

# 要因間の依存関係に注目した無線ネットワークの性能試験手法とそれに基づくシミュレーション支援システム

中村 雅俊 廣森 聡仁 山口 弘純 東野 輝夫

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻

{mas-nkmr,hiromori,h-yamagu,higashino}@ist.osaka-u.ac.jp

無線ネットワークの性能は、各レイヤで用いられるプロトコルやパラメータ値の組み合わせに加え、ノードのモビリティ、無線通信機能といった多数の要因が深く関係する。これらの要因の中で、どの要因組がシステムの性能に真に支配的影響を与えるかを見極めることは、例えば特定のプロトコルや環境の組み合わせによる性能低下を発見する用途などにおいて極めて重要である。本発表では、そのような要因組を少ない手間で機械的に特定するための性能試験手法と、これを実施するために実装したシミュレーション支援システムについて紹介する。

## A Supporting Tool for Performance Test and Analysis of Mobile Wireless Networks

Masatoshi Nakamura Akihito Hiromori Hirozumi Yamaguchi Teruo Higashino

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Performance of wireless networks deeply depends on the parameters that are involved in the protocols and environmental factors like node density and mobility. Given the variety of these factors, it is difficult to identify the particular factors or their combinations that truly have impact on the performance. For that purpose, we propose a method to conduct combinatorial performance testing of mobile wireless networks with smaller amount of test cases, while attempting to maximize coverage. In this report, we have introduced a tool based on the proposed method.

### 1 まえがき

無線ネットワークシステムは、プロトコルパラメータやシステム状態変数など性能を左右する多数の要因を含む。また移動ノードの密度や速度といった実行環境要因にも大きく影響を受ける。一般にプロトコルやシステム開発における多くの性能試験は、着目する要因値のみ変化させ、他の要因は適当な値を利用して固定し、各要因が与える影響を測定することが多い。しかし、この方法では複数の要因の組み合わせがどの程度の支配的な影響を与えるかは判断できない。本研究では、無線ネットワークの性能に支配的な影響を与える要因組を機械的かつなるべく必要十分な試験数で特定する方法およびその手法を実装したシミュレーション支援システムについて紹介する。

### 2 性能試験の概要

試験対象は  $N$  個の要因 (factor) を持つものとする。要因の例としては、プロトコルの種類や、TCP セグメントサイズ、モビリティなどが挙げられる。各要因

の定義域はいくつかの離散値で表され、各要因への値の割り当てをテストケースとよぶ。試験対象はテストケースを入力とし、性能値を出力する関数  $I$  とみなす。出力する性能値としては、通信のスループットやエンド間遅延などが挙げられる。

性能試験の目的は性能に支配的な影響を与える要因組の集合である支配集合を求めることである。要因集合  $F_s \subseteq F$  ( $F$  は全要因の集合) について、テストケース  $t$  と  $t'$  のとる  $F_s$  の値が等しく、性能値  $I(t)$  と  $I(t')$  の大小関係が  $F \setminus F_s$  に割り当てられた値から一意に決められるとき、 $F_s$  は支配的な要因組という。支配集合は試験対象の持つ支配的な要因組を全て要素として持つ。

性能試験手法の大まかなアイデアについて説明する。具体的な手順については DICOMO2008 [3] で提案したものに従う。提案手法では、テストケースの生成・実施と、シミュレーション結果の分析を複数ステップに渡って繰り返すことで目的とする支配集合を得ている。これは、1回のシミュレーションだけで漏れなく支配的な要因組を発見するためには、膨大なテストケース数が必要となり効率が悪いためである。提案手法で

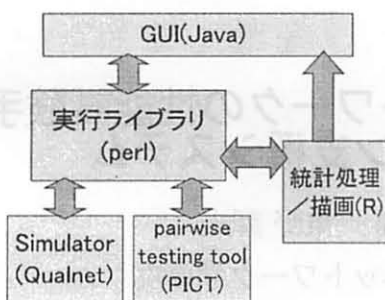


図 1: シミュレーション支援システムの構成

は、 $n$  回目のステップで要因数  $n$  の支配的な要因組を絞り込むことで  $n+1$  回目のステップでの要因組候補を削減する方法で、テストケース数を抑えながら支配的な要因組を探す。詳細は文献 [3] を参照されたい。

ここでは、支配的な要因組のなかで少なくとも 1 個の要因は単体でも性能に変化をもたらすと仮定している。そこで、1 ステップ目では各要素のうち単体で有意な性能変化をもたらす要素を大きさ 1 の要因組として集め、要因組の候補として調べるものとする。要因組の候補を決定した後、各候補が支配的な要因組であるかどうかを調べるためのテストケースを生成・実施し、結果分析を行う。要因組の候補が支配的な性能変換をもたらすと判断された場合それを支配集合に加える。要因組の候補が最終的な要因組の部分集合であると判断された場合には、その要因組に任意の要因を 1 個加えて次ステップの要因組の候補集合とし、次ステップに進む。このような手順を、全ての要因組が見つかるまで繰り返す。こうして得られた支配集合から性能と要因の関係を分析し、結果として出力する。

### 3 シミュレーション支援システム

提案するシミュレーション支援システムでは前節で挙げた一連の手順が GUI からの操作で実施できる。支援システムのうち、 $t$ -wise テストケースの生成にはペアワイズテストツールである PICT [1] を、試験結果の集計には統計処理ソフトである R [2] を用いており、これらの入出力とテストケースの実施、試験結果の分析および GUI を perl と Java で実装している。シミュレーション支援システムの構成を図 1 に示す。

シミュレーション支援システムは提案手法の各ステッ

プにおける手続きを自動的に行う機能を有する。

**テストケースの生成** 与えられた要因組の候補からペアワイズテストツールへの入力を記述し、分析に必要なテストケースを生成する。

**テストの逐次実行** 生成されたテストケースをシミュレータへの入力に変換してシミュレーションを実施する。計算機が複数利用できる場合には並列してシミュレーションを行う。

**ステップ毎の結果分析とグラフ表示** 要因組の中から支配的なものをピックアップするために統計処理ソフトを用いる。シミュレーション結果を変換して統計処理ソフトに与え、分析やグラフ化を行う。

**最終的な分析結果の表示** 確定した支配集合から、性能と要因の関係を表示する。最良・最悪の性能値の得られる条件や、モビリティなど一部の要因を固定したときに期待できる性能の見積もりなどができる。

## 4 支援システムの適用例

ノードが静止した状態で AODV ルーティングによる TCP 通信を行った場合を例に、シミュレーション支援システムの適用について説明する。このときの総要因数は 29 で、各要因について 2~5 段階の代表値を用いた。試験対象に提案手法を適用したところ支配集合として {MAP}, {MSS}, {TCP, SEND-BUFFER} の 3 つの要因組を発見できた。テストケース数は 1 ステップ目で 3500, 2 ステップ目で 2060 であった。

## 参考文献

- [1] : PICT. <http://www.pairwise.org/>.
- [2] : The R Project for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>.
- [3] Nakamura, M., Hiromori, A., Yamaguchi, H. and Higashino, T.: A Study on Efficient Performance Tests of Wireless Networks by Finding Dominant Factors, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2008) シンポジウム論文集, pp. 1121-1134 (2008).