2T-04

QoEに着目したモバイルネットワーク割り当てシステムの構成方法

山片　優一†　　篠宮　紀彦†

創価大学 工学部 情報システム工学科†

1　研究の背景

近年，スマートフォン端末が普及し，使用されるアプリケーション（以下アプリ）が必要とするデータ量も増大しているため，各キャリアは携帯電話回線網から公衆 Wi-Fi 基地局へのオフロード対応を行っている．このとき，各モバイルユーザにおけるQoE(Quality of Experience)は，各々が接続するネットワークの選択に強く影響されると考えられる．

そこで先行研究 [1]では，各端末での利用アプリを考慮し，対象エリアにいるユーザ全体のレスポンスタイムすなわちQoEを向上させるための基地局割り当て手法が提案されている．しかし，先行研究ではコントロールサーバ(CS)内のアルゴリズムを重点としているので，実際にシステム設計を行うには周辺のネットワーク環境などを考慮する必要がある．

本研究では，上記の具体的なシステム構成方法の一部を検討し解決案を提案することで，提案手法をより現実的に実装しやすく改善することを目的とする．

2　モバイルネットワーク割り当てシステム

先行研究で提案されているシステム構成を図 1 に示す．このシステムでは，まず各基地局における RTT(Round-Trip Time)値を PathQuick [2]と呼ばれるシステムを用いて推定算出し，CS へ送信する．次に新規参入端末が現れたとき，CS がその端末における最適な接続先を計算し，制御情報として端末へ送信する．このとき，先ほど得られた RTT 値を参考に割り当て問題としてハンガリアン法を用いて解く．最後に，制御情報を受け取った新規参入端末は，その最適な接続先へ適宜切り替える．

このシステムでは，既存の各基地局そのものに手を加えることなく実装できることが大きなメリットである．また各端末と基地局との割り当てを，推定された RTT 値を基に最適化することによって，各ユーザがレスポンスタイムの向上を大きく実感できると予想される．

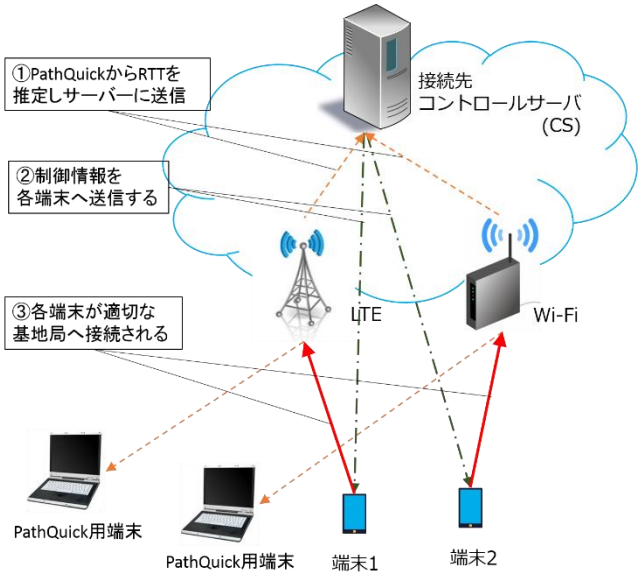

図 1　先行研究の提案手法概要

3　研究課題

今後，先行研究で提案された内容を現実のシステムとして構築する場合，解決すべき問題点が幾つか考えられる．本研究ではネットワークの構成を考えるために提唱されている OSI ネットワーク管理モデル [3]を基に，「性能管理」と「セキュリティ管理」という 2 つの機能領域に沿って検討する．

3.1 性能管理

PathQuick を用いて各端末におけるアプリの RTT 値を推定する際，各基地局に設置した PathQuick 用端末と CS 間において大量の通信が発生することが予想される．そのため，そのまま実装するとネットワーク機器への負荷が懸念される．

3.2 セキュリティ管理

PathQuick 用端末から CS へ送信された RTT 推定値を改ざんされると，CS が各端末を適切な基地局に割り当てることができなくなってしまう可能性がある．

また，CS の割り当てアルゴリズムが攻撃者に類推されてしまうと，上述の改ざんと合わせることで，攻撃者にとって都合の良いように他ユーザの接続先割り当てを変更される可能性がある．そして，結果的に攻撃者のみにネットワーク資源を独占させてしまう危険性がある．

Designing a Network Assignment System for QoE improvement
†Yuichi Yamagata　†Norihiko Shinomiya
†Faculty of Engineering, Soka University

4 解決案の検討

3 章で述べた問題点に対応するため，それぞれについて解決案を検討した．

4.1 通信負荷の軽減

本システムでの各基地局に設置した PathQuick 用端末と CS 間の通信は，膨大な端末と 1 つまたは少数のサーバとの通信となる．そのため，通信負荷を軽減できるプロトコルが必要となる．現在，通信負荷を軽減するための新しいプロトコルが幾つか提唱されており，本研究ではその中で提案システムの要求に合致するプロトコルとして CoAP(Constrained Application Protocol)と MQTT について検討する．

まず，どちらのプロトコルもヘッダサイズがかなり小さいことが特徴である．また CoAP は，TCP ではなく UDP 上の 1 往復で非同期通信ができる．一方 MQTT は，リアルタイム通信に優れており Facebook の Messenger などで採用されている．

提案システムを考慮すると，どちらのプロトコルもヘッダサイズの軽量化によってオーバヘッドを小さくすることができる．また，CoAP では UDP を利用しコネクション回数を減らせることができるメリットがあり，MQTT ではリアルタイムにメッセージを転送し，また 1 対多通信を行えるので CS から各端末への制御通信も同時に実装できるメリットがある．したがって，通信負荷を軽減するために CoAP または MQTT による実装を行うことが望ましいと考えられる．

4.2 セキュリティ脅威の検証

先ほど 3.2 節で述べた，セキュリティ脅威が起こりうるかシミュレーション実験を行い検証した．今回の実験では，CS 内の接続先決定部における割り当てをシミュレーションするプログラムに対し，各基地局の RTT 推定値を改ざんすることで，どのように割り当てが変化するか観測した．設定条件として基地局数は 3，新規に参入する端末は 100 台，各基地局の端末 1 台あたりの RTT 増加量はそれぞれ 2 とした．また，攻撃者の改ざんを想定する数値は各基地局の初期 RTT 値のみであり，その他の数値は同じものとした．

実験の結果を表 1 に示す．正規の状態では初期 RTT 値によって端末がそれぞれの基地局に割り当てられているが，改ざんされた状態では特定の基地局に全く端末が割り当てられない状況が起こっている．これは，各基地局の RTT 値の差が大きく，全端末を RTT 値の小さい 2 つの基地局に割り当ててもそれぞれの端末において必要とする RTT 値を満足するからであると考えられる．

攻撃者によって，このように全く端末が割り当てられていない基地局が独占される恐れがあり，これは 3.2 節で述べた，セキュリティの脅威が起こりうる状況であると考えられる．

表 1　セキュリティ脅威の検証実験結果

正規の状態	基地局 1	基地局 2	基地局 3
初期 RTT 値	60	80	100
割り当て状況(台)	24	60	16

改ざんされた状態	基地局 1	基地局 2	基地局 3
初期 RTT 値	900	500	1
割り当て状況(台)	0	34	66

4.3 セキュリティ対策案の検討

4.2 節にて検証したセキュリティ脅威への対策として，一般的に通信経路上での通信内容を暗号化できる SSL/TLS が用いられる．しかし，サーバ側にかかる負荷が現在では問題となっている．提案システムにおいても，膨大な端末との通信を行うこととなるため，サーバ負荷を減らすための対策が必要となる．この問題については，サーバ側でロードバランサを用いた負荷分散や，TLS 通信よりも軽量な暗号化通信手法を開発することで解決せざるを得ないと考えられる．

5 まとめと今後の課題

本研究では先行研究の提案システムについて，通信負荷対策とセキュリティへの問題点を取り上げ，その解決方法を検討した．これにより，将来的に各モバイルユーザにおける QoE が向上することが期待される．

今後の課題としては，各キャリア基地局における端末台数の推定が挙げられる．Wi-Fi 基地局であれば，その基地局内サブネットを探索すれば端末台数が把握できるが，キャリア基地局においてはそのような技術を用いることはできず，その基地局が抱える端末台数を把握することは難しい．この問題については，その基地局にどれだけの端末が接続しているかを推定する仕様を今後検討する．また、本稿で検討したプロトコルの実装も今後検討する．

参考文献

[1] 亀田他．複数の無線通信サービスが混在した環境における使用アプリケーションを考慮した基地局割り当て手法. 情報処理学会研究報告.Vol.2015-CDS-12(27), pp1-8, 2015.

[2] 里田他. サービス品質向上のためのネットワーク状態推定・予測技術. 電子情報通信学会技術報 告，CQ2013-56, Vol.113, No.293, pp.29-34, 2013.

[3] 情報通信技術委員会. JT-X700 OSI ネットワーク管理 — アーキテクチャ仕様. http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/STD/JT-X700v1.pdf, 1991.最終閲覧日 2016 年 1 月 5 日