

組み込み Linux の試験と検証

小川清, 齊藤直希, 真鍋孝顕, 渡部謹二[†], 山名彰博, 加藤英成, 小浜徹, 馬場雄二, 藤本知省, 松良明[†],

名市工研[†]

中部エレ振[†]

1. まえがき

組み込みシステムでは, CPU, 周辺装置の試験とともに, 開発環境, OS, ネットワークの試験が重要になっている。そのため, 開発環境と実行環境が同じで, ネットワークへの対応が充実しているLinuxを組み込み機器で利用することが容易になっている。中部エレクトロニクス振興会では, 技術委員会の第5分科会として名古屋市工業研究所との共同研究の一貫として組み込みLinuxの試験と検証に関して調査, 研究をはじめており, 現在の状況を報告する。

2. 調査対象の範囲

組み込みシステムでは, 人工衛星のように, 一度稼動しはじめると, 物理的な部品の交換が困難なものから, 自動車, 電子複写機のように定期点検により部品交換を実施するものがある。また, ソフトウェアもネットワークに接続して随時更新可能な場合と, ROMに焼いてハードウェアごとの交換が難しい場合がある。そこで, 組み込みシステムといっても接続する機器, 仕様, 目的によって, 試験, 検証の方法は異なることが考えられる。

本年度は対象とするシステムを限定し, 基本的な試験, 検証方法の確立と選択肢の提示をめざし, 対象範囲の限定と, 試験, 検証方法の特定を行うことにした。また, 基本的な構成要素については, 参加企業の共通で利用することが想定される部分とするため調査を行った (表 1)。

表 1 製品が対象とするシステムの範囲

要求事項	A	B	C	D	E	備考
機器への組み込み						専用ハードで機器制御
Ethernet			×			Internet 遠隔保守
24 時間連続稼動						安定性
GUI	×	×				VGA 程度

ネットワークでの保守を前提としたシステムは拡張

Testing and Verification for Embedded Linux.
Ogawa Kiyoshi, Saito Naoki, Manabe Takaaki, Watabe Kinji (NMIRI), Yamana Akihiro, Kato Hidenari, Obama Touru, Baba Yuji, Fujimoto Tomomi, Matsura Akira(Chu. Ele.)

部分で対応することとし, 他のOSの検証については今後の課題として本年度の調査対象から除外した。主な構成要素としては, メモリ, ファイルシステム, ネットワーク, 専用ハードとしてのシリアル・パラレル・USBとした。

3. 試験方法

OSに関する規格には, IEEEから発行されISO/IECの規格になっているPOSIXがある。そこで, 基本的な試験を実施するためにはPOSIXの試験に関する規格[1]を出発点とした。POSIXの試験方法に関しては, 試験の規模と試験の機能により, それぞれ3種類ごとに分類している。これに習いシステムの規模を, 単純 (simple), 標準 (intermediate) 及び複雑 (complex) に分類した。試験の機能の分類はPOSIXの試験分類を参考に, 識別試験 (identification test), 単体試験 (unit test) と統合試験 (scenario based integration test) とに分類した。

システムの規模の単純は, Linuxを利用する場合の最低限のシステム構成と, 利用したい構成要素の最小構成を含む範囲とした。標準は, 構成要素の基本的な機能を利用する場合の構成とした。複雑は, 医療機器をはじめ, 想定するシステムのうち, 最も複雑な構成を含むことができるように, 選択式とした。例えば, ネットワークでは, 単独でlocalhostに対する試験のみとする。標準は1対1の通信, 複雑では, その仕様上記載する条件の最も複雑な場合を設定する。例えば, サブネットをまたいだ, GWを介した通信を含む。

試験の機能の分類のうち識別試験は, その機能の識別試験が定義されている場合は, その識別試験とした。識別試験が決まっていなくても, 存在確認の方法が決まっている場合には, 存在確認の方法とした。それ以外の場合には, 機能試験の最も単純なものを識別試験の代替とすることにした。

機能試験の2番目の分類は, POSIXの分類ではThoroughとなっている。Thoroughはすべてという意味であるが, 今回は単純な構成に含まれる基本機能のうち単体試験可能なものとした。

機能試験の3番目は, POSIXではExhaustiveとなっている。すべての場合を試験するのは試験が発散するため, 対象の目的に応じて, よくあるシナリオを選択できることにした。

POSIXの分類では試験規模の標準は, 対象となる機能, 装置の工業標準の基本機能の範囲を想定

して、個別に定めた。試験規模の複雑は、装置に複雑な組み合わせがある場合、ドライバソフトに複雑な組み合わせがある場合を含むこととした。

表 2 Linux試験行列提案

	識別試験 (identification test)	単体機能試験 (unit test)	統合試験 (scenario based test)
単純 (simple)	組み込まれている機能の存在試験	単純な構成の基本機能試験	一番よく使う手順の試験
標準 (intermediate)	標準装備の識別試験	標準装備の基本機能試験	組み合わせ手順試験
複雑 (complex)	複雑な装置の識別試験	複雑な装備の基本機能試験	最も複雑な組み合わせでの試験

4.品質指標

試験項目にはISO/IEC 9126の改訂版であるSQuaREのすべての品質特性に対応した分類を付与し、複雑な統合試験では、すべての特性、副特性を網羅するか、試験しない根拠を明確にすることを検討している。単体試験では、仕様上の上限値、下限値のような境界値試験と、正常値、異常値だけでなく、該当するシステムに固有な特異値が求まるような試験を想定する。最終的には、なにか一つでも予期しない動作が生じるまで試験条件を変更していくソフトウェア単体の実装上の限界を明確にする試験を実施することを課題として検討している。

複雑な統合試験は、限りがないため、出荷を想定している製品の、安全性、信頼性を必要とする医療向け、運輸向けなど具体的に想定して複雑な統合試験の範囲を選択できることを想定している。[2],[3],[4]

5 試験上の課題

組み込みシステムで新規に利用するハードウェアの場合には、ハードウェアの試験が完了していない場合がある。また、電源が不安定であったり、電波障害、はんだ付け・取り付け不良・接触不良による結果に再現性のない不具合が生じる場合がある。

また、どういったハードウェアの試験が完了していれば、OSの試験を開始できるかが明確になっていない場合がある。そのため、OSの試験を開始するための前提となるハードウェアの試験仕様が明確になっているかどうかの確認が必要がある。例えば、本年度対象とした装置には、Intel社のCPUを搭載した機器がある。この事例では、Intel社とマイクロソフト社が策定したPC2001 System Design Guideがあり、Linuxを組み込んで利用する場合の参考にすることができた。また、

Windows Hardware Quality Labs Hardware Compatibility Testsが済んでいることが選択肢としてあった。

試験環境の試験、耐久試験、デバイスドライバ試験をはじめ、ハードウェアの障害とソフトウェアの障害の切り分けが難しい試験では、電源、電波、温度、湿度のように物理的な試験環境が課題となる。また、試験対象のOSではなく、記録するシステムの応答性、信頼性をあらかじめ試験されていることが前提となる。特にLinuxシステムを利用してLinuxシステムの試験を記録する場合には、記録するシステムの信頼性が課題となる。試験対象自体に試験結果を記録する機能が必要な場合は、記録機能から試験し、上限、下限、正常値、異常値を特定しておく。

ソフトウェアには磨耗はないため、耐用試験の必要性はないと考えられるが、すべての入力、出力を試験するわけではないため、複雑な統合試験には、必要に応じて耐久試験を含める。しばしばソフトウェアのメモリリーク、Stackのオーバフローのように、長期間利用していると生じる不具合もある。デバイスドライバの試験は、デバイスの先に、どのような物理的な装置が接続されているかによって、試験の条件が異なる。

6 まとめと今後の課題

具体的な試験手順を実施すると、新たな試験の必要項目が出てくるため、最初に何の試験を実施するとよいかの、試験全体の手順を決める必要がある。

一度の仕様の策定で、すべての場合に対応できることはなく、ハードウェアの試験とOSの試験とを交互に繰り返しながら、固有の課題を確認し続ける必要がある。

参考文献

- [1] ISO/IEC 13210: Information technology - Requirements and Guidelines for Test Method Specifications and Test Method Implementations for Measuring Conformance to POSIX Standards
- [2] IEC 60601: Medical electrical equipment - Part 1-4: General requirements for safety - Collateral Standard: Programmable electrical medical systems
- [3] IEC 60880 Software for computers in the safety systems of nuclear power stations
- [4] IEC 61508-3 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 3: Software requirements (see www.iec.ch/61508)