

Steffen Hehn, Stephan Meier, Dietmar Hölscher

Tux-TV

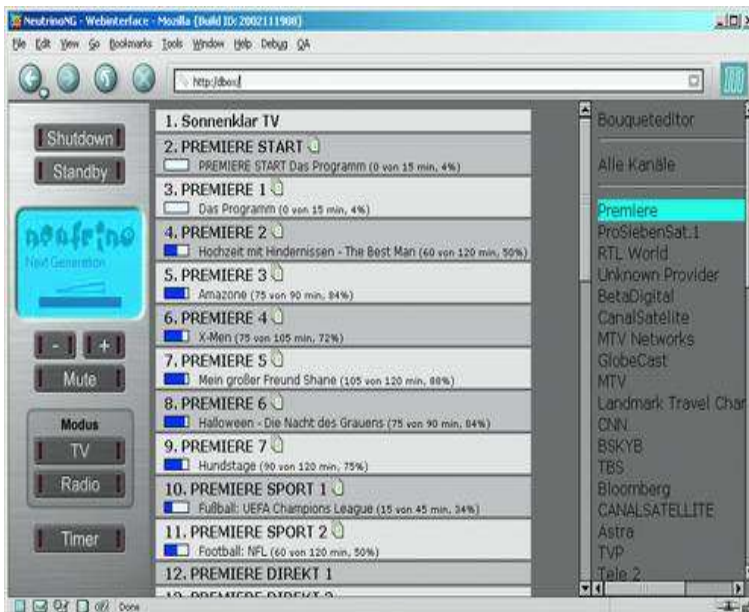
Linux auf Premieres dbox2

Widerstand ist zwecklos: Linux erobert die Unterhaltungselektronik - auch ohne den Segen der Hersteller. Das freie Betriebssystem verwandelt Premieres Digital-Receiver dbox2 in einen flexiblen Netzwerk-PC, mit dem sich Sendungen digital aufzeichnen lassen.

Unterthema: Neutrino
Unterthema: Innenleben

Premiere-Zuschauer kennen das Theater: Die Original-Software der dbox2 macht den digitalen Fernsehgenuss zur Geduldsprobe. Die Bedienoberfläche ist recht behäbig und nicht besonders übersichtlich; das Zappen zwischen den Kanälen dauert bis zu fünf Sekunden und wer sich aus hunderten von Satelliten-Kanälen seine Favoriten zusammenstellen möchte, verzweifelt an der hakeligen Bouquet-Verwaltung.

Es gibt jedoch eine Alternative zum langweiligen Betanova-Betriebssystem: Findige Linux-Entwickler haben eine eigene Firmware entwickelt, die dem Digital-Receiver völlig neue Anwendungsgebiete erschließt. Neben komfortablen und schnellen Bedienoberflächen für den Fernseh-Modus laufen nun auch einfache Spiele und Netzwerkanwendungen auf der Box. Obwohl in der dbox2 keineswegs ein Intel-Prozessor arbeitet, sondern ein PowerPC - mit der neuen Software gibt sie sich kommunikativ wie ein normaler Linux-Rechner und lässt sich per Telnet-Kommandozeile und Browser-Oberfläche steuern.



Mit der Browser-Oberfläche lässt sich die Box von jedem ans Netz angeschlossenen PC aus steuern.

Via FTP überträgt man komfortabel Senderlisten und Software-Updates in die Box. Ein PC im lokalen Netzwerk kann den MPEG-Stream des Fernsehprogramms auf Festplatte bannen. Auch das Radioprogramm digitaler Stationen findet so als Audio-Stream für Winamp & Co. den Weg ins Heimnetz.

Eine so aufgebohrte dbox2 stellt andere Satelliten-Receiver leicht in den Schatten - vorausgesetzt man verfügt über etwas Linux-Know-how und traut sich zu, die meist nötigen Hardware-Eingriffe vorzunehmen. Die Software ist zwar mittlerweile recht ausgereift und leicht zu bedienen - hin und wieder bleiben Abstürze jedoch nicht aus.



Beim Zappen blendet Neutrino auch den Namen der aktuellen und der folgenden Sendung ein.

Damit niemand auf falsche Gedanken kommt: Das Knacken von Pay-TV-Kanälen gehört nicht zu den Zielen des Projekt Tuxbox (<http://tuxbox.berlios.de>). Wer im IRCNet-Channel #dbox2, dem Treffpunkt der Linux-Entwickler, nach entsprechender Software fragt, wird umgehend vor die Tür gesetzt. Rechtschaffene Premiere-Kunden können mit einer Linux-dbox ihre Karten weiterhin ganz legal verwenden. Wenn Premiere Anfang nächsten Jahres sein Programm wie geplant auf ein neues Verschlüsselungsverfahren umstellt, werden Schwarzseher bis auf weiteres in die Röhre gucken. Die Umstellung könnte aber auch für die Tuxbox-Entwickler zum Problem werden - bisher ist es noch ungewiss, welches Verfahren zum Einsatz kommt und ob sich das dbox-Linux daran anpassen lässt. Die zahlreichen via Satellit gesendeten 'Free to air'-Programme wird man auf jeden Fall weiter empfangen können. Im Kabel findet man dagegen nur wenige kostenlose Digital-Sender. Die deutschen Privatsender speisen ihr Programm nicht digital ins Kabelnetz, weil sie die zusätzlichen Gebühren scheuen.

Arbeitslose Hardware

Für Technik-Freaks ist die Hardware der dbox2 spannender als Hollywood-Geflimmer. Ihnen fallen wohl als erstes die zahlreichen Anschlüsse für Ethernet, Telefon und die serielle Schnittstelle ins Auge, die allesamt von der Original-Software zurzeit nicht genutzt werden. Der dbox2-Entwickler Betaresearch hat nach eigenen Angaben Online-Anwendungen für die ungenutzten Schnittstellen seiner Geräte in der Schublade. Premiere-Kunden sollen damit in Zukunft vom Sofa aus einkaufen und an Ratespielen teilnehmen können. Der finanziell gebeutelte Auftraggeber Premiere will sich allerdings in nächster Zeit weiterhin auf sein Kerngeschäft konzentrieren, sodass Modem und Ethernet-Anschluss mit der Betanova-Software wohl bis auf weiteres arbeitslos bleiben werden. Der Original-Kernel der dbox2-Software stammt aus Suns Betriebssystem ChorusOS. Die auf dem Fernsehgerät sichtbare Oberfläche ist weitgehend in Java implementiert, was bei vielen Entwicklern als die Ursache für die Trägheit des Systems gilt.

Als Lizenznehmer des Entwicklers Betaresearch stellen Nokia, Sagem und Philips die dbox2 her. Sagem und Nokia bieten Varianten für Satelliten-Empfang und Kabelanschluss an, während Philips ausschließlich Sat-Boxen herstellt. Auch von Galaxis gibt es einen Premiere-tauglichen Satelliten-Receiver, der mit seiner abgespeckten Hardware jedoch nicht vollständig kompatibel zur dbox2 ist. Schon mangels Ethernet-Anschluss eignen sich die Galaxis-Boxen nicht für das Linux-System. Im aktuellen Weihnachtsangebot von Premiere, mit dem man vielerorts einen Receiver samt einem Jahr Premiere-Abo für 199 Euro erhält, sind für den Satellitenempfang meist Galaxis-Boxen enthalten. Fürs Kabelfernsehen erhält man dagegen eine vollwertige dbox2 von Sagem. Vom Umbau einer Box, die Premiere nur leihweise zur Verfügung gestellt hat, sollte man natürlich besser absehen.

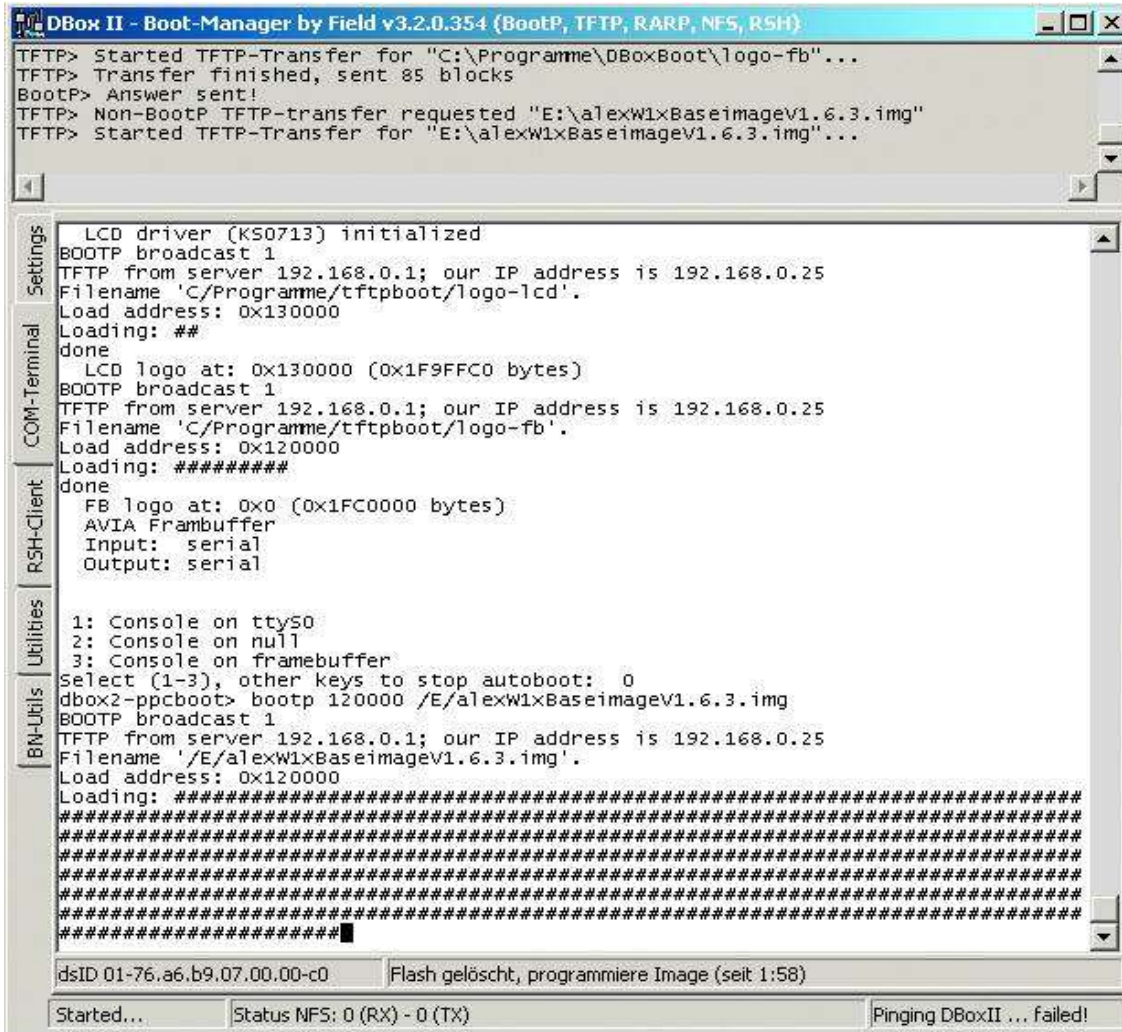
Die Tuxbox-Entwickler stellen im Internet bereits eine Reihe von Anleitungen und 'How-tos' bereit, die erklären, wie man den Pinguin in die dbox2 bringt. Bei Anfängern bleiben jedoch meist viele Fragen offen - das Know-how der Linux-Freaks steht oft eher zwischen den Zeilen und wird in Chat-Kanälen und im offiziellen Diskussionsforum (<http://tuxbox.berlios.de/forum>) verbreitet. Jeden Handgriff bis ins letzte Detail zu erklären würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Stattdessen vermitteln wir das nötige Hintergrundwissen über Hard- und Software, mit dem man die zahlreichen Anleitungen besser verstehen und Anfängerfehler vermeiden kann. Die schwierigste Hürde bei der Linux-Installation ist es, die dbox in den Debug-Modus zu bringen, in dem sie beliebige Fremdsoftware ausführt. Ein großer Teil des folgenden Textes beschreibt daher die verschiedenen Methoden, die die Linux-Entwickler gefunden haben, um dem wählerischen Boot-Loader ein Schnippchen zu schlagen. Danach widmen wir uns der Installation des neuen Betriebssystems und stellen einige Anwendungen vor.

Türsteher

Der Schlüssel zum dbox-System ist die Ethernet-Schnittstelle. Hier haben die Linux-Entwickler die Hintertür gefunden, durch die sich die Software des Gerätes komplett austauschen lässt. Wenn man eine dbox2 per Netzkabel an einen PC anschließt, der entsprechende Serverdienste anbietet, versucht der Boot-Loader der Box beim Start als erstes, einen Betriebssystem-Kernel über das Netz zu starten. Erst wenn er hier nicht fündig wird, lädt er das im internen Flash-ROM gespeicherte System. Für den Boot-Vorgang kommt das Standardprotokoll BootP (Bootstrap Protocol) zum Einsatz. Damit besorgt sich die Box eine gültige IP-Adresse und erfährt einen TFTP-Server, der einen Kernel bereitstellt. Wenn der Original-Kernel startet, ermittelt er seine IP-Adresse erneut über eine RARP-Anfrage (Reverse Address Resolution Protocol); dafür muss ebenfalls ein Server bereitstehen.

Im Originalzustand akzeptiert die dbox jedoch nur solche Kernel, die von Betaresearch mit einem geheimen Schlüssel signiert sind - es lässt sich also nicht einfach eine beliebige Software starten. Damit der Boot-Loader auch unsignierte Software ausführt, die ihm per Netzwerk angeboten wird, muss man zunächst den Debug-Modus aktivieren. Dazu genügt es eigentlich, ein Flag im Boot-Loader zu ändern; der Zugriff darauf ist jedoch nicht ganz einfach. Die Linux-Entwickler haben im Laufe der Zeit mehrere Verfahren entdeckt, mit denen dies gelingt. Im Internet findet man dazu mehrere Schritt-für-Schritt-Anleitungen (www.dietmar-h.net). In den meisten Fällen ist es notwendig, die dbox zu öffnen und bestimmte Lötunkte zu überbrücken, um den Flash-Speicher zum richtigen Zeitpunkt abzuschalten und den Schreibschutz zu umgehen. Wer im Umgang mit einem LötKolben ungeübt ist, sollte diese Eingriffe lieber jemand anderem überlassen.

Für die folgenden Schritte benötigt man einen richtig konfigurierten PC, der alle notwendigen Serverdienste zum Starten der dbox bereitstellt. Für Windows steht mit dem 'dbox2 Boot-Manager' (siehe Soft-Link) ein recht komfortables Tool zur Verfügung, das sämtliche nötigen Server, eine Konsole für die Remote Shell (RSH) und ein Terminal für die serielle Schnittstelle in einer gemeinsamen Oberfläche vereint. Außerdem enthält die Software fertige Skripte und Funktionen, um ein dbox-System über das Netz zu booten, den Debug-Modus einzuschalten und Linux-Images in den Flash-Speicher zu schreiben. Wer stattdessen mit einem Linux-PC arbeiten möchte, muss alle nötigen Dienste selbst konfigurieren. Das Booten per PC ist später nicht mehr notwendig, wenn man das Linux-System im internen Flash-ROM installiert hat.



Der `dbox2 Boot-Manager` vereint alle Werkzeuge und Server-Dienste, die man für die Linux-Installation benötigt, in einer komfortablen Windows-Oberfläche.

Um die dbox2 per Netzwerk zu starten, verbindet man ihren Ethernet-Anschluss über ein Crosslink-Kabel direkt mit dem des PC und stellt zusätzlich eine serielle Verbindung per Nullmodem-Kabel her. Die fertige Linux-dbox kann man später auch über einen Hub oder Switch ins Heimnetz einbinden; für den recht zeitkritischen Boot-Vorgang ist das jedoch nicht empfehlenswert.

Nach dem Start des Boot-Manager-Tools für Windows findet man die wichtigsten Einstellungen auf der Seite `Settings`. Hier wählt man eine Kernel-Datei aus, die der TFTP-Server anbieten soll, und gibt das freizugebende NFS-Verzeichnis an, auf dem sich der Rest des Systems befindet. Wenn man nun die Box einschaltet, sendet sie sofort den BootP-Request, was oft zu Timing-Schwierigkeiten führt. Die Schnittstelle der dbox2 arbeitet nur mit 10 MBit/s im Halbduplex-Modus. Besonders unter Windows XP und 2000 ist der dbox-Start mit dem Boot-Manager-Tool problematisch, weil diese Systeme die Netzwerkschnittstelle herunterfahren, sobald das Kabel abgezogen ist oder das angeschlossene Gerät kein Signal liefert. Beim Einschalten der dbox aktiviert Windows die Schnittstelle dann nicht schnell genug. Hilfreich ist es, die Windows-Netzwerkkarte in ihren Eigenschaften unter `Konfigurieren -> Erweitert` fest auf 10 MBit/s halbduplex einzustellen. Bei Windows XP und 2000 sollte man zusätzlich mit einem Registry-Eintrag die `Media Sense`-Funktion der Netzwerkkarte abschalten (siehe Soft-Link).

Wenn das Statusfenster des Boot-Manager-Tools nach dem Start der dbox trotzdem `boot net failed` meldet, hilft es, die Box nicht mit dem Netzstecker, sondern per Reset durch gleichzeitiges Festhalten der Standby- und der Pfeil-nach-oben-Taste am Gerät neu zu starten. Sobald das Display erlischt, hält man die Pfeil-nach-oben-Taste noch etwas länger gedrückt. Damit führt der Boot-Loader einen kurzen Selbsttest durch und gibt dem Netzwerk etwas Zeit sich zu synchronisieren. Wenn später der Debug-Modus aktiviert ist, bleibt der Boot-Loader nach dem Selbsttest stehen und gibt auf der seriellen Schnittstelle eine Eingabeaufforderung aus. Mit dem Befehl `boot net` startet dann das vom Boot-Manager-Tool angebotene System.

Debug

Bei allen Verfahren zum Einschalten des Debug-Modus ist das erste Ziel, den Kernel des Original-Betriebssystems in einen Fehlerzustand zu bringen, damit er einen Zugang per Remote Shell (RSH) öffnet und Befehle entgegennimmt. Das passiert, wenn der Kernel nach seinem Start sein Init-Script auf dem Flash-ROM nicht findet. Bei der relativ alten `Kurzschluss-Methode` (siehe Soft-Link) schaltet man zum richtigen Zeitpunkt den Flash-Speicher mit einem Hardware-Eingriff ab. Wenn man den richtigen Moment erwischt hat und die RSH-Konsole auf einen help-Befehl reagiert, lässt sich nun mit einem Kernel-Befehl ein NFS-Dateisystem mounten, das der externe PC anbietet. Wenn der Flash-Speicher wieder eingeschaltet ist, kopieren weitere Befehle alle Betriebssystem-Dateien aus der dbox auf die Festplatte. Der Boot-Manager für Windows bringt fertige Skripte mit, die die nötigen RSH-Befehle auf Knopfdruck ausführen.



Geschafft! Im Debug-Modus zeigt die dbox2 beim Einschalten kryptische Informationen auf dem Display. Nun akzeptiert sie auch fremde Software.

Das eigentliche Einschalten des Debug-Modus erledigt eine Datei namens tuner.so, die die Entwickler zur Verfügung stellen (siehe Soft-Link). Den gleichnamigen Treiber lädt der dbox-Kernel beim Boot-Vorgang als Erstes; im zuvor von der Box kopierten Betriebssystem tauscht man ihn gegen die modifizierte Datei aus. Beim Systemstart von der NFS-Freigabe führt der (richtig signierte) Original-Kernel dann den ihm untergeschobenen Patch aus. Das Patch-Programm teilt dann über die serielle Schnittstelle mit, ob die Aktion erfolgreich war. Wenn im Terminal an dieser Stelle die Meldung `Flashing now... FAILED!!!` erscheint, ist der Flash-Speicher mit einem Schreibschutz versehen. Dann muss ein weiterer Eingriff diesen Schutz aufheben, während man den Patch ausführt. Dazu genügt es im einfachsten Fall, einen Lötspitzen auf der Platine mit Masse zu verbinden, etwa mit Hilfe einer Messspitze. Wenn der Debug-Modus erfolgreich aktiviert ist, füllt der Boot-Loader beim Start das Display mit kryptischen Informationen.

Die ursprüngliche Kurzschluss-Methode gilt jedoch als nicht ganz ungefährlich; viele unerfahrene Bastler haben damit schon ihre Geräte beschädigt. Schonender ist es, anstatt des Kurzschlusses die Reset-Leitung des Flash-Speichers mit Masse zu verbinden, wie auf der Website www.dietmar-h.net beschrieben.

Trojanischer Kernel

Es gibt auch alternative Methoden, um die dbox2 gefahrloser in den Debug-Modus zu bringen. Am besten bewährt hat sich das Patchen mittels einer Minimalversion des Betanova-Betriebssystems, die im Internet als Archiv namens minflash.tar.gz kursiert. Diese Dateien sind jedoch urheberrechtlich geschützt und nicht offiziell erhältlich. Wer schon eine dbox im Debug-Modus hat, kann sich die minflash-Dateien daraus aber auch selbst extrahieren.

Der im minflash-Archiv enthaltene Kernel stammt aus einer alten Version der Betanova-Software und trägt die richtige Signatur, um vom Boot-Loader akzeptiert zu werden. Mit dem Boot-Manager-Tool lässt sich das minflash-System von der NFS-Freigabe starten. Die gepatchte Datei tuner.so benennt man in flash.so um und

kopiert sie an die richtige Stelle im NFS-Verzeichnis. Ein vom Boot-Manager-Tool mitgeliefertes Skript für die RSH-Konsole kann damit den Debug-Modus aktivieren, sobald dieser Zugang offen ist.

Der miniflash-Kernel ist für Geräte mit zwei Flash-Speichern konfiguriert. Bei dboxes, die mit nur einem Flash bestückt sind, wie die meisten Boxen von Sagem, öffnet er den RSH-Zugang nach dem Start ohne weiteres Zutun; ebenso wenn auf der Box eine altes Betanova-System kleiner als 1.6 vorhanden ist.

Bei Boxen mit zwei Flash-Speichern, meist Nokia und Philips, muss man wieder tricksen: Es gilt, die dbox dazu zu bewegen, ein Software-Update einzuleiten. Betaresearch sendet über Kabel und Satellit stets die aktuelle Version ihres Betanova-Betriebssystems. Premiere-Receiver, die nicht auf dem aktuellen Stand sind, können ihr System per Knopfdruck erneuern. Dazu wählt man bei angeschlossenem Antennenstecker im Original-Betriebssystem den Menüpunkt `dbox intern -> Einstellungen -> Software aktualisieren`. Während das Update läuft, erscheint im Display ein langsam wachsender Fortschrittsbalken. Sobald zwei bis drei Balkensegmente zu sehen sind, zieht man den Netzstecker. Jetzt ist das Dateisystem auf dem Flash-Speicher ungültig und beim nächsten Start des miniflash-Kernels mit dem Boot-Manager-Tool öffnet sich der ersehnte RSH-Zugang.

Wenn auf der dbox jedoch schon die aktuelle Betanova-Version vorhanden ist, lässt sich das Update nicht über die Bedienoberfläche einleiten. Um trotzdem zum Ziel zu kommen, kann man die Box in den Auslieferungszustand zurückversetzen. Dazu hält man beim Start der Box die Pfeil-nach-oben-Taste gedrückt, sobald im Display `Starte ...` zu sehen ist. Dies muss man eventuell mehrfach wiederholen, bis nach einem Neustart das Software-Update beginnt.

Schließlich gibt es noch eine dritte Variante, die ganz ohne fremde Dateien auskommt: Der von einem Entwickler namens MHC ausgeheckte Trick ändert die Debug-Variable direkt mit den eigenen Befehlen des Boot-Loaders - ganz ohne signierten Kernel. Damit der Boot-Loader über die serielle Schnittstelle eine Konsole öffnet und Befehle entgegennimmt, ist jedoch wieder ein Hardware-Eingriff erforderlich. Ähnlich wie bei der Kurzschluss-Methode muss dazu der Boot-Vorgang im richtigen Moment durch ein Reset des Flash-Speichers unterbrochen werden.

Linux inside

Wenn der Debug-Modus erfolgreich aktiviert ist, sollte man als Erstes den Inhalt des Flash-ROM auslesen, um eine Sicherheitskopie der Original-Software zu erstellen. Daraus lassen sich mit dem Boot-Manager-Tool die Microcode-Dateien extrahieren, die als Treiber für die Hardware-Bausteine notwendig sind. Ein solches Image kann man später auch wieder zurückspielen, um das Betanova-System wiederherzustellen. Die im Boot-Manager-Tool enthaltene Funktion zum Auslesen des Image nutzt den PPC-Boot-Loader, der später auch den Start des Linux-Systems übernimmt. Alternativ kann man den Flash-Speicher auch mit einer bootfähigen Mini-Version des dbox-Linux auslesen (siehe Soft-Link). Wenn man diese mit dem Boot-Manager-Tool über das Netz startet, öffnet sie auf der seriellen Schnittstelle eine Linux-Konsole. Hier lässt sich der Inhalt des Flash-Speichers mit dem Befehl `cat /dev/mtd/5 > flash.img` auslesen und auf die gemountete NFS-Freigabe schreiben.

Die aktuellen Images der Linux-Distribution für die dbox2 stellt der Entwickler AlexW auf der Website <http://dboxupdate.berlios.de> zur Verfügung. Neben den Image-Versionen für Geräte mit einem und zwei Flash-Bausteinen findet man hier auch eine von den Entwicklern yadd (`Yet another dbox distribution`) genannte Variante, die vollständig über die LAN-Verbindung geladen wird. Das ist nützlich, wenn man eine neue Version testen möchte, ohne das Flash-ROM zu überschreiben. Die yadd enthält auch etwas mehr Software als die Image-Version, die sich mit begrenztem Speicherplatz begnügen muss.

Fürs Wohnzimmer ist es natürlich praktischer, wenn die dbox ohne angeschlossenen PC startet. Das Flash-Image bestehen aus zwei Teilen: Das Basis-Image schreibt man mit dem Boot-Manager-Tool in die Box. Nach dem Start dieses Systems überträgt man per FTP die Microcode-Dateien und die Datei `cdk.cramfs`, die das komprimierte Dateisystem enthält. Um später ein Update des Linux-Systems einzuspielen, genügt es, die `cramfs`-Datei auszutauschen. Neue Versionen kann die dbox sogar selbstständig aus dem Internet herunterladen, wenn sie mit einem Router verbunden ist und in den Netzwerkeinstellungen DNS und Gateway eingetragen sind.



In den Netzwerkeinstellungen gibt man der dbox eine im lokalen Netz gültige IP-Adresse. Wenn DNS und Gateway eines Routers eingetragen sind, kann sie selbstständig Kontakt zum Internet aufnehmen.

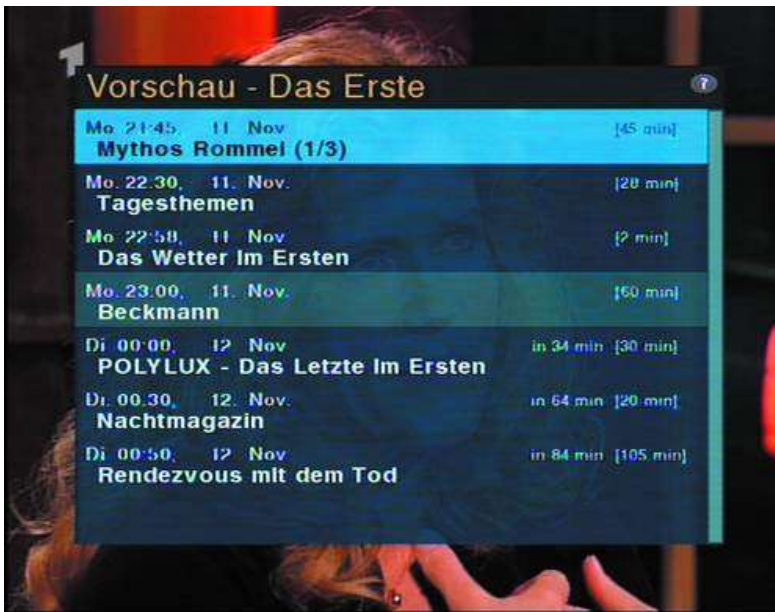
Beim Linux-Start lädt der eingebaute Boot-Loader den Kernel nicht selbst. Das übernimmt ppcboot, eine Lade-Routine, die speziell für Embedded PowerPC-CPU's geschrieben wurde (<http://ppcboot.sourceforge.net>). ppcboot lädt und entpackt den Linux-Kernel und übergibt die nötigen Kernelparameter. Im Moment verwendet das Tuxbox-Projekt den Linux-Kernel 2.4.19 für PowerPC, in den die Entwickler Patches für die spezielle Hardware der dbox eingearbeitet haben. Die Treiber für die verschiedenen ICs sind als Kernel-Module realisiert, kompatibel zu der offenen Standard-API, die das Berliner Unternehmen Convergence (www.convergence.de) unter anderem für DVB-Karten unter Linux entwickelt hat.

Oberflächliches

Für das dbox-Linux stehen mittlerweile gleich mehrere Bedienoberflächen zur Auswahl, die sich nicht nur in ihrer Optik auf dem Fernsehschirm unterscheiden, sondern auch intern anders aufgebaut sind. Leider konnten sich die Entwickler in diesem Punkt nicht auf eine einheitliche Software-Architektur einigen, sodass mehrere Projekte parallel entstanden sind. Beim Start des Linux-Systems erscheint auf dem Display am Gerät ein Menü, mit dem sich die gewünschte Oberfläche selektieren lässt.

Zur Auswahl stehen Neutrino, Enigma und Lcars. Lcars präsentiert sich im Startrek-Look und ist im Vergleich zu den beiden Alternativen weniger beliebt und eher umständlich zu bedienen. Neutrino und Enigma sind in ihrer Funktionsvielfalt in etwa gleichwertig und deutlich komfortabler als die Original-Software von Betaresearch. Die Enigma-Autoren entwickeln ihre Software auch für ein eigenes kommerzielles Hardware-Projekt: Die Dreambox (www.dream-multimedia-tv.de) ist ein Digital-Receiver mit dem offenen Linux-Betriebssystem, der über mehr Hardware-Ressourcen als die dbox2 verfügt. Neutrino entwickelt das Team vom Tuxbox-Projekt mit Unterstützung von Cyberphoria (www.cyberphoria.org) ohne kommerzielle Hintergedanken.

Die beiden Linux-Oberflächen lassen sich sehr weit an die eigenen Wünsche anpassen und bieten viele Funktionen, mit denen das Fernsehen richtig Spaß macht. Dazu gehört die komfortable Darstellung des Electronic Program Guide (EPG), der als elektronische Programmzeitschrift Zusatzinformationen zum laufenden Programm auf den Bildschirm bringt. Einen Videotext-Decoder sucht man in der Betanova-Software vergeblich; der Decoder Tuxtxt lässt keine Wünsche offen.



Die übersichtliche Darstellung des Electronic Program Guide (EPG) erspart oft den Griff zur Fernsehzeitung aus Papier.

Die dbox2 lässt sich nun wie ein normaler Linux-PC übers Netz per Telnet steuern. Auf der Kommandozeile stehen dem Linux-erfahrenen Anwender alle gewohnten Tools zur Verfügung - sogar der Editor vi. Auch an ein Web-Interface haben die Entwickler gedacht. Damit kann man den aktuellen Kanal wechseln, die EPG-Informationen lesen, den Timer programmieren und mit dem Bouquet-Editor die Senderlisten nach eigenen Vorstellungen sortieren. Die Listen speichert das System in XML-Dateien ab, die sich via FTP lesen und schreiben und somit auch extern leicht bearbeiten lassen.

Wer eigene Anwendungen für die dbox entwickeln möchte, benötigt einen Compiler für den PowerPC-Prozessor. Die Entwickler haben mittlerweile ihr eigenes Cross Development Kit zusammengestellt, das zusammen mit dem Quelltext im öffentlichen CVS-Repository des Projektes erhältlich ist (<http://developer.berlios.de/projects/tuxbox/>).

Aufnahme

Besonders interessant ist die Möglichkeit, den MPEG2-Stream von Fernsehsendungen im LAN mitzuschneiden. Dafür gibt es eine Reihe von Zusatztools, die einen Windows- oder Linux-PC in einen Videorecorder verwandeln. Die Netzwerkschnittstelle bietet zwar nur eine Bandbreite von 10 MBit/s, das reicht aber in den meisten Fällen aus, um die Daten eines Streams fehlerfrei zu übertragen.

Bei Neutrino kann ein PC den Program-Stream des gewünschten Senders von der dbox per HTTP anfordern, indem er eine spezielle URL aufruft. Unter Windows kann man mit dem Tool WingrabZ ('Zapit Edition') aus der Senderliste der dbox das aufzunehmende Programm bequem auswählen; mit einem einfachen Timer lässt sich die Aufnahme auch zeitverzögert starten. Bei WingrabE muss man die Video- und Audio-PID des gewünschten Senders angeben, die über das Neutrino-Menü in den 'Stream-Informationen' nachzulesen sind. Mit dem Windows-Tool Tuxvision lässt sich das von der dbox übertragene Fernsehprogramm auch in Echtzeit auf dem PC-Monitor betrachten - vorausgesetzt, der PC ist schnell genug, um MPEG zu dekodieren.

Mit einem 'Streaming Server' kann Neutrino Sendungen aufnehmen, die der Anwender am Fernsehschirm im EPG zur Aufnahme markiert hat. Dabei übernimmt die dbox die Steuerung des externen Server-Programms. Wenn die gewünschte Sendung beginnt, schickt die dbox den MPEG-Stream an den Server, der die Datei automatisch mitschneidet. Für Windows steht für diesen Zweck das Tool Ngrab zur Verfügung. Für die Aufnahme mit einem Linux-PC gibt es neben dem Kommandozeilen-Programm grab auch das grafische Tool QBOPS, das auch als Streaming-Server dienen kann.

Die Streaming-Tools können das Fernsehprogramm entweder in getrennten Dateien für Audio und Video aufzeichnen oder einen MPEG2-Program-Stream erzeugen. Der Program-Stream ist dem Format sehr ähnlich, das auf einer Video-DVD zu finden ist. Auf dem PC lässt er sich deshalb problemlos mit DVD-Player-Software wie WinDVD abspielen. Das Tool FlaskMPEG konvertiert die Aufnahmen auch in platz sparende DivX-AVIs.



Auch in Werbepausen kommt mit Linux keine Langeweile auf: Mit der Fernbedienung spielt man einfach Spieleklassiker wie Lemmings oder Tetris.

Um mit Winamp einen digitalen Radiosender oder den Tonkanal eines Fernsehsenders über das lokale Netz live von der dbox abzuspielen, braucht man keine zusätzliche Software. Bei Winamp genügt es, mit CTRL-L eine URL mit der IP-Adresse der dbox auf dem Port 31338 zu öffnen, der man die Audio-PID des gewünschten Senders anhängt, etwa `192.168.0.5:31338/030eh`. Dem hexadezimalen Wert der AudioPID muss man dabei ein `h` anfügen. Tuxvision bringt darüber hinaus ein Winamp-Plug-in mit, mit dem sich vom PC aus beliebige Musikdateien über die Audio-Ausgänge der Box abspielen lassen.



Die dbox dient dem Heimnetz auch als Quelle für digitale Radioprogramme. Mit der richtigen URL holt Winamp den Audio-Stream direkt von der Box ab.

Fernseh-Freiheit

Die hier vorgestellte Software stellt nur einen kleinen Ausschnitt der mittlerweile für die dbox2 verfügbaren Anwendungen dar. Enigma bringt einen MP3-Player mit, der Musikdateien abspielt, die im Netzwerk auf einer NFS-Freigabe angeboten werden. Der Newsticker TuxNews blendet ein Laufband mit Neuigkeiten aus beliebigen Internet-News-Diensten ein, die ihre Texte als RDF-Dateien anbieten. Mit einem speziellen

Router-Image verteilt die dbox den häuslichen Internet-Zugang an mehrere PCs. Spiele-Klassiker wie Tetris und Lemmings versüßen die Werbepausen; sogar ein C64-Emulator ist erhältlich. Mit dem Clipmode kann die dbox MPEG-Videos aus dem LAN auf dem Fernsehbildschirm abspielen. Damit wird vielleicht bald der komfortable Netzwerk-Videorecorder Realität. Für Linux-Entwickler ist die dbox2 eine Spielwiese, die der Fantasie kaum Grenzen setzt - die Programmierer vom Projekt Tuxbox freuen sich über jede Hilfe. (kav)

Der Autor Steffen Hehn (McClean) ist Vater des Neutrino-Projekts. Stephan Meier (Pacman) und Dietmar Hölscher sind ebenfalls im Tuxbox-Projekt aktiv.

Soft-Link 0226224

Kasten 1

Neutrino

Im Unterschied zu Enigma und LCars besteht Neutrino nicht aus einem einzelnen Programm, sondern ist in mehrere Daemon-Applikationen aufgeteilt, die miteinander via Unix Domain Sockets kommunizieren. Die laufenden Dienste des Neutrino-Systems zeigt der ps-Befehl auf der Linux-Kommandozeile an:

Neutrino: Das Hauptprogramm von Neutrino implementiert die Bedienoberfläche des Systems. Es nimmt die Eingaben von der Fernbedienung entgegen, erzeugt die Bildschirm-Menüs und koordiniert die anderen Neutrino-Prozesse.

Sectionsd wertet die Informationen des Electronic Program Guide aus und ermittelt, ob ein Sender mehrere Perspektiven oder Tonkanäle anbietet. Da der Sectionsd die Programminformationen aller Sender des aktuellen Transponders verarbeitet, benötigt er sehr viel Rechenzeit und wird deshalb beim Streamen von Fernsehsendungen angehalten.

zapit verwaltet die Senderlisten und schaltet zwischen den Kanälen um. Im Verzeichnis /var/tuxbox/config/zapit findet man mehrere Konfigurationsdateien für diesen Dienst. Die Datei zapit.conf enthält die bei der Sendersuche gefundenen Einstellungen für LNB und DisEQ. Die Liste der Sender und ihre Sortierung in Bouquets speichert zapit in den Dateien services.xml und bouquets.xml. Wenn man von diesen Dateien Sicherheitskopien anfertigt, lassen sie sich nach dem Einspielen eines neuen Image leicht wiederherstellen. Alle Funktionen von zapit können auch via Telnet angesteuert werden. Zum Fernsehen ist es also nicht unbedingt notwendig, dass Neutrino selbst gestartet wird.

Nhttpd ist der Webserver, der die Browser-Oberfläche zur Verfügung stellt. Mit einfachen Aufrufen des Linux-Tools wget ist es möglich, die gesamte dbox von außen zu steuern. Diese HTTP-Schnittstelle nutzen zum Beispiel externe Streaming-Programme wie Wingrab. Mit einem normalen Browser kann der Benutzer komfortabel zappen, die Lautstärke ändern, Timer ansehen und löschen und vieles mehr. Die Konfigurationsdatei für Nhttpd findet man unter /var/tuxbox/config/nhttpd.conf.

Timerd führt zeitgesteuerte Aktionen aus, wie die Aufnahme von Sendungen auf einem externen Streaming-Server. Zur eingestellten Uhrzeit kann das Programm auch auf einen vorgemerkten Kanal umschalten oder die Box automatisch herunterfahren.

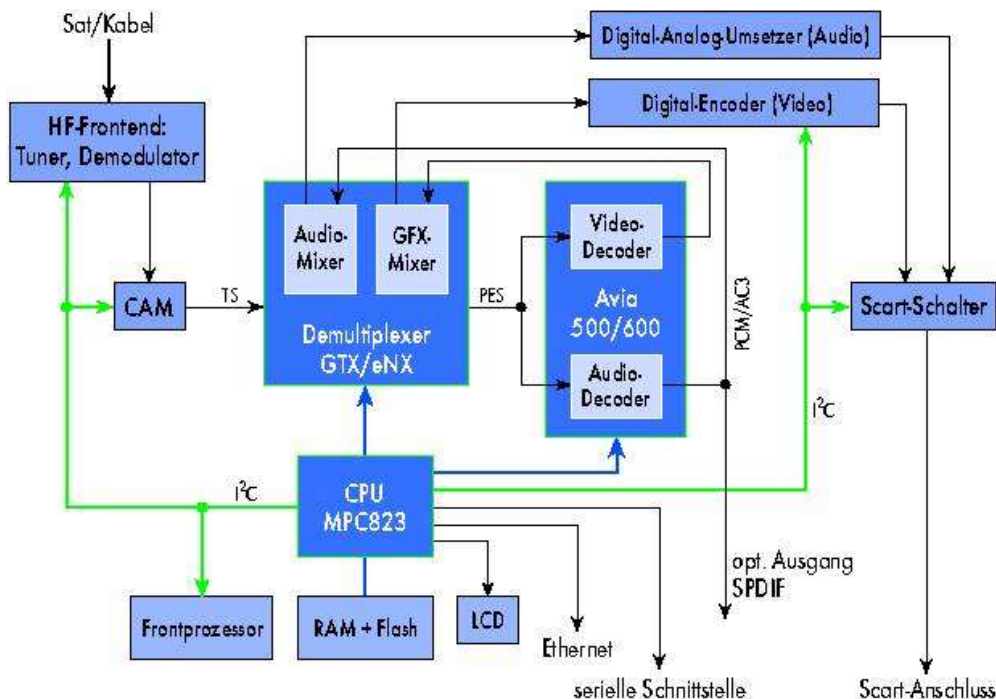
Controld: Der Control-Daemon steuert alle externen Anschlüsse. Er kann die Lautstärke des Audiosignals einstellen, den Videoausgang zwischen RGB, S-Video und Composite umschalten und das Bildschirmformat auf 16:9 oder 4:3 einstellen.

Lcdd: Der LCD-Daemon steuert das Display am Gerät.

Innenleben

Die Hardware der Geräte von Nokia, Sagem und Philips unterscheidet sich in wenigen Details. Das Herz der dbox2 ist ein mit 66 MHz getakteter PowerPC-Prozessor MPC823 von Motorola, dem 32 MByte SDRAM-Speicher zur Verfügung stehen. Eine FPU enthält er nicht, sodass Software alle Gleitkomma-Operationen selbst berechnen muss. Die Rechenleistung der CPU reicht damit gerade noch aus, um MP3s zu dekodieren. Im normalen Fernsehbetrieb muss die CPU nicht viel rechnen, weil ihr für alle Aufgaben Spezialbausteine zur Seite stehen.

Zusätzlich zum Arbeitsspeicher enthält das System ein 8 MByte großes Flash-ROM, in dem das Betriebssystem gespeichert ist. Die Geräte sind entweder mit einem oder zwei Flash-Bausteinen der Firmen Intel oder AMD bestückt. Bevor man Linux aufspielt, sollte man einen Blick auf die Platine werfen, um die Zahl der Speicherbausteine zu bestimmen; das im Netz erhältliche Linux-Image liegt in zwei Versionen für die unterschiedlichen Bauweisen vor.



Die PowerPC-CPU hat im normalen Betrieb nicht viel zu tun, weil ihr leistungsfähige Spezial-Chips zur Seite stehen.

In den ersten 128 KByte des Flash-Speichers befindet sich der Boot-Loader, der die Hardware initialisiert und den Betriebssystem-Kernel lädt - ähnlich wie das BIOS eines PC. Dieser Bereich ist bei fast allen Boxen mit einem Hardware-Schreibschutz versehen, der zum Einschalten des Debug-Modus entfernt werden muss. Der Rest des Flash-ROM wird als Massenspeicher angesprochen und ersetzt so die nicht vorhandene Festplatte. In die CPU integriert ist der Ethernet- und ein I²C-Bus-Controller, der die Systemkomponenten steuert. Über die serielle RS232-Schnittstelle lässt sich ein PC per Nullmodemkabel anschließen. Im Debug-Modus kann der Boot-Loader damit über eine Konsole gesteuert werden; auch die Linux-Konsole nimmt auf diese Weise Befehle entgegen. Für das analoge Modem mit 56 kBit/s ist im Moment leider kein Treiber verfügbar - auch nicht für Linux.

Aus dem Weltall ...

Jeder Hersteller der Settop-Box hat für den Anschluss von Kabel oder Satellit ein eigenes HF-Frontend entwickelt, das den Tuner und den Demodulator für das Empfangssignal enthält. Als Ausgangssignal liefert er den digitalen Datenstrom eines Transponders. Der Transponder nimmt die Bandbreite ein, die normalerweise ein analoger Sender belegen würde. Der auf ihm gesendete 'Transport Stream' wird in 188 Byte großen Paketen mit durchschnittlich 30 MBit/s übertragen. Pro Transponder lassen sich durchschnittlich fünf bis zehn Fernsehprogramme unterbringen.

Als nächstes durchläuft der Datenstrom das Conditional Access Modul (CAM). Das in der dbox2 enthaltene Alphacam-IC hat Betaresearch eigens für Premiere entwickelt. Das Alphacam entschlüsselt die kostenpflichtigen Kanäle und steuert die Chipkarten an. Obwohl es theoretisch auch für andere Verschlüsselungssysteme geeignet ist, lassen sich damit zurzeit nur die mit Betacrypt geschützten Premiere-Kanäle nutzen. Das Alphacam benötigt eine spezielle Firmware, den Microcode (ucode), die in einer sehr hardwarenahen Programmiersprache verfasst ist. Mit solchen Dateien kann Betaresearch sein CA-Modul bei einem Software-Update umprogrammieren. Da die Microcode-Dateien nicht frei im Internet erhältlich sind, sollte man vor dem Aufspielen von Linux unbedingt ein Image der Original-Firmware anfertigen. Daraus kann das Boot-Manager-Tool für Windows die aktuellen Microcodes extrahieren.

Den vom CAM entschlüsselten Datenstrom reicht die dbox2 an den Demultiplexer weiter, ein IC der Firma C-Cube. Dieser Baustein filtert aus dem Transport-Stream einzelne Datenströme für die Wiedergabe heraus. Die Streams sind dazu mit einer PID-Nummer markiert. Neben Video- und mehreren Audiokanälen kann ein Sender über weitere PIDs Videotext und andere Daten anbieten, etwa für Online-Dienste.

Nokia verwendet die ältere Variante GTX des Demultiplexers, bei Sagem und Philips arbeitet der Nachfolger eNX. Das neuere Modell bietet mehr Funktionen als sein älterer Bruder. Der eNX ist zum Beispiel in der Lage, die Bildschirm-Menüs sanft ein- und auszublenden und eignet sich besser für den - im Moment noch experimentellen - Clipmode, in dem die dbox über das Netzwerk empfangene MPEG2-Videos auf dem Fernsehgerät wiedergibt. Dazu ist der ältere GTX weniger gut geeignet, weil seine Schnittstelle zur CPU nicht über die nötige Bandbreite verfügt. Der Demultiplexer liefert als Ausgangssignal für den MPEG-Decoder einen Dual-PES (Packetized Elementary Stream).

... auf den Bildschirm

Sagem und Philips verwenden als MPEG-Decoder das ebenfalls von C-Cube produzierte IC AVIA600. In Nokias Geräten findet man zum Teil noch den Vorgänger AVIA500, der aber die gleiche Leistung bietet. Wie das Alphacam benötigen auch der Demultiplexer und der MPEG-Decoder Microcode-Dateien als Firmware.

Die dekomprimierten Bild- und Tondaten wandern nun aus dem MPEG-Decoder wieder in den Demultiplexer zurück, der zusätzliche Mixer-Funktionen für Video und Audio enthält. Damit überlagert der Baustein die TV-Bilder mit den Menüs der Bedienoberfläche aus dem Framebuffer. Das Ergebnis wandelt der Digital Encoder (DENC) SAA7126 von Philips in ein analoges Signal. Um das Audiosignal kümmert sich ein eigener Konverter (DAC). Ton und Bild treffen schließlich am Scart-Schalter zusammen, der die Signalquellen am Scart-Ausgang umschaltet und die Schaltspannung steuert, die das richtige Seitenverhältnis, 16:9 oder 4:3, auf dem Fernseher einstellt. Ein 8-Bit-Mikrocontroller von NEC dient als Frontprozessor, an dem auch der Infrarot-Empfänger für die Fernbedienung angeschlossen ist. Wenn die dbox im Deep-Standby-Modus schläft, fährt er sie wieder hoch, sobald jemand die Ein-Taste der Fernbedienung drückt.