

ネットワークロボットシステムの実装とその信頼性評価

Implementation of Network Robot System and Its Reliability Evaluation

服部将太
Shota Hattori

奥田隆史
Takashi Okuda

井手口哲夫
Tetsuo Ideguchi

田学軍
Xuejun Tian

愛知県立大学情報科学部 情報科学科
Department of Information Science and Technology, School of Information Science and Technology
Aichi Prefectural University

1 はじめに

ユビキタスネットワークとロボットが融合する「ネットワークロボット」の実現は、新たなライフスタイルの創出、高齢化・医療介護問題等の様々な社会的問題への対応だけではなく、我が国発の ICT 社会の構築にも貢献することが期待されている [1][2]。このような社会情勢を踏まえ、我々の研究グループは、挨拶や防犯などの生活支援を目的とするネットワークロボットシステムを開発している。開発システムでは、屋内外に設置したセンサーユニットが加速度や照度、温度をセンシングし、その値に応じて、ネットワークを介して接続されている単体あるいは複数のヒューマノイド型ロボットが、指定されている動作を行う。なお、指定動作とは、例えば“挨拶”であれば、入室者と挨拶を交わし、“防犯”であれば監視する、などである。

このようなネットワークロボットシステムを普及させるためには、構成機器の障害や故障、ソフトウェアの不具合があったとしても、安全にかつアベイラビリティ(可用性、システムの壊れにくさ)などのサービス品質を一定以上に維持する必要がある [3]。サービス品質維持には、適切な点検・部品交換 [4]、ソフトウェア更新 [5] といった従来型の保守保全対応だけでなく、メモリクリアなどを目的とする再起動対応 [6] を実施するタイミングなどを明らかにする必要がある。本研究では、これらの対応を実施スケジュールを考察するために、開発システムの信頼性評価モデル(確率モデル)を提案し、数値計算によりアベイラビリティを評価する。

2 実装システム

実装システムの構成図を図 1 に示す。システムは五つの系で構成され、左からセンサー系、センサーネットワーク系、サーバ系、無線ネットワーク系、ロボット系となる。

センサー系、センサーネットワーク系には(株)サン・マイクロシステムズ製 SunSPOT を用いる。SunSPOT は、3 軸加速度、照度、温度をセンシングする機能を有し、無線ネットワークを通じてそのデータを送信することが可能である [7]。

サーバ系には Windows-PC、無線ネットワーク系には(株)corega 製アクセスポイント CG-WLAPGMN、ロボット系には(株)ミヤチシステムズ製の Hoap-3 を用いる。Hoap-3 は 2 足 2 腕、関節自由度 28 のヒューマノイド型ロボットで、画像認識や音声認識・合成を

することができる。また、無線ネットワークとバッテリー駆動にも対応している [8]。

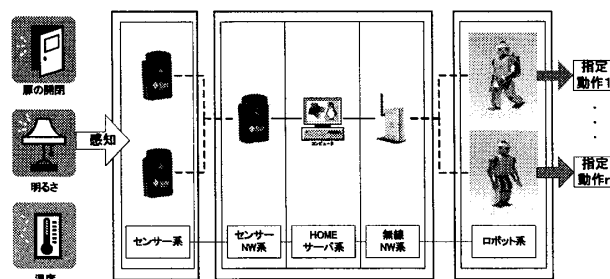


図 1 開発中のネットワークロボット構成図

開発システムの動作フロー(今回は加速度センサーのみ利用)は以下のとおりである。

①:センサーは、入室者の扉開閉加速度をセンシングし、加速度値をセンサーネットワークを介してサーバへ送信する。②:サーバは加速度値に応じて、ロボット(単体あるいは複数体)に指定する動作を決定し、無線ネットワークを介してロボットへ動作を指定する。③:ロボットは指定動作をおこなう。

3 信頼性評価モデル

開発システムの信頼性評価モデルは図 2 のようなる。各系の故障は、それぞれ独立して発生するものとし、故障が発生すると同時にシステムは停止し、故障要素は修理サーバへ移動し、修理を受ける。修理終了後、ただちにシステムは稼働すると仮定している。なお、故障発生過程、修理過程は各系により異なるものとする。

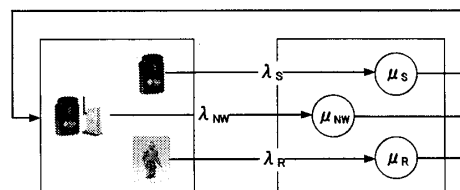


図 2 故障・修理モデル

故障発生過程

図 1 の開発システムは 5 系からなる複雑なシステムであるため、信頼性評価モデルを直接構築することは困難であるが、階層構造を有している。そこで、開発システムのテスト中に生じた故障・不具合が発生した場所(系、要素)とその数を調査し、開発システムの故障・不具合の発生モデルを、階層ホログラフィックモデル [9] として表現すると、図 3 のようになる。なお、

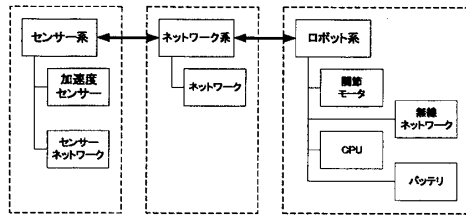


図 3 開発システムの階層ホログラフィックモデル

サーバ系は故障頻度が他のシステムに比較し大幅に少なかったため壊れないものと仮定した。また、障害箇所の切り分けが困難であるためネットワーク系としてセンサーネットワーク系と無線ネットワーク系を一つに整理した。

階層ホログラフィックモデルでは、各系の要素数が多いほど、その系が故障する確率が高いことを示している。つまり、図 3 に示す破線で囲んだ各系は、ロボット、センサー、ネットワークの順に壊れやすいことを示している。例えば、要素数一つのネットワーク系の故障確率を p とすると、センサー系 (要素数 2) の故障確率は $2p$ 、ロボット系 (要素数 4) の故障確率は $4p$ に比例することになる。以下、各系の故障率 (単位時間あたりの平均故障数、平均故障間隔時間の逆数) を、それぞれ λ_{NW} , λ_S , λ_R とする。

修理過程

各系の修理時間は、それぞれ平均修理時間 μ_{NW}^{-1} , μ_S^{-1} , μ_R^{-1} の指数分布に従うものとする。なお、不等式 $\mu_{NW}^{-1} \geq \mu_S^{-1} \geq \mu_R^{-1}$ を満足する。この不等式は、ネットワーク系は市販の LAN を利用しているため修理 (交換) には最も時間を要すること、ロボット系やセンサー系は再起動等で修理に対応できることを示している。また、ロボット系は文献 [10] で導入したパフォーマンスを考慮すると、複数関節が故障したとしても指定動作は可能であるため相対的には修理時間を最小とした。

4 数値例

本研究では、各系の平均故障間隔時間 [sec], $\lambda_{NW}^{-1} = 345600$, $\lambda_S^{-1} = 172800$, $\lambda_R^{-1} = 86400$, 平均修理時間 [sec] を $\mu_{NW}^{-1} = 2400$, $\mu_S^{-1} = 1200$, $\mu_R^{-1} = 600$ とする。故障間隔分布を、(1) 全系が指数分布, (2) 全系が対数正規分布 [11], (3) ネットワークのみが対数正規分布に従うものとして、離散シミュレーションを実施し (Csim19[12] を利用, 1 週間, 5 回), 平均アベイラビリティを計算した (図 4)。なお、図中の (4) から (6) は、(1) から (3) の条件に、ある系の修理の間に、他の系を初期状態とした場合の結果である。対数正規分布はネットワーク系の故障間隔を示す分布として研究されており、パラメータは平均と分散である [11]。本数値例では、対数正規分布の分散は平均の 1 割とした。

5 まとめ

本稿では、ネットワークロボットシステムのサービス品質を維持するためのメンテナンススケジュールを検討する基礎研究として、開発中システムを事例とするネットワークロボットシステムの信頼性評価モデルを提案し、各種条件下におけるアベイラビリティを計算

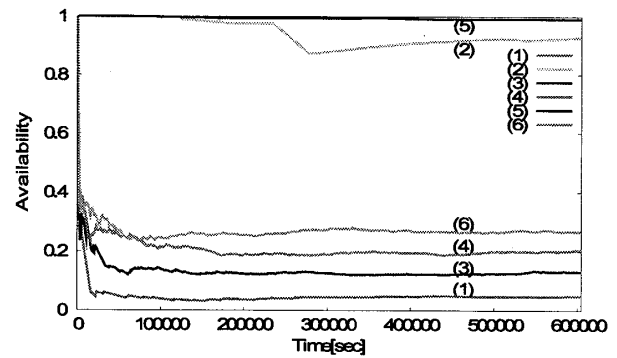


図 4 アベイラビリティ曲線

した。計算結果は調査中の結果と定性的には一致した。今後は、実データに基づいた実装システムの故障間隔・修理時間分布の同定、需要予測を反映したメンテナンススケジューリングアルゴリズムを研究し、サービス品質維持までも含めたビジネスモデルを提案したい。謝辞：本研究の一部は、平成 21 年度 (財) 日比科学技術振興財団研究開発助成「ネットワーク・ヒューマノイド型ロボットシステムの最適保全スケジュールの研究・継続的な生活環境充実・生活水準向上サービス提供のための-」により実施した。

参考文献

- [1] ネットワークロボットフォーラム, <http://www.scats.or.jp/nrf/>.
- [2] 土井, 萩田, 小林, 『ユビキタス技術ネットワークロボット-技術と法的问题-』, オーム社, 2007.
- [3] 奥田, “ネットワークヒューマノイド型ロボットを利用した家庭用アプリケーションの評価について”, 信学技報, CQ2009-32, vol. 109, no. 191, pp. 39-44, 2009.
- [4] 三根, 河合, 『信頼性・安全性の基礎数理』, 日科技連, 1984.
- [5] 熊本, 『モダン信頼性工学』, コロナ社, 2005.
- [6] 大和田, 『システムはなぜダウンするのか-知っておきたいシステム障害, 信頼性の基礎知識-』, 日経 BP 社, 2009.
- [7] SunSPOT, <http://www.sunspotworld.com/>.
- [8] Hoap-3, <http://www.miyachi-sys.com/services/robot/hoap3/index.html>.
- [9] 下平, Xu, “階層ホログラフィックモデリング法の適用によるリスクアセスメントプロセス改善の試み”, 統計数理研究所 統計数理, vol.54, no.1, pp.105-122, 2006.
- [10] 左合, 奥田, 井手口, 前田, “CTMC を用いたヒューマノイド型ロボットの信頼性評価”, 日本オペレーションズリサーチ学会 待ち行列研究部会・待ち行列シンポジウム「確率モデルとその応用」予稿集, pp. 120-126, 2005.
- [11] 船越, 松川, “通信ネットワークの保全度計算に関する検討”, 信学技報, CQ2009-30, vol. 109, no. 191, pp. 27-32, 2009.
- [12] Mesquite Software, <http://www.mesquite.com>.
- [13] 原田, 二宮, 『信頼性工学』, 養賢堂, 1984.
- [14] 栗原, 『情報システム化時代の信頼性工学テキスト』, 日本理工出版会, 2000.