés mecànic de la maqueta qui hi ha en cada taula (veure Figura 1). En aquest cas es segueix un procés d'anàlisi, implementació, verificació i depuració. Finalment en l'última unitat es tracta el tema d'aplicacions client-servidor implementades amb "sockets". Això permet veure conceptes de telecontrol de la maqueta be directament amb aplicacions clients fetes a mida o be a través d'un client html comú.

### 3. Distribució Linux Embedded

La maqueta utilitzada emula un sistema de control automàtic de qualitat (Veure Figura 1). Està basada en una cinta transportadora de hipotètiques peces. Cada peça passa a través d'una barrera òptica que extreu informació de longitud i alçada. Si es considera defectuosa es pot expulsar amb un dispositiu electromecànic (un solenoide). Addicionalment, un teclat i una pantalla implementen la interfície de l'usuari.



Figura 1: Detall de la maqueta de cinta transportadora amb l'electrònica al descobert

La part electrònica de la maqueta esta basada en la placa avaluadora del Intel396EX. Aquesta placa incorpora el microprocessador a 50 MHz, un mòdul SIMM de memòria (16 Mbytes), memòria FLASH (0.5 Mbytes) programable amb una aplicació sota DOS via canal sèrie, dos ports sèrie i un connector PC104. En aquest últim s'hi ha connectat dues plaques: una placa de xarxa i una placa de producció pròpia que incorpora tots els perifèrics necessaris.

Tot hi que és possible situar un kernel mínim de Linux en la flash [2], les restriccions de memòria han aconsellat que el sistema arranqui a través de la xarxa amb l'aplicació Etherboot. Així en la FLASH només hi residirà la part mínima que presumiblement serà més estable en futures evolucions. Cal tenir present que el procés d'actualització de la FLASH és molt lent i poc automatitzable.

S'ha partit dels fonts del Etherboot[3] i s'han compilat per a la placa de xarxa disponible al laboratori. La sortida és una imatge binària que directament pot utilitzar-se per programar una memòria EPROM (algunes plaques de xarxa porten un zòcal per aquesta memòria). En aquest punt va aparèixer el problema que la EV386EX es venia sense BIOS però la imatge Etherboot basa el funcionament en el mecanisme d'extensió de la BIOS. Analitzant el programari que acompanyava la placa es va trobar que venia amb cinc BIOS de demostració. Es van provar una a una fins que es va trobar una d'elles que suportava les extensions de la BIOS.

L'absència de cap sistema de video va fer necessari que per tal de poder visualitzar l'evolució del procés d'encesa, calgués redirigir la sortida estàndard a un canal sèrie. Afortunadament les BIOS de demostració subministrades suportaven aquesta prestació i l'aplicació Etherboot permet ser compilada amb aquesta opció.

Una de les qüestions més curioses de l'arquitectura PC es la resolució del problema de la direcció A20, la qual suposa un problema de compatibilitat degut a que els microprocessadors de la família intel s'encenen en mode real (emulen un 8086). En aquest mode, el sistema d'adreçament basat en segments pot arribar fins (0FFFFH:0FFFFH) resultant en una adreça física de 10FFEFH. El bit de més pes (A20) no existia en l'antic 8086 i per tant això feia que l'adreça física resultant de A0-A19 fos 0FFEFH. Per emular aquest comportament, es disposa d'un hardware especial que controla aquesta línia i que està direccionat al port 92. En el cas del Intel386EX aquest hardware s'activa correctament descomentant la línia "#define IBM\_L40".

El següent pas va ser construir una imatge del kernel amb les etiquetes necessàries pel Etherboot i afegir-hi una imatge del ramdisk inicial. De fet es pretén que l'arbre de directoris estigui totalment contingut en memòria RAM. Per a tal efecte s'ha utilitzat l'eina "mknbi" amb unes petites adaptacions: Suport per A20 i forçar que suposi que té 16 Mbytes de memòria RAM. Aquest últim aspecte es resol amb un interrupció 15 de la BIOS, però degut a que les BIOS subministrades són de demostració no suporten aquest servei.

El kernel s'ha compilat partint dels fonts de la versió 2.2.19 [4] i també s'han hagut de fer uns petits canvis per superar la manca de la interrupció 15 de la bios i redireccionar la consola en els moments inicials. Alguns autors han reportat temps destacable d'espera pel problema de la A20[5]. Nosaltres no hem apreciat aquest fenomen.

S'ha construït una imatge del ram disk inicial amb el dispositiu "loopback". La distribució esta basada en el paquet Busybox[6] i Tynilogin[7] per tenir un sistema mínim (poc més de 6 Mbytes descomprimit) i s'ha completat amb el servidor de web boa[8] i el depurador gdb[9]. Les consoles estan redirigides cap els canals sèrie.

També s'ha desenvolupat un mòdul de kernel que inclou tots els drivers necessaris per controlar el model de maqueta de cinta transportadora. Es disposen drivers pel tecla, pantalla, solenoide (dispositiu electromecànic), encoder (per obtenir la velocitat), barrera òptica i control del motor.

Per tal que els alumnes pugin preparar les pràctiques a casa, s'ha desenvolupat un simulador de la maqueta amb una llibreria gràfica OpenGL [10]. Per tal que treballar amb la maqueta real o amb el simulador sigui totalment transparent a l'aplicació, s'ha desenvolupat una segona versió del mòdul que en comptes de ser una interfície entre l'aplicació i el maquinari, és interfície entre l'aplicació i el simulador.

Finalment l'equip de treball del laboratori es força limitat: Pentium 200 MHz amb 32 Mbytes de memòria. Per això s'ha triat una distribució antiga, la Red Hat 6.2 [11] amb l'entorn de finestres Blackbox (molt lleuger) en comptes dels tradicionals KDE/GNOME. Com entorn de desenvolupament s'ha utilitzat Kdevelop i ddd per la depuració.

#### 4. Conclusions

Després del primer any d'implantació del l'ensenyament de sistemes operatius amb el sistema de codi obert Linux, els resultats són força positius. Els estudiants han rebut el canvi amb força expectació, segurament motivada també per la creixent difusió del codi obert en premsa especialitzada. Tot plegat condiciona a l'alumne a tenir la impressió de que està aprenent quelcom important pel seu futur professional. El progrés dels alumnes ha estat força satisfactori i de forma general els objectius d'aprenentatge s'ha assolit. Pel que fa a la distribució "embedded" de Linux desenvolupada, s'ha mostrat força estable davant les llargues sessions en horari de classe i en horari lliure dels alumnes. Ara s'està plantejant migrar-ho tot al kernel 2.4 pel curs següent i pel que fa al sistema de desenvolupament es disposarà de màquines noves i per tant s'instal·larà segurament la versió 7.3 de Red Hat.

Paral·lelament s'ha realitzat un seminari d'una sessió en el que s'ha descrit el procés d'instal·lació de la distribució Red Hat 6.2 per tal que els alumnes ho fessin a casa seva. En una enquesta al final de curs ha demostrat que un 40 % dels alumnes se l'han instal·lat correctament. En el proper any es pensa potenciar acció.

#### 5. Bibliografia

- [1] WindRiver Systems, <http://www.windriver.com/>
- [2] <http://www.evitech.fi/~tk/ev386ex/embed.htm>
- [3] Etherboot, <http://etherboot.sourceforge.net/>
- [4] Fonts del kernel de Linux, <http://www.kernel.org/>
- [5] [www.pcengines.com/tb13.pdf](http://www.pcengines.com/tb13.pdf)
- [6] Paquet Busybox, <http://www.busybox.net/>
- [7] Paquet Tinylogin, <http://tinylogin.busybox.net/>
- [8] Servidor web Boa, <http://www.boa.org/>
- [9] Depurador gdb, <http://www.gnu.org/>
- [10] OpenGL, <http://www.opengl.org/>
- [11] Red Hat, <http://www.redhat.com/>