

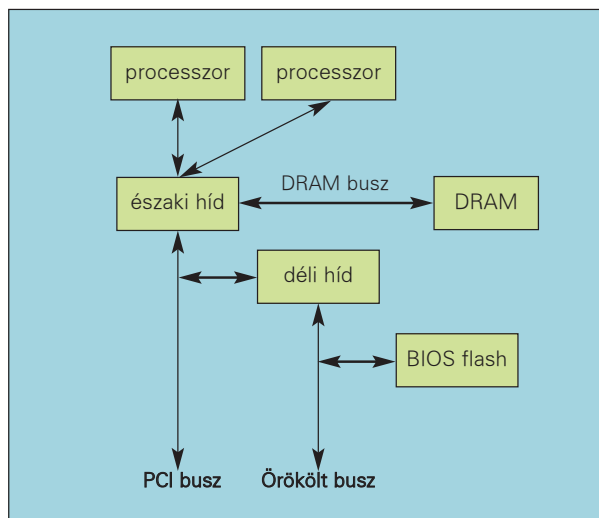
LinuxBIOS négy év alatt

A LinuxBIOS több mint egy egyszerű megoldás, ami linuxos számítógépek néhány másodperc alatti elindítására szolgál. A Linux-telepek új programjai szintén kínálnak tartalék üzemmódot, amellyel megmenthető a rendszer, ha BIOS-frissítés közben megy el az áram.

A LinuxBIOS egy olyan GPL alá tartozó program, amely helyettesíti a legtöbb számítógép BIOS-át, beleértve az AMD64, x86, Alpha és PowerPC rendszereket. A LinuxBIOS gyártófüggetlen, kiépítés-semleges BIOS, amelynek több mint 95 százaléka C-ben íródott. A LinuxBIOS négy éves. A világ legnagyobb telepei közül néhány LinuxBIOS-t használ, hasonlóképpen a világ legkisebb beágyazott rendszereihez. Mind a World Trade Center romjai közt túlélők után kutató, mind az Afganisztánban és Irakban használt robotokban LinuxBIOS-t alkalmaztak. A LinuxBIOS-t sok gyártó támogatja, például az AMD és a Tyan is. Ma már lehet LinuxBIOS-szal is ellátott alaplapot rendelni a Tyantól. Írásunkban bemutatjuk a LinuxBIOS alapvető felépítését, az eredetét és azt, hogy miként érte el jelenlegi fejlettségi szintjét. Szót ejtünk még az őt támogató felületekről és azokról a tapasztalatokról, amelyeket akkor szereztünk, amikor megpróbáltuk társítani a GPL projektet és a gyártók legféltettebb titkait.

A LinuxBIOS szerkezete

Mielőtt belemerülnénk a LinuxBIOS szerkezetének taglalásába, vessünk egy gyors pillantást a korszerű PC-k felépítésére. A PC egy halom lapkából áll – beleértve a processzort, a grafikus és a billentyűzetvezérlőt –, amelyek buszokkal vannak egymáshoz kapcsolva. A busz egy vagy több vezeték, amellyel két vagy több lapka van összekötve. Néhány busznak két vezetéke létezik, egy jel és egy föld, míg más buszoknak tíz vagy akár több száz is lehet. Az 1. ábrán egy nagyon egyszerűsített diagram látható. A különböző típusú buszok nem kapcsolhatók közvetlenül egymáshoz, ezért hidaknak nevezett lapkák látják el ezt a feladatot. Az első busz az előoldali busz (Front-Side Bus, FSB) és a legtöbb PC-n ez köti össze a processzorokat egymással (amennyiben több is van), illetve az északi hiddal. Az északi híd köti össze a CPU-(ka)t a memóriabusszal és a PCI busszal. Az ábránkon csak egyetlen északi híd jelöltünk, de ezeknek számos variációja létezik. Például az AMD Opteron minden processzorhoz egy északi híd használ, és az FSB minden Opteron processzort csak a saját északi hídjával köt össze. Más szóval, az Opteron rendszerben nincsen megosztott FSB. Mindazonáltal az északi híd azonosítható eszköz az Opteron lapkakészletben.



1. ábra Az alap-PC felépítésének egyszerűsített képe. A hidak, lapkák, amelyek a buszokat egymáshoz kapcsolják

A sorban a déli híd a következő, amely szinte mindig a 0-dik PCI buszon ül. A déli híd feladata a PCI busz és a PC 1981-es megjelenése óta meglévő, úgynevezett örökölt eszközök (például soros kapu) közötti kapcsolat megteremtése. Szintén a déli híd hajtja a BIOS flash részét. Mikor a PC-t bekapcsoljuk vagy újraindítjuk, a CPU olvasni kezd egy ismert címről, ami hagyományosan a memória teteje (Top of Memory – TOM) mínusz 16 bájt. Az eredeti 8086 esetében ez a cím a 0xffff0, újabb PC-ken pedig 0xfffffff0. Ezt az olvasási utasítást támogatnia kell az eszközöknek még a beállítások elvégzése előtt, ugyanis egy csomó eszköznek hadrendbe kell állnia az első utasítás beolvasásához. Mindazonáltal bekapcsolása után a PC még nincs felkészülve a C-kódra, pusztán assemblyt tud futtatni. Az alaplapot több lépésben kell feléleszteni. Ennek folyamánként a LinuxBIOS-nak egy sorozat behúzója (bootstrap) van, ezek akkor kerülnek sorra, amikor újabb CPU-erőforrások lépnek működésbe. Minden behúzó feltételezi, hogy bizonyos erőforrások engedélyezettek és a gépnek egy jól meghatározott erőforráskészlet áll rendelkezésre.

Ezek a LinuxBIOS szakaszok a következők:

- Az első 10 vagy 15 utasítás, amely engedélyezi a processzort, minimális virtuális memóriakapacitást (32 bites címekekkel), valamint egyéb erőforrásokat, amelyek a memória bekapcsolásához szükségesek (mint pl.: az I2C busz). Ezenkívül beállítja a processzor belső állapotát, eközben egy csomó dolgot kitakarít, például az utasítás-csovézetéket.
- Memóriaindító kód, amelyhez egy tiszta és egészséges processzor, valamint egy működő I2C busz szükséges a memória jellemzőinek lekérdezéséhez.
- Programkód, amely az eredetileg C-ben írt objektumkódot (object code) a flashból a memóriába tölti. Az objektum kód igény szerint lehet tömörített is.
- Programkód, amely akkor fut, ha a memória már működik. Ez a kód végigpásztazza a gép erőforrásait és elindítja őket.
- Egy vagy több olyan „rakomány”, amely elvégzi a végső beállítás feladatát és elindít egy operációs rendszert.

Mindezek a szakaszok a 2. ábrán láthatók.

A LinuxBIOS támogat egy választható tartalék BIOS-t, arra az esetre, ha az eredeti BIOS-szal valami baj történne. A tartalék támogatása a BIOS-ba fordításakor kerül bele. A kiegészítő kód ellenőrzi a CMOS jelzőt is és felismeri, ha a CMOS sérült, akár azért, mert az előző BIOS nem tudott rendesen elindulni, akár azért, mert a felhasználó a tartalék BIOS-szal akarja a rendszert indítani. A tartalék BIOS egy teljes LinuxBIOS-lenyomat (image), melynek képességei egyáltalán nincsenek korlátozva.

A tartalék főleg felügyelet nélküli BIOS frissítésekkor hasznos. Képzeljünk el egy olyan esetet, amikor 1024 vagy még több csomóponton (node) BIOS-t kell frissíteni – mi történik, ha félúton elakadunk vele? A legtöbb rendszernél ilyenkor lesz egy nagyon drága papírnehézünk. A LinuxBIOS-szal viszont egy egyszerű újraindítás után önműködően tartalék-módban indul a rendszer.

A LinuxBIOS eredete és fejlődése

A LinuxBIOS projektet a Los Alamos National Labben (LANL) kezdtem el, 1999 szeptemberében. Az ezt megelőző nyolc évben mindenféle telepet építettem, majd 1994-ben befejeztem az első PC-telepet. A BIOS mindvégig akadályozta a nagyobb telepek építését.

1997-ben egy 144 csomópontos Cyclone-telepet raktam össze a Sarnoff Corporationnál. Kísérletképpen csak 16 csomópontban volt videokártya. A kísérlet nem sikerült, mert a hagyományos BIOS-szal felszerelt PC-k egyszerűen túl megbízhatatlanok ahhoz, hogy csak úgy kivegyük a videokártyát, mivel a feladat megoldásához felhasználói beavatkozás szükséges. Világossá vált, hogy ha nagyobb telepeket szeretnénk létrehozni, meg kell oldani a BIOS nehézségeit.

Meghatároztuk, hogy egy eszményi PC telepcsomópontnak a következőket kell tudnia: az operációs rendszert közvetlenül indítja valamilyen nem felejtő RAM-ból, beállítja az összes hálózati csatolót, de nem állít be más eszközt, kapcsolódik egy vezérlő csomópont-hoz – bármelyik működő hálózati csatolóját használva –, s csak vele együtt végzi műveleteket.

Egy magáncég azonban nem a megfelelő helyszín az ilyen jellegű munkához, ezért ott soha nem jutottunk tovább az álmodozásnál.

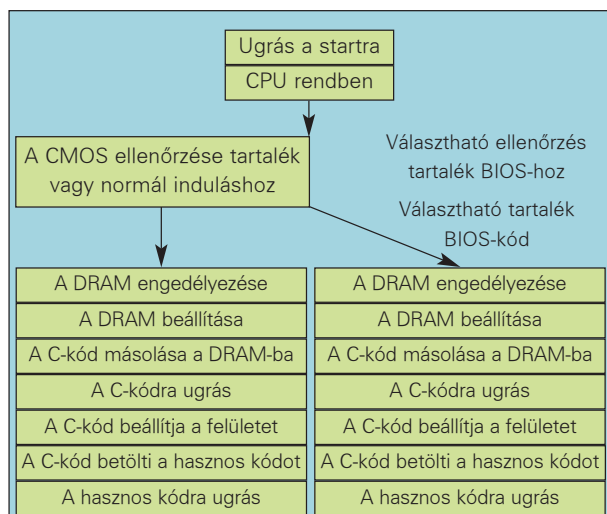
Miután a LANL-hoz kerültem, lehetőségem nyílt továbbdolgozni ezen az ötleten. Számos technológiai irányvonal fejlődése sokkal jobb évvé tette az 1999-et (a '97-esnél). Ekkor jelentek meg az első 1 MB flashmemóriával szerelt alaplapok, s a PCI busz teljesen felváltotta a régebbi EISA és ISA buszokat. Szintén lényeges, hogy ekkorra a Linux sokkal több beállítást volt képes elvégezni, amit jól példáz az SGI Visual Workstation, aminek egyáltalán nincs is BIOS-a. Tisztán látszott, hogy ha a Linuxot be tudnánk tenni a BIOS-ba, azzal elérnénk célunkat. A Linux sokkal jobban el tudná végezni az eszközök üzemeltetését, mint bármelyik BIOS, amit eddig láttunk. Egyedül egy hardveres behúzóra volt szükségünk, ami a Linuxot a flashból a memóriába tölti, a többit már maga a Linux végzi el. Innentől kezdve a mottónk: „Bizzuk a Linuxra!” lett.

Mielőtt a LinuxBIOS projekt teljes gőzzel beindult volna, meg kellett győződnünk arról, hogy a Linux használható behúzóként, vagyis a Linux képes Linuxot indítani. 1999 decemberére a LOBOS-szal (Linux OS Boots OS) bemutatunk egy Linux-rendszert indító Linuxot.

Bármely munka elvégzésének legkönnyebb módja a nyílt forrás (Open Source) világban, ha megengedjük, hogy más végezze el helyettünk, ezért a LinuxBIOS következő lépése az volt, hogy kerestünk egy kész programot. **James Hendricks** és **Dale Webster** már készített ilyen rendszert az OpenBIOS projekt keretében. Az OpenBIOS forrás felhasználásával öt szabadnap alatt írtak és építettek egy próbarendszert az Intel L330GX+ alaplapjainkra, amely újraindítás – nem bekapcsolás – után képes volt elindítani a rendszert. Egy kikapcsolt gép indításának megoldása újabb öt hónapba tellett volna, de eddig ez nem rossz teljesítmény az öt naphoz képest. Korán felismertük, hogy nem az assembly a LinuxBIOS jövője. Az OpenBIOS-ban rengeteg assembly volt, egy bonyolult építői (build) szerkezettel. Kis közösségünk nekilátott jobb alapot keresni a LinuxBIOS-hoz. **Feff Garzik** talált egy új BIOS-t és megtudta, hogy a készítő STPC hajlandó nyílt forrásúvá tenni. Az STPC BIOS lett az alapködj a új LinuxBIOS-nak. Az STPC-kód alapvető átszervezést igényelt, hogy többféle alaplapot és lapkakészletet támogasson, de jó kiindulási pontot nyújtott.

A következő hat hónapot azzal töltöttük, hogy néhány felület futtathatóvá tettük a LinuxBIOS-t. Az első nem grafikus felület egy Intel L440GX+ alaplap volt, amit egy SiS630 alaplap követett. A SiS esetében maga a gyártó is segédkezet nyújtott, műszaki leírást, tervrajzokat, programkódot, technikai támogatást adott és célul tűzte ki, hogy a LinuxBIOS fusson a felületén.

Megtanultuk, hogy a Linux mit képes és mit nem képes megtenni. Ebben az időben a 2.2-es rendszermaggal dolgoztunk. Rájöttünk, hogy a Linux képtelen egy PCI buszt a semmiből beállítani, viszont a LinuxBIOS-nak képesnek kell lennie erre is. Sikerült kiemelnünk a PCI-kódot a Linuxból és módosítások után közvetlenül felhasználni a LinuxBIOS-ban, miközben a valódi PCI-beállításához szükséges kiegészítéseket hozzáadtuk. Azt tapasztaltuk, hogy a LinuxBIOS olyan gyorsan jött fel, hogy az IDE-meghajtók nem pörögtek fel addig. Folytatjuk egy Linux-folt támogatását,



2. ábra A LinuxBIOS szakaszai

ami ezt a gondot oldja meg. Mindezek és sok más feladat, néhány váratlan változtatást igényeltek a „Bízzuk a Linuxra!” szemléletben.

A kilencedik hónapra volt egy LinuxBIOS-unk, mely két felületen is jól működött, jobbára C-ben készült, továbbá néhány vállalat érdeklődését sikerült felkeltenünk vele.

A Via és az Acer leírás adott, ennek felhasználásával támogatni tudtuk az új lapkakészleteiket is. Azon a nyáron **James Hendrick** elkezdett dolgozni az SMP-támogatáson, „Bízzuk a Linuxra!” módban, így ez a támogatás Linux rendszermag-folt formájában és nem LinuxBIOS kiegészítésként jött létre. Egy ponton, a mi foltjaink segítségével, a Linux-mag egyprocesszorosként áll fel és a semmiből tudja engedélyezni a többi processzort – ez olyasmi, amit eddig csak a BIOS-ok tudtak megtenni.

Azon a nyáron a Linux NetworX, és nagy szerencsénkre, **Eric Biederman** is csatlakozott hozzánk, hogy kivegye részét az erőfeszítésekből. Eric legfontosabb korai munkája az Alphára átültetés volt, emellett jelentősen megtisztította a memóriaindító kódot. Együttműködésünk mind a mai napig tart, a Linux NetworX a LinuxBIOS alapú rendszerek legnagyobb vizionterelője, Eric pedig besegít a LinuxBIOS 2-es változatának tervezésébe és létrehozásába.

Összel előadásokat tartottunk az Atlanta Linux Showcase 2000-en, ahol találkoztunk **Steve James**-szel a Linux Labstól. Ez a kapcsolat hozzásegített bennünket, hogy kevesebb mint egy hónap alatt megvalósítsuk álmunkat: építettünk egy 13 csomópontos, LinuxBIOS alapú telepet a Supercomputing 2000-re. A telep teljes üzemi állapotát kb. 13 másodperc alatt volt képes elérni.

2001-re a Linux NetworX befejezte az Alpha átültetést a DS10-re. Ekkor telepet építettünk 104 DS10-ből, és mind egyiken LinuxBIOS futott. A DS10 sokkal lassabban indult, mint egy Pentium rendszer, ezért ennek a telepnek ötven vagy még több másodpercre volt szüksége az üzemkész állapot elérésre, de ez a sebesség még mindig jócskán elviselhető volt. Találkoztunk olyan BIOS-okkal, amelyeknek csak a memóriapróbája tartott ennyi ideig.

Az Alphára átültetés bebizonyította, hogy a LinuxBIOS horodozható. Nagyon kevés kódot kellett módosítani, és 64 bites

BIOS-ként vagy 32 bites BIOS-ként egyaránt jól működött. 2001-re növeltük a fejlesztők számát (most 11-en dolgoznak) és folytattuk az átültetést még több felületre, ezek közül a legutolsó az AMD Opteron volt. Mi a LinuxBIOS-t ki zárólag telepekhez képzeltük el, de a nem telepként való felhasználás maga mögé szorítja a telepalkalmazások számát. Úgy gondoltuk, hogy a Linux végez majd minden nehé z feladatot, mostanra a LinuxBIOS egy csomó dolgot el lát, beleértve az SMP-indítást is. Szerettük volna a „Linuxra bízni”, de az AMD K7 SMP eszköz kialakítása szükségessé tette, hogy az SMP indítás a BIOS-ban menjen végbe.

Úgy gondoltuk, a gyártók be fognak szállni a munkába. Négy évig tartott, de most, a LinuxBIOS fejlesztésének ötödik évében a világ legnagyobb számítógépgyártói közül néhányan felkeltették az érdeklődését. Egy kicsit derülé tőb bak voltunk a szükséges idő megbecsülésében. Amint egy gyártó látja a dolog üzleti oldalát, elkezd érdeklődni iránta. 2003-ban legalább harmincmillió dollár értékben adtak el LinuxBIOS alapú rendszereket, míg ez a szám 2000-ben egymillió alatt maradt.

Felületek

A LinuxBIOS a felületek széles választékán fut. Ötven támog atott alaplappal van a forrásfában, de úgy találjuk, sok alaplappal annyira egyforma, hogy az egyikben működő LinuxBIOS a másikon is menni fog. A cégek gyakran csak egy kódot készítenek, azt futtatják több alaplapon, csak éppen nem mondják el nekünk.

A LinuxBIOS 64 bites és 32 bites processzorral egyaránt működik. A processzor-támogatás magában foglalja az Alpha, K8, K7, PowerPC, P4, PIII, PII, Cyrix(VIA), Geode (AMD), SC520 (AMD) processzorokat. A lapkakészleteket fel sem lehet sorolni, annyian vannak, az alaplappokat pedig a legkisebb PC/104-estől a legnagyobb K8-as méretig támogatja. Az IBM PPC 970-re való átültetés pedig éppen zajlik.

Lapkakészlet-titkok

Az első néhány évben a lapkakészlet-gyártóktól leggyakrabban hallott mondat az volt: „Azt soha nem fogjuk elmondani”. Az „azt” a processzorra, lapkakészletre, alaplappal vonatkozó adatokat és kombinációikat takarja. E három rendszerösszetevő tervei, felépítésének adatai szigorúan őrzött titkok. Még ma is hihetetlennek tűnik, hogy akadnak olyan gyártók, akik lehetővé tették számunkra, hogy az általuk rendelkezésre bocsátott titkos adatok segítségével létrehozzunk egy GPL alá tartozó BIOS-t.

Hogyan sikerült ezeket az adatokat megszerezni? Egyszerű, a cégek nem karitatív intézmények, ha nem látnak benne üzletet, hogy megosszák velünk ezeket az adatokat, akkor nem fogják. Ha viszont látnak benne üzletet, akkor hajlandóak erre, gyakran meglepően gyorsan.

Ahogy mi látjuk, a sikerünknek két kulcseleme a verseny és a piac létrehozása volt. A versenynek köszönhetjük az alaplappok, lapkakészletek és processzorok széles választékát. Amint számottevő piac alakult ki, a gyártók igyekeztek bekerülni oda.

A LANL-nál szerzett tapasztalatok tanulságosak. A LANL két utolsó nagy telep pályázati kiírása a LinuxBIOS alkalmazását feltételként szabta. Ugyanitt a költségeket több mint 19 millió dollárban állapították meg. Azok a cégek,

akik nem akartak részt vállalni a LinuxBIOS projektben, nem vehettek részt ezen a pályázaton, azoknak viszont, akik elég korán beszálltak a játékba, most minden lehetőségük megvolt a részvételre. Az előrelátás ebben az esetben versenyelőnyhöz juttatta őket.

Összegzés

A LinuxBIOS négy év alatt hosszú utat tett meg az ötlettől a gyártásig. LinuxBIOS-t használnak mindenféle eszközben a legnagyobb telepektől kezdve a kis próbaeszközökig, MP3-lejátszóig és hordozható telepekig. A LinuxBIOS lehetővé teszi, hogy ne PC eszközzáráként szolgáló rendszereket építsünk. A rendszereket hatékonyra lehet tenni Linuxon, ennek következtében jóval egyszerűbbek lehetnek. A négy éves LinuxBIOS most a második változatnál tart, legalább hatféle processzorral, és több mint ötven alaplapal gyűjtött tapasztalat áll mögötte. Egyes esetekben akár napok alatt egy új rendszerhez lehet igazítani, ezt megelőzően ez eredetileg hónapokig is eltartott. A LinuxBIOS hatása a számítástechnika világára csak most kezdődik.

Köszönetnyilvánítás

Sokan vettek részt a LinuxBIOS körüli munkákban, szinte lehetetlen mindnyájukat felsorolni. Mindazonáltal néhány munkatársnak komoly szerepe volt abban, hogy a LinuxBIOS létrejött. Szeretném megemlíteni *Stefan Reinauer*-t és *Jeff Garzik*-ot, akik az STPC BIOS projektet a SourceForge-on FreeBIOS-ként felállították. Nem maradhat ki a sorból *Ollie Lho* sem, aki sokat tett azért, hogy 2000-ben az első munkaál-

lomás-felületek működjenek. *Steve James* és a Linux Labs velünk együtt dolgoztak, és 2000-ben bonyolították le az első LinuxBIOS-os telep szállítását. *Greg Watson* végezte a PowerPC átültetését, és *Eric Biederman* sokat tett azért, hogy az igazán nehéz felületeken is felálljanak és üzembiztosan működjenek, valamint a 2. változat munkálataiból is kivette a részét, mindkettejüket köszönet illeti ezért.

Ez az írás a LAUR 03-8165 alatt lett kiadva. Ezt a kutatást a DOE Tudományos irodájának és a Los Alamos Computer Science Institute (ASCI – Számítástudományi Intézet) Mathematical Information and Computer Sciences (MICS – Matematikai Információ és Számítástudományok Programja) alapította. A Los Alamos National Laboratoryt (Los Alamos Nemzeti Laboratórium) a University of California (kaliforniai egyetem) üzemelteti, a National Nuclear Security Administration of the United States Department of Energyvel kötött W-7404-ENG-36 számú szerződés alapján.

Linux Journal 2004. február, 118. szám



Ronald G. Minnich 15 éve dolgozik a nagyteljesítményű számítástechnika és telepek területén. Nemrég jött rá, hogy első telepeinek egyike, egy 16 csomópontos SPARC-telep éppen egynegyed teljesítményét nyújtja egyik legújabb, 2048 processzoros telepének egyetlen processzoráénak. Az új telepének teljesítménye tízezerszerese az első telepének. Ron 1976 óta dolgozik Unixszal, 1993 óta Linuxszal, első PC telepét pedig 1994-ben építette.

