

「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」

H22 年度 実績報告
----------------

平成 15 年度採択研究代表者

徳田英幸

慶應義塾大学環境情報学部・教授

マイクロビキタスノード用ディペンダブル OS

## §1. 研究実施の概要

情報家電機器等で利用されているミッドレンジのハードウェアプラットフォームだけではなく、さらに小型軽量で、エネルギー効率の良い電池駆動可能なマイクロレンジのハードウェアプラットフォーム(マイクロユビキタスノード)上に、Linux OSをベースとして、高精度資源予約機構を実現する。平成22年度は、耐故障ネットワーク機構のLinux化およびP-Bus化、高可用電力管理機構のうち、消費電力予測・予約機構の実装、両機構を実証するためのアプリケーション構築、ならびにディペンダビリティマトリクスを構築をねらいとした。

耐故障ネットワーク機構および高可用電力管理機構については、両者をAndroid上に実装し、Android端末上で実証用システムおよび関連ツールを実装した。これを用い、Android端末上で動作するストリーミング配信ソフトウェアで、ネットワーク切替時の動画無再生時間の短縮を実証した。また同端末上で、動作するアプリケーションごとおよび同端末が搭載するハードウェアごとの電力消費量計測を実証した。さらに、高可用電力管理機構では電力予約機構を構築し、上述のストリーミング配信ソフトウェアが、バッテリー残量に応じた品質の映像を予約した時間送信できることを実証した。

ディペンダビリティマトリクスの構築については、これまでの定性評価手法に基づくマトリクスの検討からD-Caseの定量化にフォーカスを移して、初期的な検討を行った。簡略化して述べれば、D-Caseに記述されるゴール/サブゴールのうち、エビデンスが付与されたゴールとそうでないものが存在するとき、前者の割合を求めることでD-Caseに記述されたゴールの達成率を把握できる。例えば、あるシステムのディペンダビリティ要求がD-Caseにすべて記述されていて、かつ、すべてのステークホルダがその記述内容について合意していると仮定すると、そのD-Caseを上記の方法を定量化した値は、そのシステムのディペンダビリティ達成度合いを示す相対的な指標と見なせる。一方この手法では、ディペンダビリティ要求が異なる(従ってD-Caseの記述内容が異なる)複数の異なるシステムについて、それぞれのD-Caseを定量化した値を使って比較することはできない。今後は、D-Caseサブコアチームメンバと協力して引き続きディペンダビリティの定量化に取り組んでいく。同成果を論文にまとめ、EWDC2011(<http://ewdc2011.isti.cnr.it/>)に投稿し、採録された。

## §2. 研究実施体制

### (1) 慶應義塾大学徳田グループ

① 研究分担グループ長: 徳田 英幸 (慶應義塾大学環境情報学部、教授)

② 研究項目

・すべての研究課題

### §3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

#### 1、高可用電力管理機構

モバイル端末においてアプリケーションの実行時間予約を行う P-Survive システムを構築し、P-Survive の中核である消費電力予測について実装と評価を行った。P-Survive はソフトウェアによって消費電力計測と予測を行うことが特徴であり、ユーザの実際の使用履歴から消費電力量を予測することができる。

P-Survive システム全体の概要図を図 1 に示す。P-Survive はモバイル端末を視野に入れて設計している。モバイル端末では利用できるリソースが限られるため、出来る限り動作を軽くしなければならない。また、端末毎にハードウェア仕様などが異なるため、拡張性への配慮も必要である。そこで、システムのモニタリングを行う P-Monitor、解析を行う P-Analyzer、予約を受け付ける P-Reserver の 3 つのモジュールに分けて設計した。P-Monitor はデバイスの使用状態を監視するため、端末に依存した実装が必要になるため別モジュールとして分割した。また、定期的に何度も実行される機能のためリソースの状態をロギングするだけに機能を絞った。energy table の生成を行う P-Analyzer は、最も処理負荷が高いため別モジュールとして分けた。これにより、著しくリソースの制約された端末においては別ホストで解析を行うことが可能になる。P-Reserver は予約がない場合は常時起動している必要はなく、ユーザからの要求を受け取ったときのみ動作する。

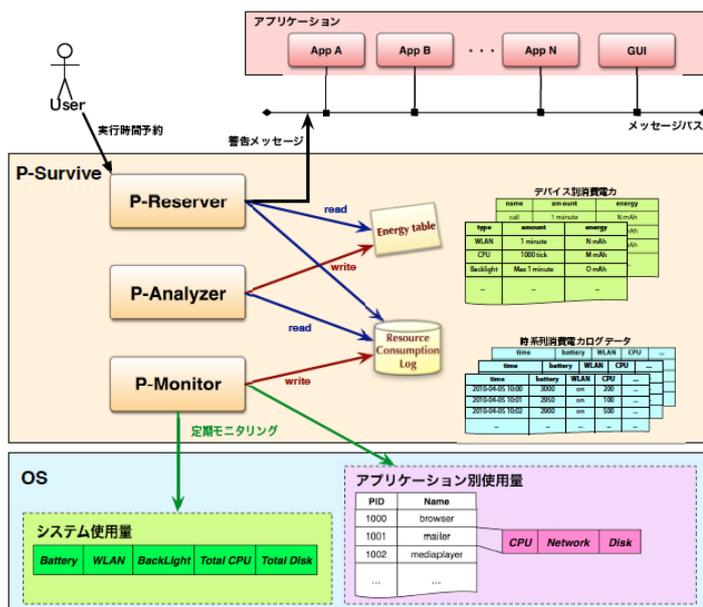


図 1 P-Survive システム概要

#### 2、耐故障ネットワーク機構

複数のネットワークインタフェースを搭載する組込機器が、それらのインタフェースを以下の 2 通りの手法で利用しながらネットワークの可用性を高めるための機構を構築した。

まず、送受信効率の向上を目的として、システムの通信中に複数のネットワークインタフェースを切り替えて使用する機構 **iPath**[1]を構築した。**iPath** では、マルチホーミング環境において通信に最適なパスを選択する。**iPath** はアプリケーション層で動作し、パス状態計測機能、インタフェース切り替え機構、パス選択機構を含む。**iPath** は、アクセスリンクのみではなく **end-to-end** のパスにおける帯域計測を行うため、高い信頼性で最適なパスを選択できる。また、通信のパスを切り替える際にトランスポート層の輻輳制御状態のリセットが発生するコストを考慮するため、不必要なパス切り替えを避けることができる。

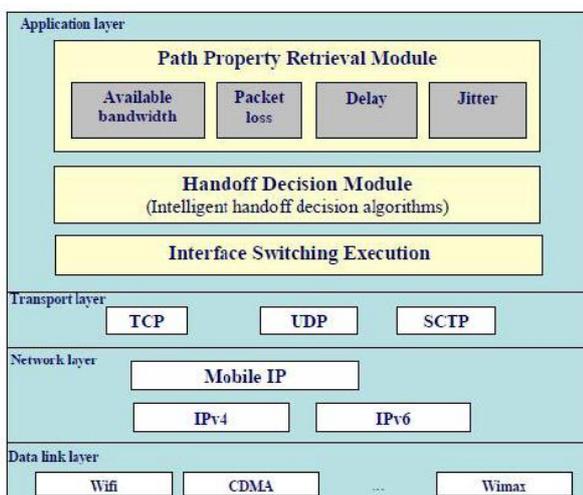


図 2 iPath の構成

### 3、実証用アプリケーションの構築

高可用電力管理機構と耐故障ネットワーク機構を **Android** 上に実装し、映像ストリーミング配信ソフトウェアを用いて両機構を評価した。具体的にはまず、**Android** 端末上で動作するストリーミング配信ソフトウェアで、サーバから **Android** 端末に対して映像配信を行なう。このとき、耐故障ネットワーク機構により、ネットワーク切替時の動画無再生時間が短縮され、動画がスムーズに再生されることが分かる。この際の短縮時間は、最大で約 50% である。

また、同送付とウェアを動作中の **Android** 端末の電力使用状況を、高可用電力管理機構で測定、評価した。端末上で動作するアプリケーションのリソース消費量を、アプリケーション毎に表示し、アプリケーションの組み合わせによる端末動作時間が得られることを確認した(図 3)。



図 3 高可用電力管理機構の Android インタフェース

#### 4、ディペンダビリティメトリクス

ディペンダビリティメトリクスの構築について、D-Caseサブコアチーム内で取り組んだ。これまでの定性評価手法に基づくメトリクスの検討からD-Caseの定量化にフォーカスを移して、初期的な検討を行った(図4)。簡略化して述べれば、D-Caseに記述されるゴール/サブゴールのうち、エビデンスが付与されたゴールとそうでないものが存在するとき、前者の割合を求めることでD-Caseに記述されたゴールの達成率を把握できる。例えば、あるシステムのディペンダビリティ要求がD-Caseにすべて記述されていて、かつ、すべてのステークホルダがその記述内容について合意していると仮定すると、そのD-Caseを上記の方法を定量化した値は、そのシステムのディペンダビリティ達成度合いを示す相対的な指標と見なせる。一方この手法では、ディペンダビリティ要求が異なる(従ってD-Caseの記述内容が異なる)複数の異なるシステムについて、それぞれのD-Caseを定量化した値を使って比較することはできない。今後は、D-Caseサブコアチームメンバと協力して引き続きディペンダビリティの定量化に取り組んでいく。同成果を論文にまとめ、EWDC2011(<http://ewdc2011.isti.cnr.it/>)に投稿し、採録された。

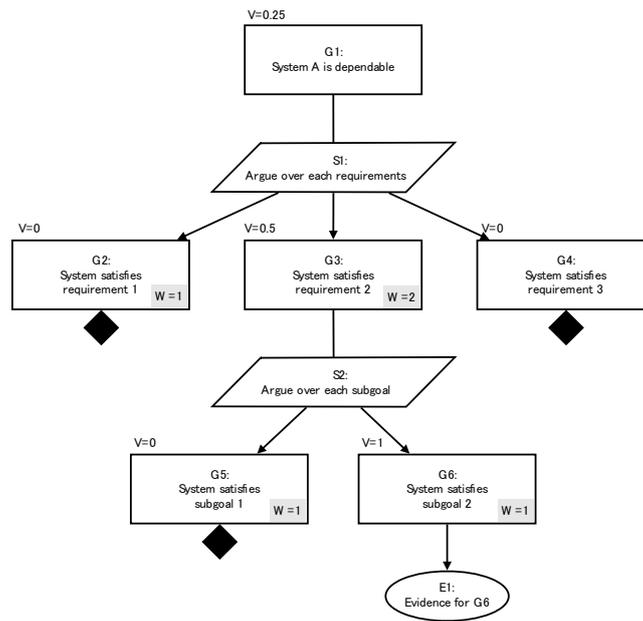


図 4 D-Case の数値化に関する検討

## §4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

#### ●論文詳細情報

1. Vu, Thi Huong Giang; Honda, Michio; Sakakibara, Hiroshi; Tokuda, Hideyuki ; , "iPath: Achieving high-performance end-to-end paths for multi-homed mobile hosts," , Third International Conference on Communications and Electronics (ICCE2010), pp.24-29, 11-13 Aug. 2010. DOI: 10.1109/ICCE.2010.5670675
2. Jin Nakazawa, Yutaka Matsuno, Hideyuki Tokuda, "Evaluating Degree of Systems' Dependability with Semi-Structured Assurance Case", In proceedings of 13th European Workshop on Dependable Computing, Pisa, Italy, 11-12 May 2011 (to appear)

### (4-2) 知財出願

- ① 平成22年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)