

鉄道環境における公衆高速無線通信サービスの 回線品質評価手法の開発

信号通信技術研究部 通信研究室
副主任研究員 中村 一城

1. はじめに

近年の移動体通信技術の進歩は著しく、携帯電話やデータ通信サービスに代表される公衆高速無線通信サービスが広く普及している。鉄道業界においても、これらの公衆高速無線通信サービスを活用することにより、業務支援システムの構築や旅客サービスの向上を図りたいという要望が高まっている。しかし、公衆高速無線通信サービスは、自営通信網と異なり、ユーザである鉄道事業者が伝送品質を詳細に把握することができず、回線設計やシステムの管理を自由に行うことができないという課題がある。

そこで鉄道総研では、鉄道事業者が公衆高速無線通信サービスを含んだ伝送システムを設計する際の支援を行うことを目的に、その伝送品質を予測するためのシミュレーション手法、アプリケーションの導入可否を評価する手法について検討を行ってきた。

本発表では、公衆高速無線通信サービスを含んだ伝送システムの伝送品質を、列車走行に伴うフェージングや雑音変動といった鉄道特有の条件を考慮して予測するために開発したシミュレータと、シミュレータを用いて、導入しようとするアプリケーションが要求する伝送品質を満足できるか否かを評価する手法について紹介する。

2. 公衆高速無線通信サービス

現在、通信事業者による移動体通信サービスが数多く提供されており、そのシステムも多岐に渡っている。主な公衆高速無線通信サービスを表1に示す。これらのサービスのうち、走行中の在来線列車と地上間の伝送路として使用することを前提に、鉄道沿線においてサービスエリアが確保できることなどの条件を満足できる可能性が高いシステムとして、Mobile WiMAX と HSPA+を選定した。以降は、これら2つのシステムを対象に検討を進めた結果を述べる。

表1 主な公衆高速無線通信サービス

システム	特徴(仕様)	周波数	伝送速度
1	Mobile WiMAX	2.5GHz	40Mbps(下) 10Mbps(上)
2	AXGP	2.5GHz	76Mbps(下) 10Mbps(上)
3	3.5世代携帯電話 (HSPA+)	1.7GHz	21Mbps(下) 5.8Mbps(上)
4	3.5世代携帯電話 (DC-HSDPA)	1.5GHz 1.7GHz	42Mbps(下) 5.8Mbps(上)
5	3.9世代携帯電話 (LTE)	1.5GHz 1.7GHz 2.0GHz	75Mbps(下) 25Mbps(上)
6	衛星 (インマルサット)	1.5GHz(下) 1.6GHz(上)	492kbps

※伝送速度はサービスとして実現されている値

3. 鉄道環境における公衆高速無線通信サービスを利用した伝送システムのモデル

本研究での鉄道環境における公衆高速無線通信サービスを利用した伝送システムは、走行列車から鉄道事業者のサーバや情報表示装置等に情報を伝送するアプリケーションの伝送システムを対象としている。当該システムでは、車上・地上間のデータ伝送部分に公衆高速無線通信サービスを利用している。さらに、車上から鉄道事業者までの間は、移動体通信事業者ネットワークやインターネット網など、複数のネットワークで構成されている。そこで、各ネットワークの境界点を整理し、伝送システムのモデルを作成した(図1)。その結果、鉄道事業者(ユーザ)がシス

テム設計を行うに当たっては、図1に示したように、ネットワークを、設計が可能な部分(①~②、⑥~⑧)と、一部可能な部分(⑤~⑥)、不可能な部分(②~⑤)を分けて考えるべきであるということが分かった。

4. 鉄道環境における公衆高速無線通信サービスを利用した伝送システムの伝送品質予測

鉄道事業者が、図1で設計が可能とした部分を実設計しようとした場合、設計が不可能な部分の伝送品質を把握する必要がある。しかし、鉄道事業者では、公衆高速無線通信サービスの基地局条件やインターネット網の負荷など、未知の条件が多く、場所や時間ごとに変動する伝送品質を厳密に予測することは困難である。そこで、設定が不可能な部分のトラフィック条件を仮定した上で、エンド・ツー・エンドにおけるスループットや伝送遅延を評価指標とし、アプリケーションを導入しようとする線区内で、導入に必要な品質を確保できる割合(場所率)によって伝送品質の予測を行うこととした。そして、場所率の予測に当たっては、一部のトラフィックを仮定する必要があることから、様々な条件を自由に設定し、設定条件ごとのスループットや伝送遅延などの伝送品質を予測することが可能なシミュレーションによる手法を用いることとした。

5. シミュレータの開発

シミュレーションにより伝送品質を予測するためには、各種条件を入力することで、スループットや伝送遅延を出力可能なネットワークシミュレータが必要である。そこで、ネットワークシミュレータとしての実績があるns-3をベースにして、列車の走行に伴う複数基地局の切り替えやフェージングの影響、雑音の変動などの鉄道環境特有の条件を反映できるシミュレータの開発を行うこととした。ns-3は研究および学術目的として、C++で記述されたオープンソースの分散事象型ネットワークシミュレータであり、多くの研究者によって各種ネットワークモジュールが開発および共有されている。そのため、CSMA(LAN)やPoint to Point、WiMAXなどのモジュールが充実している。

開発したシミュレータでは、図2に示したように複数のネットワークを、それぞれにモジュールで置き換えて実装した。主な構成モジュールとしては、LAN(CSMA)モジュール(①~②、③~④、⑦~⑧)、Point to Pointモジュール(②~③)、無線通信システムモジュール(WiMAX、HSPA+など:⑤~⑥)である。これらのモジュールを組み合わせるとともに、列車走行に伴うフェージングや雑音変動を考慮してS/N計算を行う機能の追加などの改良を行い、公衆高速無線通信サービスを含む走行列車上の端末と鉄道事業者が地上に設

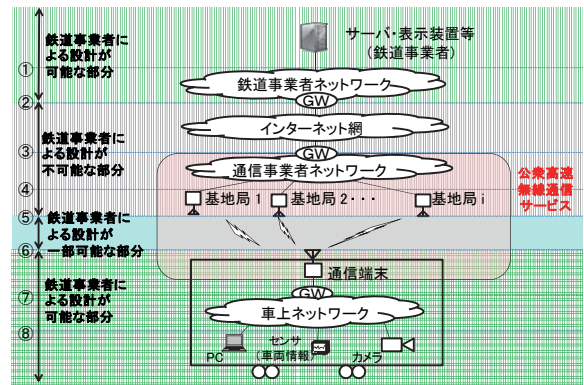


図1 公衆高速無線通信サービスを利用した鉄道用ブロードバンド通信システムモデル

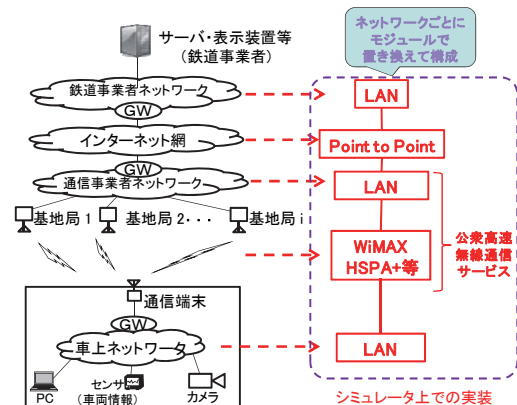


図2 シミュレータの実装

置するサーバ間のエンド・ツー・エンドの伝送品質を予測できるようにした。開発したシミュレータにおける主な入出力パラメータを図3に示す。本シミュレータに基地局条件、車上局条件、伝搬環境条件等を入力することにより、Mobile WiMAX や HSPA+を利用して車上・地上間で1対向のデータ伝送を行った場合の、列車位置ごとのスループット、遅延時間、受信パケット数などの伝送品質を予測することが可能である。

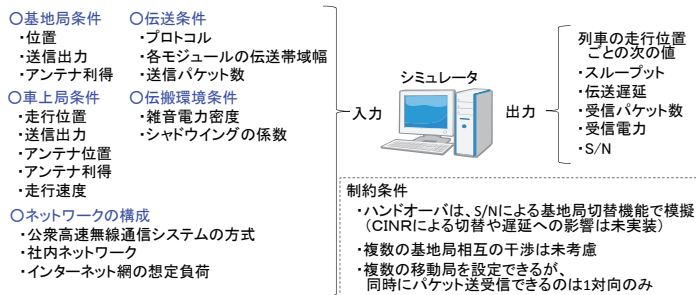


図3 シミュレータにおける入出力パラメータ

6. シミュレータを用いたアプリケーション導入可否の評価手法

次に、前節で述べたシミュレータを用いて、鉄道事業者が公衆高速無線通信サービスを利用したアプリケーションを導入しようとする際、伝送システムがアプリケーションの要求する伝送品質を満足しているか否かを予測し、導入の可否を評価する手法を提案した。

提案手法では、以下に示す3つのステップにより、アプリケーション導入可否の評価を行う。具体的な手順を図4に示す。

ステップA：導入環境、ネットワークの構成、アプリケーションの機能を満足させるために伝送システムに求められる品質などから、伝送システムに必要な条件を整理する。

ステップB：導入対象区間において、スループットや伝送遅延時間の簡易測定を行うとともに、開発したシミュレータによるシミュレーションを行うために必要なパラメータの設定やその確認を行う。

ステップC：ステップBで設定した条件を基に、未測定環境下の伝送品質を予測するためのシミュレーションを実行するとともに、シミュレーション結果から算出した場所率とステップAで設定した伝送システムに求められる品質を比較して、アプリケーションの導入可否を評価する。

評価の結果、所望のアプリケーションの導入が不可と判定された場合には、シミュレーションの条件を再設定してシミュレーションを行うか、アプリケーションにおける要求事項を見直した上で、再度評価・判定を行い、導入可能なシステム構成を決定する。

以上の手順に基づき、車上で撮影した画像を鉄道事業者のサーバに伝送するシステムを対象に、導入可否の評価を試行した例を図5に示す。この事例では、車上側端末のアンテナを列車の屋根上に設置することで、Video CD相当画質の画像を伝送することが可能であると判定でき、アプリケーションの要求事項と、伝送システムの品質を比較することで、アプリケーションの導入可否を評価できることが確認できた。

7. まとめ

本発表では、公衆高速無線通信サービスを利用した走行列車と地上間のデータ伝送システムを設計しようとする際、これまで予測や評価が困難であった伝送システムの品質を、簡易な測定データとシミュレーションから得た場所率によって予測し、アプリケーションの導入可否を評価す

