

センサー連携無線サービス制御機構の検討

青山 哲也[†]

大久保 晃[†]

[†] 三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 〒247-8501 神奈川県鎌倉市大船 5-1-1

E-mail: [†] Aoyama.Tetsuya@eb.MitsubishiElectric.co.jp

あらまし Beyond 3G や 4G に向けた議論が活発に行われており、無線インタフェースの高速・広帯域化だけでなく、ユビキタス時代のネットワークサービスの提供を見据えた異種無線システムの統合や Moving Network の収容などが検討されている。一方、多種多様なセンサーを利用し、実センサー情報を基にユーザのコンテキストやネットワークの状況に関する情報を利用して、瞬時かつダイナミックに変化する実環境に適応した動作を可能とするネットワークの検討も進められている。このような状況において、本稿では変動する無線環境に応じた効率的な無線サービス制御を行うために、センサーと連携した無線サービス制御機構に着目し、そのうち加速度センサーの情報を利用した利用可能帯域幅の予測による無線サービス制御機構を提案する。計算機シミュレーションにより、提案機構は移動端末の加速度、移動速度が増加した場合において、パケットロス数の増加を抑制することを示す。

キーワード 移動体通信, センサー, 利用可能帯域幅, 予測

A mechanism for wireless service management using sensors information

Tetsuya Aoyama[†] and Akira Okubo[†]

[†] Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

5-1-1 Ofuna, Kamakura, Kanagawa, 247-8501 Japan

E-mail: [†] Aoyama.Tetsuya@eb.MitsubishiElectric.co.jp

Abstract The discussion for Beyond 3G and 4G mobile network includes the integration of different kind of wireless access systems and the accommodation of a moving network for ubiquitous network services. There are activities to study a mobile network that adapts an operation of mobile terminals to the variable real environments based on user's contexts and network conditions using various kinds of sensors information. This paper proposes that a wireless service management mechanism using sensors information provide more efficient wireless services to users. The mechanism predicts available bandwidth of radio interface based on acceleration sensor information. Simulation studies show that the mechanism keeps down an increase in packet losses when a mobile terminal accelerates.

Keyword Mobile Network, Sensor, Available Bandwidth, Prediction

1. はじめに

第2世代 (2G) から第3世代 (3G) の移動体通信サービスへの移行が本格化し、今や 3G の移動体通信サービスの加入者数は全国約 8,800 万件のうち、約 3,500 万件に達した[1]。携帯電話によるサービス

は、音声から大容量のデータ通信へと通信形態を変化させて、3D ゲーム、携帯音楽プレーヤー或いは FeliCa [2] に代表される非接触 IC カードによる e-Commerce の世界へと多種多様なサービスへの展開がはかられ、ユーザの利便性は年々格段に向上し続けている。次世代 (Beyond 3G, 4G) に向けた標

準化作業では、移動体通信サービスを楽しむユーザに対して更なる付加価値の高いサービスの提供を目指し、移動体ネットワークを発展させる検討が活発に行われている。この作業の中では、無線インタフェースの高速・広帯域化だけでなく、ユビキタス時代のネットワークサービスの提供を見据えた異種無線システムのシームレスな統合や Moving Network の収容など新たな形態のネットワークが検討されている[3] [4].

一方、多種多様なセンサーを利用し、センサーから得られるユーザのコンテキストやネットワークの状況に関する情報を利用して、瞬時かつダイナミックに変化する実環境に適応した動作を可能とするネットワークの検討が進められている[5]. このようなネットワークに対して、軽量、小型化、かつ低消費電力化が進んでいる各種センサーを、高性能、高機能化した移動端末に組み合わせることにより、多様化したサービスを画一的ではなく、個々のユーザの通信環境に適合した、ユビキタス時代の移動体通信サービスへと生まれ変われさせることが可能となる。

また、移動体通信において、これまでほとんど活用されていなかったセンサー情報を利用することにより、従来の方式[6] [7]と比較して、スケーラブルな QoS の向上をはかる研究[8]が行われている。このことから、センサー情報の利用により、ユビキタス時代の新たなサービス及びサービス環境の創出以外にも移動体ネットワーク制御の高度化をはかることが可能で、サービス品質の向上や無線リソースの有効活用をはかることが可能となる。

このような状況において、本稿では、はじめにセンサー連携による無線サービス制御機構の課題と制御の利点について触れて、次に提案する加速度センサーを利用した無線回線制御方式について説明する。そして、提案した加速度センサー連携による無線回線制御機構の評価を計算機シミュレーションによって行い、提案機構の妥当性を検証する。

2. センサー連携無線サービス制御機構

これまで、CDMA (Code Division Multiple Access) における送信電力制御[9]のように、フィードバック制御によって電波伝搬環境を移動端末ごとに最適なものとする通信方式は存在するが、各移動端末とその端末を利用するユーザとを取り巻く総合的な通信環境に合わせて、無線通信におけるサービス制御を行うまでに至っていない。したがって、センサー情報を用いて総合的な判断により無線サービス制御を行

うことで、高度な通信環境を提供できると考えられるが、その実現のためには、以下のような課題がある。

- ◇ 各種のセンサーによって、多様なセンサー情報を取得することが可能であるが、瞬時に変化する実環境に適応した動作を提供する上で、どのように情報を取り出して、どのようなタイミングで活用するのかというセンサー情報との連携方法。
- ◇ 移動予測によるシームレスハンドオーバー制御やユーザの感情や周囲の状況に合わせたサービス制御などを既存の無線通信環境にどのようにオーバーレイするかというプラットフォームの確立手法。

ここで、センサー連携無線サービス制御の利点を考えると、まず始めに無線制御情報の情報補完と高精度化という点が挙げられる。

a) センサー機能検索

どのようなセンサー機能が使用可能かは、移動端末の場合、多様な端末が存在し一律に同種のセンサーがいつでも必ず使える訳ではないため、センサー機能を検索できる必要がある。センサー機能に関する情報は加入者ごとに静的に保持した情報を取得するのではなく、動的に取得できる手法が望まれ、センサーの種別や取得可能な情報と精度などを把握可能とすることが必要となる。

b) センサー情報集約/平均化

センサー機能検索により取得したセンサー機能に対して、取得する情報の指定やタイミングを指定し、動的に収集するセンサー情報を利用価値の高いものとするのが望まれる。無線サービス制御の実行時の補完情報として、集めた情報の平均化を行い、高精度化をはかって、情報の分析を動的に進めていくことが必要となる。

次に無線部分に特化したサービス制御の観点では、センサー情報を活用し、異なる無線環境に及ぶサービス制御の実行環境を整えていくことでユビキタスサービス実現に向けたプラットフォーム構築に繋がる。

- a) センサー情報に基づく無線回線制御
 - ◇ 無線システム間の最適な切り替え

- ◇最適な無線基地局/アクセスポイントの選択
- b) センサー情報に基づくサービス保証
 - ◇ハンドオーバー時の QoS 保証
 - ◇無線属性の動的な調整

更にセンサー情報によってユーザや移動端末の周辺環境を理解し、ユーザプロファイルに合わせて、その場に適合したアプリケーションの切り替えいくことにより、新たなサービスを創造する。

- a) 移動状態の把握による無線サービス制御
速度や方向などを検知することによって提供するサービスを動的に変化させる。
- b) ユーザの感情把握による無線サービス制御
音声や圧力の状態を検知することでユーザの感情を把握し、感情に合わせたサービスを提供する。

以上を踏まえて、センサー連携無線サービス制御機構の一つとして、本稿では加速度センサーを利用した無線回線制御機構を提案する。

3. 加速度センサーを利用した無線回線制御機構

本章では、センサー連携無線サービス制御機構の一つとして、加速度センサーを利用した無線通信制御機構を提案する。提案する機構は、移動端末が搭載する加速度センサーの時刻 t における加速度情報を利用して、移動に伴う無線環境の変化前に、時刻 $t+1$ における移動端末での利用可能帯域幅 $R(t+1)$ を予測する。

想定する無線通信環境の構成を図 1 に示す。提案する機構は、通信速度やセル範囲などの無線特性が異なる無線システムが統合された環境を想定する。各無線システムは、共通してアクセス可能な移動体ネットワークに接続しており、移動体ネットワークには、異種無線システムを統合する無線制御サーバが接続している。無線制御サーバは、各移動端末の接続状態を管理する機能を有し、移動端末ごとに以下の情報を保持している。

- a) 端末 ID
- b) 利用可能な無線システム
- c) 加速度情報
- d) 移動速度情報
- e) 利用可能帯域幅

また、提案する機構は、無線制御サーバ及び移動端末において動作する。各移動端末は、加速度センサーを搭載し、利用可能な無線アクセスによってこの情報を無線制御サーバに通知できる。

なお、提案する機構において、通信アプリケーションは限定せず、収集した加速度情報から利用可能帯域幅の最適値を端末に対して通知するものとし、アプリケーション間の制御は本機構の範疇外とする。

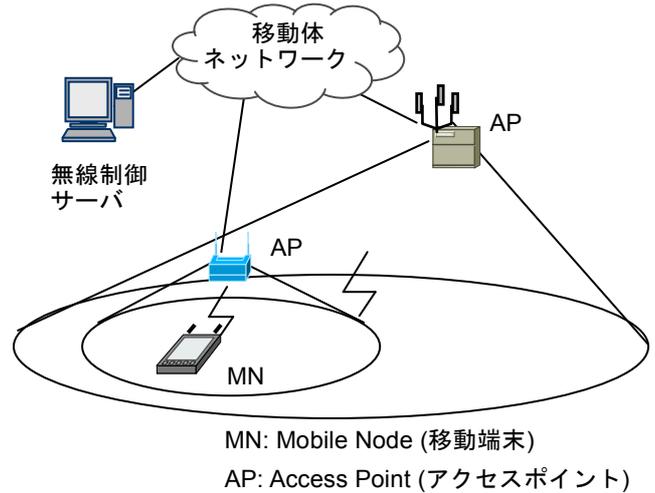


図 1: 想定環境

3.1. アルゴリズム概要

移動端末の測定結果情報より、加速度の大きな変動が検出された場合に、今後無線通信環境の悪化が予想されると判断し、無線制御サーバと連携して、広域な無線システムへの切り替えや利用可能帯域幅の予測値の算出を行う。

3.2. 移動端末の動作

移動端末の動作アルゴリズムを図 2 に示す。移動端末は、加速度センサーより測定間隔ごとに時刻 t における加速度 $a(t)$ を測定する。測定した加速度 $a(t)$ より、時刻 t_0 から t_1 の移動速度 $v(t)$ を式 1 によって求める。

$$v(t) = \int_{t_0}^{t_1} a(t) dt \quad (式 1)$$

移動端末は、加速度 $a(t)$ と移動速度 $v(t)$ 、時刻 t における利用可能帯域幅 $R(t)$ を利用して、時刻 $t+1$ における利用可能帯域幅の予測値 $R_m(t+1)$ を式 2 によって算出する。ただし、 k は任意の定数を表す。

$$R_m(t+1) = R(t) + r \quad (式 2)$$

$$r = -(R(t) \cdot a(t) \cdot v(t) / k)$$

そして、 $R_m(t+1)$ と $R(t)$ に大きな変化が見られる場合には、必要に応じて送受信レートを変更させる。また、移動端末は端末内で算出した利用可能帯域幅の予測値 $R_m(t+1)$ と、加速度 $a(t)$ 、移動速度 $v(t)$ を含む、測定結果情報 $S_m(R_m(t+1), a(t), v(t))$ を無線制御サーバに通知する。

```

a(t)測定;
v(t)算出;
if ( ( a(t)> 加速度閾値 ) &&
      ( v(t) > 移動速度閾値 ) ) {
  R_m(t+1)算出;
  if ( | R_m(t+1)-R(t) | > 帯域幅制御閾値 ) {
    通信レート制御実行;
    S_m(R_m(t+1), a(t), v(t))を無線制御サーバへ送信;
  }
}

```

図 2: 移動端末の動作アルゴリズム

3.3. 無線制御サーバの動作

無線制御サーバの動作アルゴリズムを図 3 に示す。

無線システム間ハンドオーバーの判断

無線制御サーバは、移動端末から測定結果情報 $S_m(R_m(t+1), a(t), v(t))$ を受信すると、これに含まれる加速度、移動速度をあらかじめ無線システムごとに無線制御サーバに設定された閾値と比較して、無線環境の変化の予測を行う。その結果、無線環境の悪化を予測した場合、移動端末が利用可能な無線システムの中で、より広域なセル範囲を持つ無線システムへのハンドオーバーするように制御する。

利用可能帯域幅の導出

無線制御サーバは、移動端末から測定結果情報 $S_m(R_m(t+1), a(t), v(t))$ を受信すると、これに含まれる時刻 $t+1$ における利用可能帯域幅の予測値 $R_m(t+1)$ と、現在、移動端末が接続中の無線システム及びアクセスポイントにおいて、端末に割り当て可能な利用可能帯域幅 $R_w(t+1)$ を調査する。その結果、 $R_m(t+1) > R_w(t+1)$ の関係が成り立つ場合、移動端末に対して、割り当て可能な帯域幅 $R_w(t+1)$ を通知する。

```

S_m(R_m(t+1), a(t), v(t))受信;
R_w(t+1)算出;
if ( ( a(t) > 加速度閾値 ) &&
      ( v(t) > 移動速度閾値 ) ) {
  ハンドオーバーの制御;
}
else if ( R_m(t+1) > R_w(t+1) ) {
  R_w(t+1)を移動端末へ通知;
}

```

図 3: 無線制御サーバの動作アルゴリズム

4. 基礎評価

本章では、第 3 章で提案した無線通信制御機構のうち、計算機シミュレーションによって、移動端末で算出される加速度、移動速度情報を利用した通信レート制御に関する基礎評価を行う。

4.1. シミュレーションモデル

有線ネットワーク上の固定端末より無線ネットワーク上の移動端末に IP パケットを送信する場合を想定する。基地局及び移動端末はそれぞれ 1 台ずつ存在すると仮定し、ハンドオーバーは行わない。シミュレーション諸元を表 1 に示す。移動端末は、60s のシミュレーション時間のうち図 4 に示す移動モデルのように時刻 10s から 50s まで加速を続け、50s にて時速 200km/h に達する。なお、PER (Packet Error Rate) の仮定にあたり、本評価では特定の無線システムを前提とせず、移動速度とビットレートに対する PER を静的に与え、基地局からの距離による減衰は考慮しないものとする。また、移動端末の利用可能帯域幅 $R_m(t+1)$ は 1Mbps~100kbps の範囲で変更され、移動端末は $R_m(t+1)$ で通信する。

表 1: シミュレーション諸元

IP パケット長	512bytes
データ種別	CBR トラフィック生成
PER	$func(v(t), bitrate(t))$
k	2, 4, 6, 8
無線帯域	1Mbps~100kbps
移動モデル	図 4 のとおり
シミュレーション時間	60s

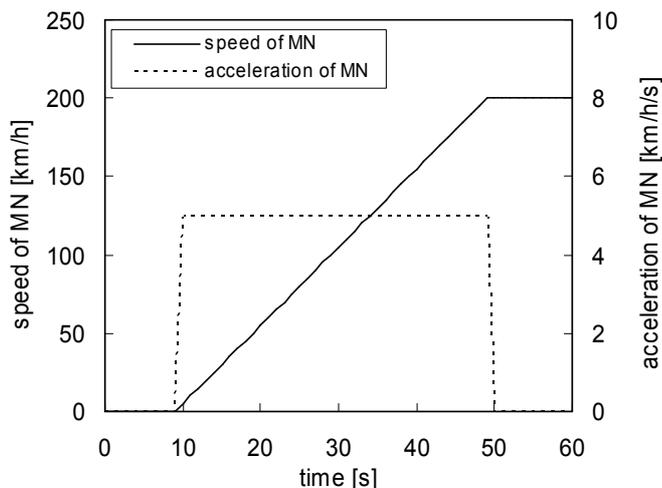


図 4: 移動モデル

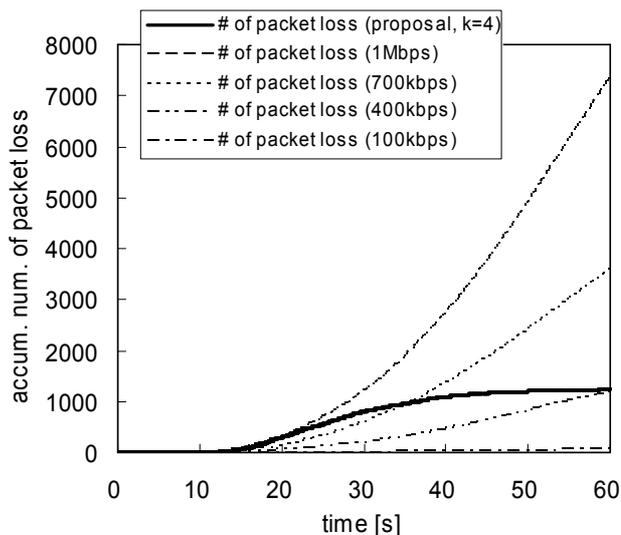


図 5: パケットロス特性($k=4$)

4.2. シミュレーション結果

図 5 に式 1 の定数 k を 4 とした場合の提案機構を含む場合と、ビットレートを 1Mbps, 800kbps, 600kbps, 400kbps に固定し制御を行わない場合における、時刻に対するパケットロス特性を示す。

図 5 より、ビットレートを固定した場合は、端末の移動速度が増加するにつれて、パケットロス数が増加している。この傾向は、ビットレートが高いほど顕著に現れている。一方、提案する機構では、加速度、移動速度情報を基に利用可能帯域幅を予測し通信レートを制御したことによりパケットロス数が抑えられていることがわかる。

図 6 に k を変化させた場合における、時刻に対するビットレート特性を示す。また、図 7 に k を変化させた場合における、時刻に対するパケットロス特性を示す。図 6 より、 k を大きくするとビットレートの減少幅が小さくなる。 $k=2$ では移動端末の加速中に移動速度 150km/h でビットレートが最小値の 100kbps にまで減少している。図 7 より、 k を大きくするにつれてパケットレートの減少幅が小さくなるため、パケットロス数が増加する傾向が見られる。

以上の結果より、移動端末の加速度、移動速度情報を利用した通信レート制御機構は、パケットロス数を低減し、高効率な通信環境を提供する可能性があるといえる。

しかし、本評価は特定の移動モデルに特化しているため、より詳細な性能を示すには、複数の無線システムに対応した PER 特性や複数の移動モデルを含めて評価する必要がある。

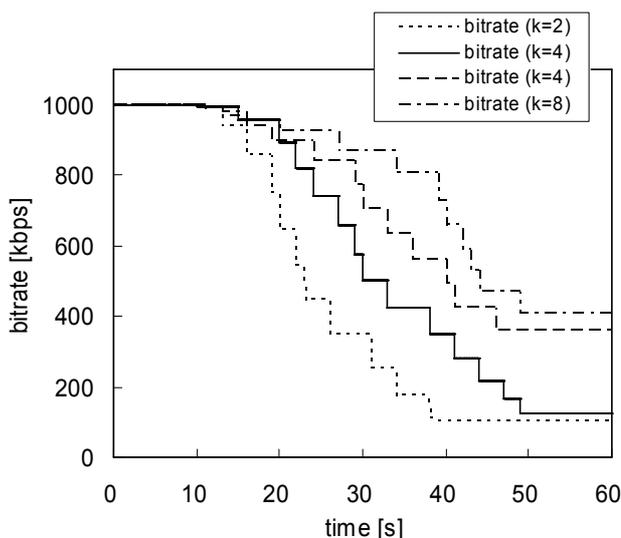


図 6: ビットレート特性

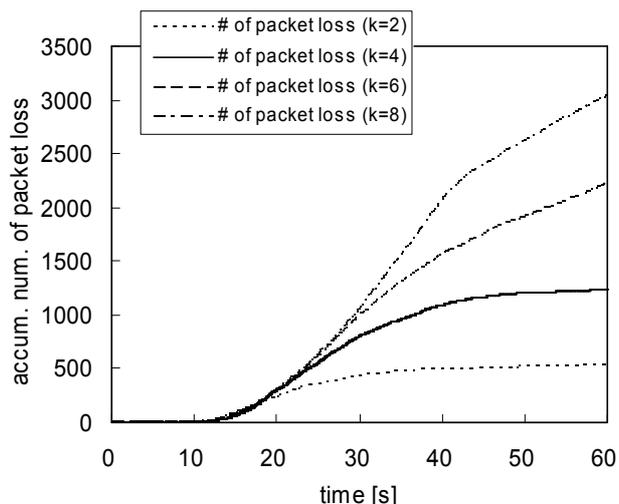


図 7: k に対するパケットロス特性

5. おわりに

本稿では、はじめにセンサー連携による無線サービス制御機構の課題と制御の利点について触れた。次に、センサー連携無線サービス制御機構の一つとして、移動端末が搭載する加速度センサーからの情報を利用し、移動に伴う無線環境の変化前に、利用可能帯域幅を予測し通信レートの制御を行う機構を提案した。環境変化に対して利用帯域を制御する様子を計算機シミュレーションによって評価した結果、加速度及び移動速度に応じてビットレートを変更し、パケットロス数の増加を抑えた点で提案機構の有効性が確認できた。

今後の課題は、複数の無線システムに対応した PER 特性や複数の移動モデルを用いた評価が挙げられる。また、無線制御サーバや複数の移動端末を含めた場合の検討と評価を行う。そして、加速度センサー以外の各種センサーや従来の無線制御機構を含めた場合の動作について検討する必要がある。

References

- [1] 社団法人電気通信事業者協会, 契約者数, <http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/>
- [2] FeliCa, <http://www.sony.co.jp/Products/felica/>
- [3] 3GPP, “All-IP Network (AIPN) Feasibility Study”, TR22.798 v7.00, April 2005.
- [4] 3GPP, “System Architecture Evolution”, TR23.882 v0.50, September 2005.
- [5] 今井和雄, 正村達郎, 串間和彦, 梅田成視, 中村寛, “4G インフラ研究の新たな方向-ユビキタス世界への広がり-,” NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol. 12, No. 3, October 2004.
- [6] C. Perkins, “IP Mobility Support for IPv4,” RFC3344, IETF, August 2002.
- [7] K. El. Malki, *et al*, “Low Latency Handoffs in Mobile IPv4,” IETF, November 2001.
- [8] V. Bahety, R. Pendse, “Scalable QoS Provisioning for Mobile Networks using Wireless Sensors,” in Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) 2004, Vol. 3, pp. 1528-1533, March 2004.
- [9] 服部武, 藤岡雅宣, “ワイヤレスブロードバンド教科書,” IDG 情報通信シリーズ, IDG ジャパン, June 2002.