

公衆通信回線・Wi-Fi 併用システムにおけるサーバの最適配置に関する研究 -バースト性 VCHS 待ち行列モデルによる-

情報科学科 小林 敏也

指導教員：奥田 隆史

1 はじめに

スマートフォンユーザは、自身の利用場所や電波状況に応じて公衆通信回線（以下、公衆回線）または公衆無線 LAN（以下、Wi-Fi）[1] に接続し、スマートフォン向けのサービスを利用している。各ユーザはどちらかに接続しても同じサービスを利用できるため、どちらか一方に呼である接続要求が集中し、急激に増大するというバースト性を有する場合がある。特に主要駅では電車の到着のたびにバースト性が高くなる傾向にある。

このような状況に対して、サービス提供者である通信キャリアは、初期配置や施設管理・維持のためのコストを勘案した上で、ユーザが満足する応答時間やブロック率などを満足するように公衆回線と Wi-Fi 設備をバランス良く配置する必要がある。

本研究ではこの配置問題を解決するために、まず、公衆回線と Wi-Fi を併用するシステムを VCHS (Various Customers, Heterogeneous Servers) 待ち行列モデル [2] として表現する。次に、このモデルの性能評価特性の近似曲線を、線形計画問題における応答曲面として利用して配置問題を解決する手法を提案する。

2 設計方針

本研究では、ユーザを満足させる指標として平均応答時間と回線ブロック率を設定する。サービス提供者は、両指標が目標値以下となる制約の下、設置費用が最小となるように公衆・Wi-Fi 回線数を決定していると考えられる。これは以下の線形計画問題 [3][4]：

線形計画問題

Minimize $c_g s_g + c_w s_w$

Subject to

 $w_g W_g + w_w W_w \leq$ 目標平均応答時間 $w_g B_g + w_w B_w \leq$ 目標ブロック率 $s_g, s_w \geq$ 最低システム数 (=1)

を解くことに帰着する。ここで s はシステム数、 c は各システムの台数あたりの設置コスト、 W は平均応答時間、 B は回線ブロック率を示し、その添え字 g, w はそれぞれ公衆回線、Wi-Fi であることを意味する。

3 応答曲面導出モデル

第 2 節で示した線形計画問題を解くためには、各システムの平均応答時間 W_g, W_w 、回線ブロック率 B_g, B_w の応答曲面 [4] を s_g, s_w の関数として表現する必要がある。しかしながら、当該システムにはバースト性を有する呼が到着することから、従来の電話ネットワークシステムのようなマルコフ型待ち行列モデル [5] の解析により得られる結果を利用することは困難である。

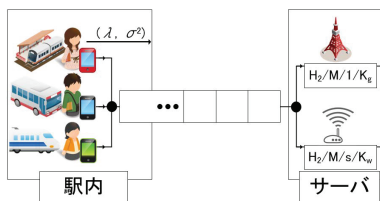


図1 待ち行列モデル

そこで、本研究では主要駅を想定環境として、応答曲面を導出する。ここで、想定環境は次のように仮定する。ある駅内へユーザが電車、交通手段を利用し到着する。到着したユーザは公衆回線または Wi-Fi のどちらかを選択し接続する。またユー

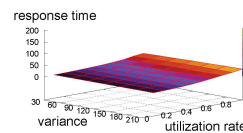
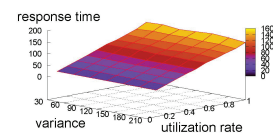
ザは公衆回線の接続を優先する（これを確率で表現する）。ユーザは複数の交通手段により駅内へ到着するため急激に増加する場合があります。バースト性を有する。想定環境を踏まえ、公衆回線と Wi-Fi ではそれぞれ異なる処理能力を持つことから VCHS 待ち行列モデル [2] を利用する（図 1 参照）。

ここで、ユーザの到着はバースト性を有するため超指数分布に従い、サービス時間は平均処理時間 $h = 1/\mu$ に従う指数分布に従うものとする。なお、公衆回線と Wi-Fi をそれぞれ異なる形態の待ち行列モデルとして表現し、公衆回線を想定する待ち行列モデルではサーバ数 $s_g = 1$ でバッファ量は K_g である $H_2/M/1/K_g$ とする。一方、Wi-Fi を想定する待ち行列モデルでは、公衆回線と比較してサーバが s_w 倍の処理能力を持つとする $H_2/M/s_w/K_w$ とする。

4 数値例（応答曲面の多項式近似～線形計画問題）

各形態の到着率は $\lambda = 1/5 = 0.2$ で一定とし、平均サービス時間 h はサーバ 1 つあたりの負荷である利用率 $\rho (= \lambda h)$ の値が $\rho = 0.1, 0.2, \dots, 1.0$ となるように値を定め、分散 σ^2 の値を $\sigma^2 = 30, 60, \dots, 210$ と変化させる。各形態のサーバ数 s_g, s_w は $H_2/M/1/K_g$ では $s_g = 1$ 、 $H_2/M/s_w/K_w$ では $s_w = 30$ とする。システムの容量 K_g, K_w はそれぞれ $K_g = 10, K_w = 10$ とする。また、ユーザが $H_2/M/s_w/K_w$ に接続する確率は $H_2/M/1/K_g$ の $1/10$ とする。

以上の条件を設定し、シミュレーションを施行して平均応答時間と回線ブロック率を求める。本研究では離散シミュレーションパッケージ Csim20 [6] を利用する。ここでは図 2, 3 に平均応答時間の一列を示す。

図2 $H_2/M/1/K_g$ 図3 $H_2/M/s_w/K_w$

このシミュレーション結果を多変量解析し、公衆回線、Wi-Fi それぞれの平均応答時間 W_g, W_w 、回線ブロック率 B_g, B_w 、利用率 ρ 、分散 σ^2 とシステム数 s_g, s_w の多項近似式を応答曲面として利用する。

この応答曲面を用いて、所与の目標平均応答時間は 50 単位時間、目標ブロック率は 2%、その他のパラメータの値をそれぞれ設定し、線形計画問題を解くと両システムの設置台数は、公衆回線が 1 個、Wi-Fi が 33 個となった。

5 おわりに

本研究ではスマートフォンを中心とするネットワークシステムにおいてサービス提供者である通信キャリアがユーザを満足させるために、公衆通信回線、Wi-Fi 設備をバランス良く配置することが求められる配置問題を解決するために、線形計画問題により最適解を求めた。

参考文献

- [1] “Wi-Fi オフロードにまい進する通信事業者”，日経コミュニケーション，pp.84-85，2011 年 9 月号． [2] 木村龍明，奥田隆史他，“公衆無線 LAN によるデータダウンロードサービスにおけるユーザの協調行動の有効性に関する研究”，電子情報通信学会論文誌 (B)，vol. j96-b，no.7，pp.662-669，2013． [3] 松井泰子他，『入門オペレーションズ・リサーチ』，東海大学出版会，2008． [4] 穴井 宏和，『数理最適化の実践ガイド』，講談社，2013． [5] 村上泰司，『わかりやすい情報交換工学第 1 版』，森北出版株式会社，2009． [6] Mesquite Software，<http://www.mesquite.com>．