

動的に構成されるユーザ提供型モバイルネットワークの 価値評価手法

Valuation Mechanism of Dynamic Mobile User-Provided Networks

中山悠¹ 安永遼真² 本田一暁² 竹下絵莉奈² 久野大介³ 丸田一輝²
Yu Nakayama Ryoma Yasunaga Kazuaki Honda Erina Takeshita Daisuke Hisano Kazuki Maruta

青山学院大学 理工学部¹
College of Science and Engineering,
Aoyama Gakuin University

neko 9 Laboratories²

大阪大学 大学院工学研究科³
Graduate School of Engineering,
Osaka University

1 はじめに

モバイルトラフィックは爆発的な増大を続け、さらにその時空間的な変動が顕著になっている [1]。その主な要因として、中心市街地から郊外にかけての昼夜間の人口動態変化や、イベント等によるホットスポット形成が挙げられる [2]。従来のモバイルネットワークを用いてサービス品質を高めるにはエリアごとのピークレートに合わせた設備計画を行う必要があるが、上記の変動を考慮すると設備利用率が低く、非効率であるという課題があった。この課題に対し、ユーザ提供型モバイルネットワーク (mobile user-provided network; mobile UPN) [3, 4, 5] が有効であると考えられる。筆者らは、自家用車等に搭載した基地局を用いた動的なモバイル UPN の構成方法について提案している [6, 7]。

ただしモバイル通信環境は、ユーザや基地局の分布に加え、地形や建築物などの周辺環境や周囲の通信状況によって大きく変動する。高周波数帯を用いるスモールセルの利用を想定した場合、空間的変動の影響はより大きくなる。よって、モバイル UPN を適切に構成するには、通信環境に影響する要因の解析および通信環境の推定手法が必要となる。また、ユーザに対するインセンティブ等の最適化を考慮すると、通信環境に応じて変動するモバイルアクセスの価値をリアルタイムに評価する手法が必要であると言える。そこで本稿では、通信環境を考慮したモバイル UPN の価値評価手法を提案する。

2 提案手法

2.1 価値評価式

本稿で提案する価値評価法では、モバイル UPN が提供可能な QoS クラスが多いほど、当該モバイル UPN の価値を高く評価する。QoS クラスとは、当該 UPN に接続したユーザが利用可能なアプリケーションを表し、例えば Web ブラウジング、通話、ストリーミング動画視聴などがある。ストリーミング動画視聴には一定のビットレートと低遅延性を要するが、通常の Web ブラウジングにはそれらが要求されない、といったアプリケーションごとの特性を反映している。ここでは、要求条件の厳しい QoS クラスを提供可能ならより緩いクラスの要求条件は自動的に満たせるため、提供可能クラス数で評価する。モバイル UPN 識別子を u とし、時刻 t における u の価値 $V_{u,t}$ とする。当該時刻において、 u がクラス k の要求条件 C_k を満たすか否かを表す二値変数を $x_{u,k,t}$

として、 u の提供可能なクラス数は $X_{u,t} = \sum_k x_{u,k,t}$ と表される。

さらに、提案手法ではモバイル UPN の相対的な価値を考慮する。提供可能な QoS クラス数が同じでも、周囲のモバイルアクセス環境が悪い条件であるほど、つまり希少価値が高い UPN ほど、その価値を高く評価する。このとき、モバイルアクセス環境情報を広域的に測定し収集していることを前提とする。スマートフォンを利用した受信信号強度 (RSSI) 測定・収集の取り組みとして、例えば OpenSignal (<https://opensignal.com/>) がある。UPN u の周辺における時刻 t のモバイルアクセス環境評価値を $\alpha S_{u,t}$ とする。この値は、各キャリアの RSSI の平均値などとして算出した $S_{u,t}$ に係数 α を乗じたものである。以上から、 $V_{u,t}$ を式 (1) として表す。

$$V_{u,t} = \frac{X_{u,t}}{\alpha S_{u,t}} \quad (1)$$

つまり提供可能クラス数 $X_{u,t}$ が多く、周囲のモバイルアクセス環境評価値が低いほど、UPN u の価値 $V_{u,t}$ が高く評価される。

2.2 QoS クラス

提案手法における QoS クラスの定義としては様々な基準を利用できるが、ここでは例として、5G 向けに定義されている QoS クラス [8] について述べる。21 種類の QoS クラスが定義され、大きく 3 つのタイプに分けられる。すなわち、帯域保証型の Guaranteed Bit Rate (GBR) と非保証の non-GBR が存在し、GBR はさらに通常の GBR と、遅延要求の厳しい Delay Critical GBR (DC-GBR) であり、ここではタイプを T と表す。具体的な要求条件としては遅延 D 、ロス率 E に加え、GBR に対しては保証レート (GFBR) R^G 、最大レート (MFBR) R^M および平均ウィンドウ W 、さらに DC-GBR に対しては最大バーストサイズ B が定義される。なお、遅延とは UE と N6 インタフェースを終端する UPF (User Plane Function) 間の遅延、平均ウィンドウとは GFBR、MFBR の計算期間を表す。本稿では、クラス k の要求条件を式 (2) で表す。

$$C_k = \{T_k, D_k, E_k, R_k^G, R_k^M, W_k, B_k\} \quad (2)$$

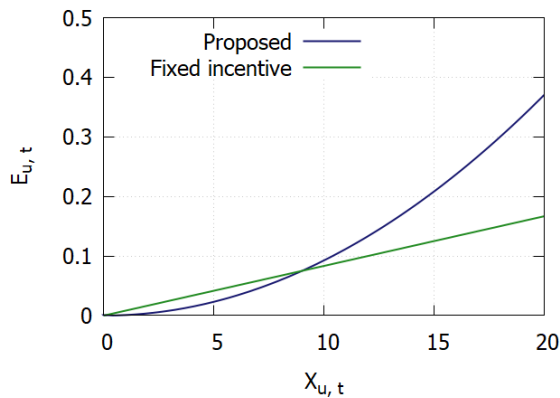


図 1: Expected improvement.

3 数値解析

3.1 評価式

提案手法の有効性を評価するための数値解析結果について述べる。まず、ここでは各モバイルユーザは自律的に行動することを仮定する。ユーザ u がモバイル UPN 機能を有効化する確率 $p_{u,t}$ は、得られる報酬 r に応じて定まるとし、以下の式で表す。

$$p_{u,t} = ar \quad (3)$$

提案手法では、 r は UPN u の価値 $V_{u,t}$ とおけば良いので、 $r = V_{u,t}$ が成立する。

UPN u が有効化された際の、クライアント側から観測したモバイルアクセス環境評価値の改善量を $\delta_{u,t}$ とおく。係数 β を用いて、 $\delta_{u,t}$ を式 (4) と表せる。

$$\delta_{u,t} = \beta V_{u,t} \quad (4)$$

このとき、ユーザ u によるモバイルアクセス環境改善に関する期待値 $E_{u,t}$ は、式 (5) となる。

$$\begin{aligned} E_{u,t} &= p_{u,t} \delta_{u,t} \\ &= \frac{a\beta X_{u,t}^2}{\alpha^2 S_{u,t}^2} \end{aligned} \quad (5)$$

3.2 評価結果

上述の評価式を用いて、提案手法の有効性について評価した。各パラメタについては、 $a = 0.3$, $\beta = 0.25$, $\alpha = -0.1$, $S_{u,t} = -90$ とおいた。QoS クラス数については、5G 向けの定義を想定した。モバイル UPN の価値評価を行わない、すなわち r が一定の場合と比較することとし、その際は $r = 1.0$ とした。

各手法におけるモバイルアクセス環境改善に関する期待値 $E_{u,t}$ について、図 1 に示す。提案手法では、価値評価がない場合と比較して、特に $X_{u,t}$ が大きいときにモバイルアクセス環境改善の期待値が大きくなっている。これは、提案手法は提供可能クラス数が多い UPN の価値を高く評価するためであり、すなわち UPN の適切な提供を促すことができると考えられる。 $X_{u,t}$ が小さい領域では、そもそも改善効果が非常に小さいため、UPN 提供に対する報酬を提供するメリットが小さいと考えられるが、その詳細については今後の課題である。

4 まとめ

本稿では、モバイル通信環境を考慮したモバイル UPN の価値評価手法を提案した。提案手法により、通信環境に応じて変動するモバイルアクセスの価値をリアルタイムに評価することが可能となる。今後、UPN ホスト、クライアントとなる各ユーザの経済的な行動モデルを考慮したシミュレーションにより提案手法の有効性を評価するとともに、価値評価を利用したアプリケーションについても提案を行う。

5 謝辞

本研究の成果の一部は、JST ACT-I (JPMJPR18UL) の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] T. Louail, M. Lenormand, O. G. C. Ros, M. Picornell, R. Herranz, E. Frias-Martinez, J. J. Ramasco, and M. Barthelemy, "From mobile phone data to the spatial structure of cities," *Scientific reports*, vol. 4, 2014.
- [2] M. Lenormand, M. Picornell, O. G. Cantú-Ros, A. Tugores, T. Louail, R. Herranz, M. Barthelemy, E. Frias-Martínez, and J. J. Ramasco, "Cross-checking different sources of mobility information," *PLoS one*, vol. 9, no. 8, p. e105184, 2014.
- [3] G. Iosifidis, L. Gao, J. Huang, and L. Tassiulas, "Incentive mechanisms for user-provided networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 9, pp. 20–27, 2014.
- [4] M. Zhang, L. Gao, J. Huang, and M. Honig, "Cooperative and competitive operator pricing for mobile crowdsourced internet access," in *36th Annual IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2017)*. IEEE, 2017, pp. 1–9.
- [5] G. Iosifidis, L. Gao, J. Huang, and L. Tassiulas, "Efficient and fair collaborative mobile internet access," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 25, no. 3, pp. 1386–1400, 2017.
- [6] K. Honda, R. Yasunaga, Y. Nakayama, K. Maruta, and T. Tsutsumi, "Dynamic mobile network architecture organized by drivers decision making," in *IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, September 2018.
- [7] K. Maruta, Y. Nakayama, K. Honda, D. Hisano, and C.-J. Ahn, "V2P connectivity on higher frequency band and CoMP based coverage expansion," in *IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, September 2018.
- [8] 3GPP, TS 23.501, v15.2.0, "System architecture for the 5G system," June 2018.