

「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」
平成 20 年度採択研究代表者

H24 年度 実績報告

加賀美 聡

(独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター
副研究センター長

実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究

§ 1. 研究実施体制

(1)「加賀美」グループ

- ① 研究代表者: 加賀美 聡 ((独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター、副研究センター長)
- ② 研究項目
 - ・日本科学未来館の展示フロア用ロボットへの D-Case 適用を行い、合意形成と改善の PDCA サイクルを回す
 - ・複数コアの AMP 利用によるディペンダビリティを向上させた高精細実時間 OS である ART-Linux の設計・開発・サポート・公開
 - ・ロボットアプリケーションでの開発した OS と D-Case の検証

§ 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

組み込みシステムが、システムを利用する環境、アプリケーションが行うタスク、利用するユーザー等が変化したり、ソフトウェアもハードウェアのアップデートが行われたりすると、設計時には想定できなかった障害が発生する危険性が生じる。そのため、変化するシステムは、系の閉じないオープンなシステムであると言える。そこでオープンなシステムは、ディペンダビリティと呼ばれる広義の意味での信頼性を向上させる必要がある。ディペンダビリティはシステムの条件を定義して、障害が無いように設計するための技術ではなくて、変化に対応し未知の事象に備えるための技術と言える。本 CREST 領域は、組み込み OS において、このような未知のあるいは予期しない障害に対する対処法を課題としている。

この問題に対処するために、本 CREST 領域では、DEOS プロセスと名付けたシステムのライフサイクルを通じた開発、デバッグ、運用、改善方法とそのためのシステム構成法、ツール群、を提案している。DEOS プロセスの中核には D-Case と名付けた、セーフティクリティカル分野における Safety Case に由来する構造化された表記法を持つステークスホルダ間の合意形成の手法が置かれている。また DEOS プロセスのためのシステム構成法として D-RE と呼ぶアプリケーション層と OS 層、およびシステム全体の挙動を制御する D-Script、D-Case や D-Script とモニタした内容の全てを格納するための D-Add が定義されている。

本研究ではこれまで、この DEOS プロセスにおける D-RE の仮想化 OS 層(D-Visor)およびその上で動作するアプリケーションについて主に研究開発を行って来た。開発してきた ART-Linux は、実時間処理が実現可能なシンプルな D-Visor 層を持っている。

昨年度までの成果として、実時間組み込みシステムが複数 CPU コアを利用する際に、システム全体のディペンダビリティを向上させることを目的として、非実時間 SMP と実時間 AMP の組み合わせにより実現する方法を提案してきた。このシステムは、非実時間 SMP システムの側でオープンソースの汎用ソフトウェアやデバイスを利用できる一方で、実時間 AMP の側では、専用の IO を利用しながら、制御系、安全系、監視系、高信頼のための二重系などのディペンダビリティ機能を、お互いに非干渉な形で独立に実装できるという利点を持つ。複数のコアを独立のシステムとすることで、個々の CPU でのハードリアルタイム、I/O の分割、CPU 間共有メモリを実現する物であり、システムの挙動を乱さずに a) 観察、b) 記録、c) 対処の3つの機能を実現するのに適している。図1にシステムの構成例について示す。

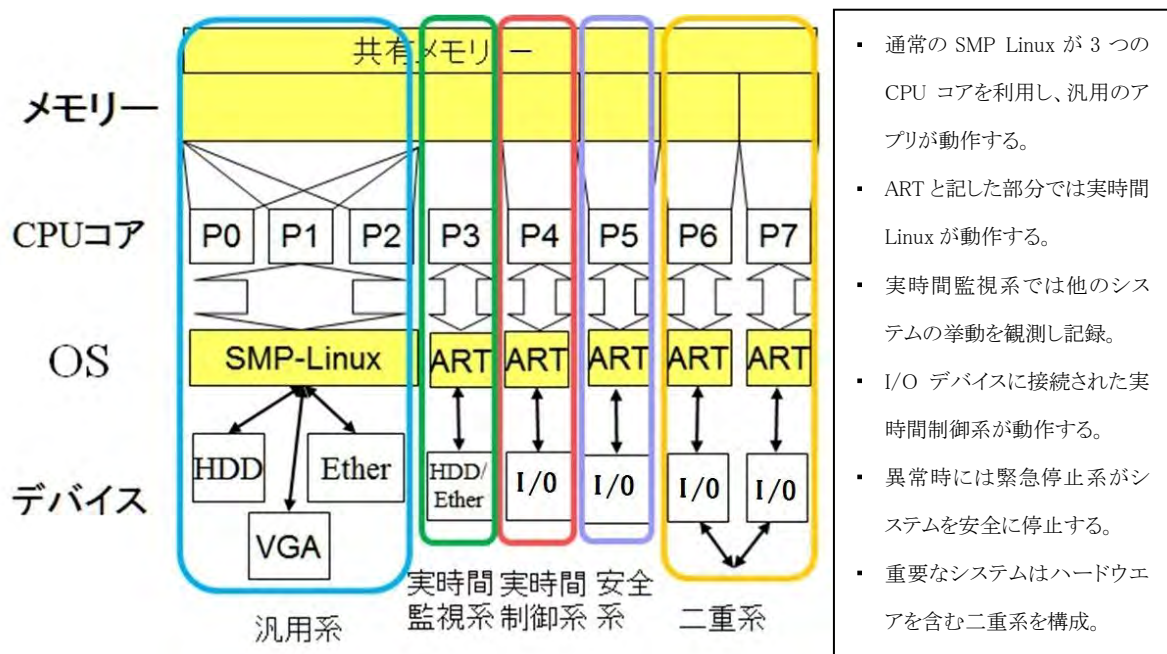


図1 複数の CPU コアを独立して利用するシステムの構成例

H24 年度は、以下の3つの課題に取り組んだ。1つ目は日本科学未来館の展示フロア用ロボットを例に、日本科学未来館をステークスホルダとして D-Case を用いて、ロボットが行動する上で満たすべき「機能、安全、運用、改善、説明責任」の5つの項目について議論を行い、これらの議論を実証するエビデンスを積み上げ、またシステムの状態を検証するモニターノードを設置し、議論の合意形成を行いながらロボットを開発し、本手法の有用性について検討を行った。図2に作成した D-Case 木を、図3にロボットを未来館の5か所において、入館者の軌跡をレーザースキャナで捉えた延べ 12 万人分の人移動軌跡地図を示す。図中で色は赤から青にいたるグラデーションで人の移動速度を示している。

2つ目は、開発中の ART-Linux をベータテストを行いながら検証し、また Linux3.6 に至るまで Linux のメインストリームに追従する作業を行った。成果を年度末に <http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/assist/ART-Linux> より一般公開した。

3つ目は、実際に開発した OS を内部ユーザーとして利用しながら検証を行うと共に、D-Case を用いて大規模、実用的、ミッションクリティカルなアプリケーションを開発し実証をおこなった。図4に展示会場での多層型レーザースキャナを用いた地図・人流同時作成実験に用いたロボット(左)とその結果(右)を示す。図中の黒い部分が地図であり、緑の部分が人の移動軌跡である。2 時間で約 2.5 万人の人を計測した。図5にヒューマノイドロボットを用いた屋外実験の様子(左)と、腰に搭載したレーザースキャナを用いた地図作成の結果を示す。約 150m を歩行し、得られた地図をポリゴンで表示している。地図の青と黄色はポリゴンの表と裏を表している。

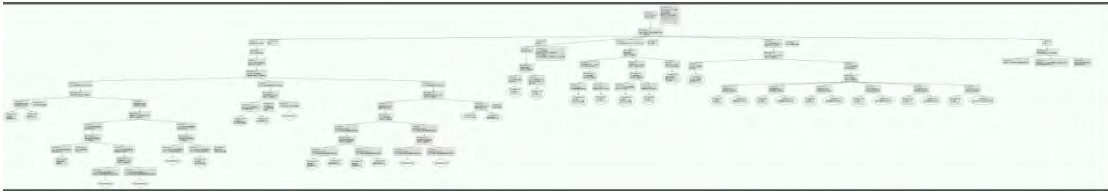


図2 日本科学未来館展示フロアロボット用に作成した D-Case 木

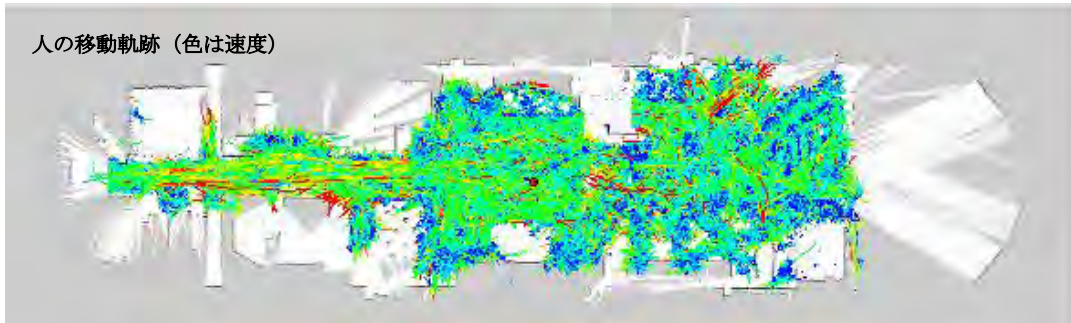


図3 日本科学未来館でのロボット実験で得られた人軌跡地図と平均移動速度地図

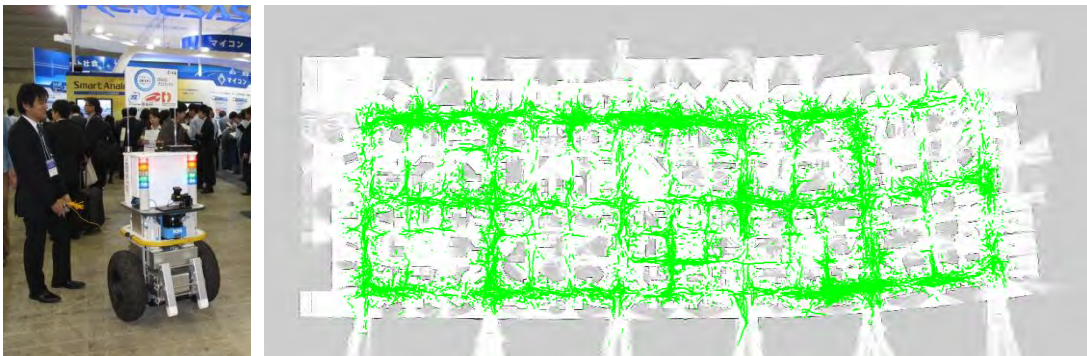


図4 ET2012 会場(パシフィコ横浜)での会場地図と人流地図の同時計測

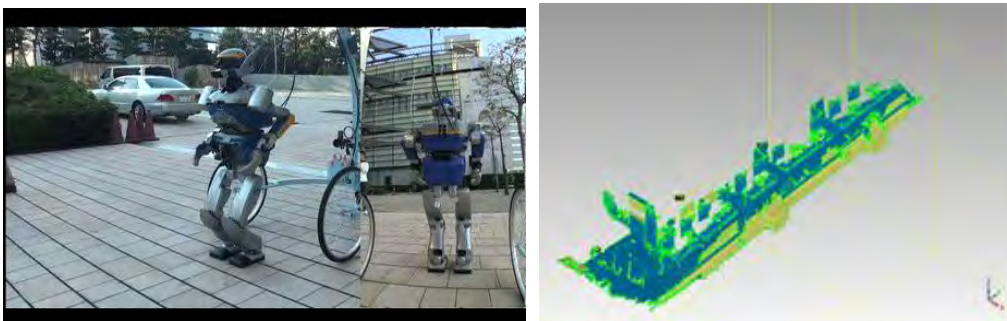


図5 ヒューマノイドロボット HRP2 の屋外歩行と地図作成

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

・論文詳細情報

1. 西脇 光一, 加賀美 聡, “将来にわたる ZMP 許容領域を考慮したオンライン 2 足歩行軌道生成法”, 日本ロボット学会誌, 第 30 巻 7 号, pp.702-710, 2012(DOI:10.7210/jrsj.30.702)
2. Koichi Nishiwaki, Joel Chestnutt, Satoshi Kagami, “Autonomous Navigation of a Humanoid Robot over Unknown Rough Terrain using a Laser Range Sensor”, International Journal of Robotics Research, Vol.31, No.11, pp.1251-1262, 2012(DOI:10.1177/0278364912455720)
3. Midori Sugaya, Hiroki Takemura, Youichi Ishiwata, Satoshi Kagami, Kimio Kuramitsu, “Online Kernel Logging and Analysis for Real-time Robotics Applications”, Journal of Information Processing, Vol.21, No.1, pp.245-250, 2012(DOI:10.2197/ipsjip.21.53)
4. Naotaka Hatao, Satoshi Kagami, Ryo Hanai, Kimitoshi Yamazaki, Masayuki Inaba, “Construction of Semantic Maps for Personal Mobility Robots in Dynamic Outdoor Environments”, Proceedings of The 8th International Conference on Field and Service Robotics, 2012
5. Koichi Nishiwaki, Satoshi Kagami, “Online Walking Pattern Generation for a Humanoid that uses Estimated Actual Velocity of the Robot”, Proceedings of 10th IFAC Symposium on Robot Control, 2012 (DOI:10.3182/20120905-3-HR-2030. 00110)
6. Junichi Urata, Koichi Nishiwaki, Yuto Nakanishi, Kei Okada, Satoshi Kagami, Masayuki Inaba, “Online Walking Pattern Generation for Push Recovery and Minimum Delay to Commanded Change of Direction and Speed”, Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3411-3416, 2012(DOI:10.1109/IROS.2012.6385840)
7. Koichi Nishiwaki, Satoshi Kagami, “Trajectory Design and Control of Edge-landing Walking of a Humanoid for Higher Adaptability to Rough Terrain”, Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3432-3439, 2012(DOI:10.1109/IROS.2012.6386056)
8. Kosuke Tsuchiya, Satoshi Kagami, Wataru Yoshizaki, Hiroshi Mizoguchi, “Grasp Planning Precomputation by Considering Center of Gravity of Objects and its Evaluation using OpenRAVE”, Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.2091-2096, 2012(DOI: 10.1109/ICSMC.2012.6378048)
9. Ippei Samejima, Keitarou Maki, Satoshi Kagami, Makiko Kouchi, Hiroshi Mizoguchi, “A Body Dimensions Estimation Method of Subject from a few Measurement Items using KINECT”, Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.3366-3371, 2012 (DOI: 10.1109/ICSMC.2012.6378315)

(3-2) 知財出願

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 1 件)