

家電に続々採用でLinuxに囲まれる生活が実現

組み込みLinuxの 今と未来

家電に限らず、さまざまな製品で「マイコン内蔵」は当たり前だが、それらをネットワークでつなぐことで、もっと便利になる「ユビキタス・コンピューティング」の実現に向けて開発が進んでいる。そこで、ネットワーク接続に求められる機能を兼ね備えたLinuxが組み込みシステムの分野で採用されているのだ。その組み込みLinuxとは何かを探る。

文： 中村憲一（アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド）
Text： Kenichi Nakamura (Upwind Technology, Inc.)
<http://www.upwind-technology.com/>
nakamura@upwind-technology.com

組み込みLinuxの
今と未来

組み込みLinuxとは?

本誌の読者の方には説明するまでもないだろうが、ここでは今まで組み込み分野にあまり馴染みのなかった方のために組み込みLinuxとはどういうものか簡単に説明する。

現在、デスクトップPCやPCサーバの分野では、Red Hat Linux、Turbo linux、Vine Linux、Debian GNU/Linux、LindowsOSなどのディストリビューションが存在する。そして、この中でもPCサーバ分野ではIBM、Dell、HPがプレインストールして販売しているようにRed Hat Linuxが有名である。

これと、同じことが組み込みLinuxの世界でも当てはまる。現在、各社からさまざまな組み込みLinuxディストリビューションやソリューションが発売されている(表1)。これに日本での販売チャンネルを持たないものや各個人によるものも含めると莫大な数になる。そして、この中でも特に、ソニー、松下、NEC、ヤマハなどが支援しているMontaVista Linuxが有名である。

また、米Metrowerks社のOpenPDAは、シャープのザウルスSL-C750 / 760に採用されているので、すでに利用されている方も多だろう。しかし、日本発のディストリビューションが少ないのが非常に残念である。また、これら以外にも組み込みLinux

に関連したWebページは、「日本の組み込み情報」のWebページ(画面1)でも紹介されているので、そちらも参照していただきたい。

PC用Linuxと組み込み用Linuxとの違い

上記のように組み込みの世界でもさまざまなディストリビューションが存在する。しかし、組み込み用Linuxには、PCの世界とは大きく異なることがいくつかある。

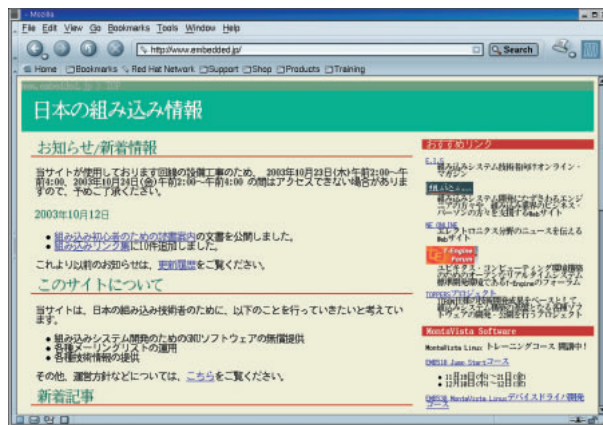
まず、組み込みの世界ではPCのマザーボードに当たるようなボードは存在しない。ひと言に組み込み機器と言っても、携帯電話、家庭用電話機、携帯ゲーム機、家庭用ゲーム機、HDDレコーダ、DVDレコーダ、カラオケ機器、制御機器、ミサイル、ロケット、火星探査機など、用途も大きさも、そして価格も異なるものが存在する。

具体的に説明すると、

- ・ プロセッサ
- ・ ボード
- ・ RAM容量
- ・ Linuxカーネルやファイルシステムを格納する場所
- ・ 接続されるデバイス

などが各機器によって異なっているのである。つまり、これらすべての組み込み機器に共通するプロセッサ/ボードは世の中には一切存在しない。組み込み用途に使用されるLinuxは、それが使用される機器に搭載されたありとあらゆるプロセッサ、ボード、RAM容量、システム、デバイスなどに対応しなければならないのである。つまり、PC用Linuxではi386のみをサポートすれば良いが、組み込み用LinuxではARM、XScale、MIPS、PowerPC、SuperH、V850、68000などのCPUに対応する必要がある。そして、表1に示したディストリビューションでは、実際にこれらのプロセッサに対応して

画面1 日本の組み込み情報
http://www.embedded.jp/



製品名	開発元	URL	日本での販売元
MontaVista Linux	米MontaVista Software	http://www.mvista.com/	モンタビスタソフトウェアジャパン
BlueCat Linux	米LinuxWorks	http://www.linuxworks.com/	日進ソフトウェア
TimeSys Linux	米TimeSys	http://www.timesys.com/	日新システムズ
RTLlinux	米FSMLabs	http://www.fsmlabs.com/	エフエスエムラボ・ジャパン
OpenPDA	米Metrowerks	http://www.metrowerks.com/	メトロワークス
Silicon Linux	りぬくす工房	http://www.si-linux.com/	
axLinux、zxLinux	アックス	http://www.axe-inc.co.jp/	
uLinux	リネオソリューションズ	http://www.lineo.co.jp/	

表1 組み込みLinuxの主なディストリビューション

いる。

また、ボードのほうは、世の中には数え切れないほどの種類が存在するのでディストリビューターが対応していないボードについては、各ボードベンダーが自社のボード用のカーネルやデバイスドライバを配布している場合が多い。組み込みLinuxが動作するボードの例を表2に示す。また、組み込みLinuxが動作することが確認されている国内製品の例を表3に示す。



組み込みLinuxの歴史

当初、Linuxが動作するのはi386、Alpha、SPARCくらいのCPUであったが、いつの間にかPowerPC、SuperH、ARM、StrongARM、XScale、MIPS（TXシリーズ、VRシリーズ）、AM33などのCPUに次々と移植された。PS2のプロセッサであ

るEmotion Engineに移植されたものが、PS2 Linuxとして限定販売されたのは記憶に新しいだろう。

また、uClinuxは当初MMU（Memory Management Unit）の搭載されていないM68000用の組み込みLinuxとして開発されたが、そのフットプリントの小ささが好まれ、現在ではH8、V850などにも移植されている。

さらに、より広い分野で組み込み機器に採用されることを目的として、一部のディストリビューターからはリアルタイム化されたバージョンが提供され始めた。米FSMLabsのRTL Linuxや、米TimeSys社のTimeSys Linuxである。一般的に、ロボットのコントローラや医療機器など、リアルタイム処理が必要な機器については、普通の組み込みLinuxをそのまま使うことは難しい。UNIXに採用されているタイムシェアリングスケジューリン

グでは、何か問題が発生した場合に対応できないのである。実際に、米航空宇宙局（NASA）の火星小型探査機「マーズパスファインダー」にTimeSys Linuxが採用されたことが有名である。



Linuxを使うメリット（他OSとの違い）

会社（メーカー）にとって大切なことは利益を上げることである。せっかくヒット商品を生み出しても莫大な開発費やロイヤリティなどで利益を圧迫されては意味がない。人件費を削減することは難しいが、開発ツールのライセンス費用やロイヤリティをカットすることは可能である。そう、組み込みLinuxを採用することである。極端に言えば、今まで数億円かかっていたそれらの費用をゼロにすることができるのである。

アーキテクチャ	プロセッサ	製品名	販売元	URL
x86	Geode	PNM-SC1 / SC2	ピノー	http://www.pinon-pc.co.jp/
	Pentium	HFMB-20	ダックス	http://www.dux.co.jp/
ARM	ARM7	Armadillo	アットマークテクノ	http://www.atmark-techno.com/
	DragonBall i.MX1	GDKARM9	ガイオ・テクノロジー	http://www.gao.co.jp/
XScale	PXA250	BDT005	ソフィアシステムズ	http://www.sophia-systems.co.jp/
SuperH	SH-4 (SH7750R)	MS104-SH4	アルファプロジェクト	http://www.apnet.co.jp/
	SH-3 (SH7727)	MS7727CP01	日立超LSIシステムズ	http://www.hitachi-ul.co.jp/
	SH-3 (SH7706、7709A、7709S、7727)	Solution Engine		
	SH-4 (SH7750、7750R、7751、7751R)	Solution Engine		
	SH-4他	Solution Platform	京都マイクロコンピュータ	http://www.kmckk.co.jp/
	SH-4 (SH7751)	CQ RISC評価キット/ SH-4PCI with Linux	CQ出版	http://www.cqpub.co.jp/
MIPS	VR4181A	TCS-8000	東亜ディーケーケー	http://www.tcs-8000.info/
PowerPC	IBM PowerPC405GP	EP405	イノマイクロ	http://www.inno.co.jp/
	Motorola MPC8260	EP8260		
	Motorola MPC862、860、857、855	EP862		
	Motorola MPC860、855T	RPX Classic		
	Motorola MPC823e、850	RPX LITE		

表2 組み込みLinuxが動作する国内で入手可能なボード

プロセッサ	製品名	販売元	URL
Emotion Engine	PlayStation 2	ソニー・コンピュータエンタテインメント	http://www.ps2linux.com/
SH-4	Dreamcast	セガ	http://www.sega.co.jp/
StrongARM/Xscale	iPAQ Pocket PC	日本ヒューレット・パッカー	http://www.hp.com/
VR4121	モバイルギア	日本電気	http://www.pdabiz.jp/
VR4131	シグマリオンII	NTTドコモ	http://www.nttdocomo.co.jp/

表3 その他組み込みLinuxが動作することが確認されている国内で販売されている製品

組み込みLinuxの 今と未来

ここでよく誤解されるが、これはあくまで組み込みLinuxを扱える技術者が社内にいる場合である。一般的には、今まで商用のリアルタイムOSを使用して開発してきた会社には、組み込みLinuxどころかPC上のLinuxを扱える技術者などいないのである。このような会社が組み込みLinuxを採用するには人材調達もしくは人材開発から行うことになる。

組み込みLinuxは急速に広まった技術であり、有能なエンジニアを調達することはかなり難しく、多くの場合人材を開発しなければならない。1人だけを教育するのであれば、その人の能力にも依存するが、さほど費用はかからないだろう。しかし、携帯電話のような大規模な機器では1つの機種に何百人も携わることが普通である。このような場合、少なく見積もって1人当たり10万円の教育費用をかけるとしても、全体では何千万円にもなってしまう。大企業の場合は、売り上げが大きいので人材開発に数千万円かかったとしても十分な利益を生み出すことができるが、中小企業の場合は、売り上げが少ないと赤字になってしまう可能性がある。すなわち、人材調達/人材開発にかけられる費用とのトレードオフを見極める必要があるのである。

ライセンス問題について

本記事を執筆している2003年10月15日現在、SCOとIBMが著作権侵害やライセンスについて係争中である。もちろんこの問題は組み込みLinuxの世界についても当てはまり、実際にSCOは組み込み機器1台につき32USDを請求している。

2003年10月1日には、SGI社がWeb上で公開した書簡において「ate_utils.cほかのファイルについて、

SGI社の不注意により不適切なソースコードがLinuxカーネルのソースコードに含まれてしまった」ことを認め、2003年8月25日にリリースされたバージョン2.4.22において削除されたことを発表した。

このように常にライセンス問題がつきまとっているGNU/Linuxを組み込み分野で使用するためには、相当の調査活動を必要とする。サーバ分野では、緊急の事態が発生したとしても保守契約を結んでいる顧客のところ担当者が駆けつけて、サーバから不適切なソースコードを削除したり、カーネルをアップデートすればよいだろうが、組み込み分野ではサーバの出荷数とは比較にならないほど製品の出荷数が多く、携帯電話などは100万台を超えることもいまや当たり前であるため、とうてい不可能である。

万が一不具合があった場合、まだ携帯電話などのような大きさの機器であれば「お手数ですが、お近くのサービスステーションまでご持参ください」と言うことも可能であるが、据え置き型のHDD/DVDレコーダでは、そうはいかない。ましてや、今話題の大型フラットパネルディスプレイなどは、1人では重すぎて車にも乗せられない。

したがって、このようなコンシューマ商品では、当然であるが決して不具合はあってはいけない。しかし、実際は、著作権侵害やライセンス違反、そしてバグのないソフトウェアを作るとは非常に難しい。バグのないソフトウェアを作るとは、各メーカーやその下請け企業の技術力（品質検証力）に委ねられるが、著作権やライセンスについてすべてを調査することは、ほとんど不可能である。

組み込みLinuxを採用する前は、自社で開発したOS（日本では、ほとん

どがμITRON仕様に基づいたリアルタイムOS）や商用の組み込み機器用OS（Windowsではない！）を採用しており、著作権やライセンス問題についても明確であった。しかし、組み込みLinuxでは、一般のGNU/Linuxシステムと同様、誰も保証してくれる人（会社）がないのである。そこで、組み込みLinuxを採用する会社の不安をなくすためにも、まず著作権侵害やライセンス違反がないことをある程度保証してくれるサービスが存在する。

イーエルティが2003年9月から始めた「GPLアセスメントサービス GPL/Clinic」である。これは、ライセンスコンメンタル（逐条解説）サービス、デザイン検証サービス、モジュール解析診断サービス、インプリメンテーションサービスから成り、GPL/LGPLライセンスの各セクションの詳細な説明から、ユーザーが開発するモジュールについてコーディング方法などのアドバイス、すでに作成したモジュールの解析、GPLに適した実装までも行ってくれるサービスである。今後、組み込みLinuxを採用するプロジェクトが増えれば増えるほど、このようなサービスが重要になってくるものと思われる。



製品情報

まだまだ普及するのは先かと思われてきた組み込みLinuxであるが、すでに一般家庭にも浸透してきている。いくつか販売されてはいたが、昨年、ソニーがCoCoonに採用したことをきっかけに、今まで採用するのを躊躇していた他のメーカーでも一気に採用し始めた。現在では、PDA、ビデオレコーダ、ゲートウェイ、ホームサーバなどに採用されている。それらの具体例

を表4に示す。また、最近では、NECが携帯電話に採用すると発表しており、来年にはFOMAの端末として発売される予定である。

そして、組み込みLinuxシステムは、GPL / LGPLソフトウェアの集まりであるため、ソースコードの公開方法を何らかの形で用意しておかなければならない。ちなみに、ソニーは、Source Code Distribution ServiceのWebページ (<http://www.sony.net/Products/Linux/>) において、ソニー製品に採用された組み込みLinuxのソースコードを公開している。製品にソースコードを収録したCD-ROMを添付しない代わりにWebページ上で提供していると思われる。そのほか、世界中の組み込みLinuxが採用された機器については、Linux Devices.COMのWebページ (画面2) を参照してほしい。



今後の組み込みLinux

組み込みLinuxに関して活動している団体、新たに設立された団体を表5に示す。

社団法人日本システムハウス協会で

は、歴史のある組み込み業界各社の団体だけあって数年前から組み込みLinuxに着目している。Linux研究会の組み込みLinux動向調査チームにより、「Embedded Linuxにおける技術動向」と題した調査報告書が2002年3月に作成されている。これは、おそらく日本で初めて組み込みLinuxについて詳細に調査した報告書であろう。この報告書の抜粋が同協会のWebページよりダウンロードできるので、興味のある読者はぜひとも見てほしい。

画面2 LinuxDevices.COM
<http://www.linuxdevices.com/>



なお、2003年10月現在も引き続き、組み込みシステムにおけるプラットフォームについてLinuxを含め調査活動を行っている。

また、海外では、以下に示す米国のベンダーが中心となり2000年3月にEmbedded Linux Consortium (以下ELC) が設立された。

- Agilent Technologies
- Computer Associates
- Finite State Machine Labs

団体名	URL
社団法人日本システムハウス協会 (JASA)	http://www.jasa.or.jp/
Embedded Linux Consortium (ELC)	http://www.embedded-linux.org/
日本エンベッド・リナックス・コンソーシアム (Emblinx)	http://www.emblinx.org/
T-Engine フォーラム	http://www.t-engine.org/
CE Linux Forum	http://www.celinuxforum.org/

表5 組み込みLinux業界の動向

メーカー	製品カテゴリ	製品名、型番
ソニー	ホームシアターシステム	CoCoon (NAV-E900 / E600)
	ビデオレコーダ	CoCoon (CSV-S55 / CSV-E77 / CSV-P500 / NDR-XR1)
	デジタルテレビ	WEGA (KDE-P50HZ1 / KDE-P42HZ1)
	家庭用ゲーム機	PlayStation BB Navigator
	ブロードバンドAVルータ	HN-RT1
	ビデオスイッチ	CCP-8000 / CCP-9000
シャープ	パーソナルサーバ	Galileo
	PDA	ザウルス (SL-A300, SL-B500, SL-C700 / 750 / 760)
松下電器産業	ビデオレコーダ	Broadnow (FZ-BB1000)
パナソニックコミュニケーションズ	ホームゲートウェイ	ホーム・IPセキュリティ・ゲートウェイ
	ネットワークゲートウェイ	デジタルネットワークゲートウェイ (DN-G200)
NTT-ME	ホームサーバ	LivingGate i
日本電算機	家庭用サーバ	iBox ブロードメディアサーバ
日本電気	ホームAVサーバ	AX-10
プラット・コミュニケーションコンポーネンツ	ブロードバンド・ターミナルボックス	BTBox
ぶらっとホーム	マイクロサーバ	OpenBlockSシリーズ

表4 組み込みLinuxが採用されている製品の例

組み込みLinuxの 今と未来

- IBM
- LinuxWorks
- Motorola / Metrowerks
- MontaVista Software
- Matsushita Electric Industrial
- Samsung Electronics
- Sharp Corporation

この団体は、組み込み機器に要求される機能をLinuxカーネルで実現するための仕様をアプリケーションプログラミングインターフェイス（API）レベルで決定し、Linuxを広く普及させることを目的としている。現在、ELCのWebページでは、Embedded Linux Consortium Platform Specification（ELCPS）v1.0が配布されている。

その後、米国のELCに連動するかのように、2000年7月、日本でも日本エンベデッド・リナックス・コンソーシアム（以下Emblinx）という任意団体の設立が発表された。この団体は、産学協同による組み込みLinuxの標準化とその普及の推進という目的のもとにワーキンググループ、専門小委員会、テクニカルセミナーの開催などの活動を行っている。2003年8月現在、106の企業・団体が参加しており、NPO（特定非営利法人）化を進めている。

一方、T-Engineフォーラムは、T-Engineの普及を目的として活動してきたが、2003年3月、その活動の一環としてT-kernel上に実装される組み

込みLinuxであるT-Linuxを開発することについて米MontaVista Software社と合意した。近いうちにTRON上で動作するLinuxが発表されるだろう。

さらに、2003年7月には、CE Linux Forumが設立された。これも、組み込みLinuxの標準化や機能改善を進めるのが目的であるが、ELCやEmblinxのようにベンダーが中心となって活動するのではなく、ソニーや松下といった組み込みLinuxを実際に製品に利用するメーカーが中心となって活動するという点が異なっている。また、各メーカーが実装したソースコードをマージして提供することにより、各メーカーで同じような開発を行うのを避け、製品開発の効率化を図っている。ただ、フォーラム自身では開発は行わず、サポートなどは既存のディストリビューターが行うことになっており、8月には米MontaVista Software社や米TimeSys社が加盟している。フォーラムの活動の成果については、来年初頭に公開される予定である。

日本政府の動向

各メディアでも大きく報道されているが、日本の経済産業省の動きも活発である。2003年8月には、商務情報政策局情報経済が「オープンソース・ソフトウェアの現状と今後の課題について」という報告書を公開している。

経済産業省自らがWebページ上で「オープンソースソフトウェアに対する理解と利用の促進に資することを期待するものである」と説明しており、報告書の内容からも日本政府として積極的に組み込み機器でもLinuxを普及させたい考えであることが読みとれる。

Linuxコミュニティの動向

Linus Torvalds氏とAndrew Morton氏がOSDLに参加し、カーネル2.6のリリース作業が本格化している。表6にLinuxカーネル2.6のリリースへの動きを示すが、年内に2.6がリリースされる予定とのことである。すでにデスクトップ用Linuxでは、カーネル2.6のテストリリースを含んだ製品も販売され始めているが、カーネル2.6では、プリエンブティブカーネル、電源管理、ジャーナリングファイルシステムなど組み込み用途に適した機能が充実しているため、組み込み用のLinuxのほうも少し遅れて追従すると思われる。



まとめ

このようにベンダー、メーカー、政府などあらゆる場所で組み込みLinuxがすでに普及している。また、読者の中には本記事で紹介した製品をすでに購入して使っている方々もいるだろう。実際、筆者もシャープのPDA、SL-C700を所有しており、さらに組み込みLinuxを採用した某メーカーのデジタル家電の開発に参加している。1年後には、家庭、オフィス、工場、繁華街などありとあらゆる場所で、携帯電話、HDD / DVDレコーダ、OA製品、監視カメラなど組み込みLinuxが採用された製品が使われることになるだろう。

バージョン	リリース日
linux-2.6.0-test1	2003/7/13
linux-2.6.0-test2	2003/7/23
linux-2.6.0-test3	2003/8/8
linux-2.6.0-test4	2003/8/22
linux-2.6.0-test5	2003/9/8
linux-2.6.0-test6	2003/9/27
linux-2.6.0-test7	2003/10/8
linux-2.6.0-test8	2003/10/17
linux-2.6.0	年内にもリリースか？

表6 Linuxカーネル2.6のリリースへの動き