

## MCS/CDMA を用いたアドホックネットワークにおける 放送型データの補間法の一検討

佐藤 将司<sup>†</sup> 羽渕 裕真<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 茨城大学大学院理工学研究科

<sup>††</sup> 茨城大学工学部

〒 316-8511 茨城県日立市中成沢町 4 丁目 12 番 1 号

E-mail: <sup>†</sup>nm02011n@cis.ibaraki.ac.jp, <sup>††</sup>habuchi@mx.ibaraki.ac.jp

あらまし 無線通信システムは、通信路環境によりデータ損失確率が大きく影響される。一般にデータの損失が起こった場合、基地局に再送要求を行いデータを補間している。しかし、通信路環境が劣悪な場合には輻輳が頻発し、基地局の放送プログラムに悪影響を与えてしまう。そこで本稿では、基地局は単にデータを放送するものとし、損失データの補間はモバイルノードが自律的にアドホックネットワークを用いて行う方式について検討する。著者らはこれまでに Push 型及び Pull 型の 2 つのバケット補間プロトコルを提案している。本稿では、これらの 2 つの方式にアクセスコントロールとしてマルチコードセンス (Multicode Sense; MCS)/CDMA 方式を適用することを提案する。また、2 方式の性能を補間完了時間及びトラフィック量について理論的に解析し、比較・検討を行う。

キーワード アドホックネットワーク、Push 型バケット補間プロトコル、Pull 型バケット補間プロトコル、マルチコードセンス CDMA。

## Compensation Protocol for Broadcasting Data on Ad-Hoc Network with MCS/CDMA

Masashi SATO<sup>†</sup> and Hiromasa HABUCHI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

<sup>††</sup> Faculty of Engineering, Ibaraki University

4-12-1 NAKANARUSAWA, HITACHI IBARAKI, 316-8511 JAPAN

E-mail: <sup>†</sup>nm02011n@cis.ibaraki.ac.jp, <sup>††</sup>habuchi@mx.ibaraki.ac.jp

**Abstract** In the wireless communication system, the data loss probability is affected by the channel environment. When the receiver failed in receiving a data, in general, it makes up for a loss data by requiring a base-station to re-transmit. However, when the channel environment is inferior, congestion is caused frequently by increase in a request packet, and it affects the broadcast program of a base-station. Then, in this paper, we assume that a base-station only broadcasts a data, and we examine the protocols that the mobile nodes autonomously compensate a loss packet mutually with an ad-hoc network. The Push-Type and the Pull-Type packet compensation protocols have been reported. We propose to adopt the Multicode Sense(MCS)/CDMA system to these protocols. And we evaluate the two protocols by analyzing the average time for compensation and the average traffic.

**Key words** Ad-hoc network, Push-Type packet compensation protocol, Pull-Type packet compensation protocol, MCS/CDMA.

## 1. ま え が き

無線通信システムは、設置・配置の容易性、アドホック接続性、ユーザの移動性などの特徴から現在の通信システムの基盤となっている。無線通信システムは、テレビやラジオのような放送型通信、携帯電話に代表される公衆通信、無線 LAN などの消費者通信、その他のシステムとして POS(Point-Of-Sale) システムなどに大別され、その利用法は多岐に渡っている。近年では、任意の時間・場所で通信可能なユビキタスコミュニケーションが研究開発の主流となっている。情報の流通媒体としては、主にインターネットネットワークが検討されており、無線端末にはインターネットとの接続性が必要不可欠となると考えられる。

このように、近年の通信システムの傾向が従来の放送型通信と大きく異なるのはインタラクティブ性にある。放送型通信でも選局といった自由はあるが、ユビキタスコミュニケーションと比較すると大きく制限されてしまう。しかし、不特定多数の利用者に同時に情報を送信することができる、利用者からの要求を受け付けることはなく、放送局のシステム構成が簡易である、といった利点から放送型通信は広く採用されている。これらの特質を利用したアプリケーションとして、コマース配信、緊急災害情報の通知、ナビゲーションシステムなどが考えられる。

本稿では、屋外環境において放送型通信を用いて情報を配信するシステムについて検討する。屋外環境において無線通信を行う際に考慮すべき問題として、フォルトトレランスが挙げられる。つまり、通信環境の変動が大きい場所ではパケット損失が多発してしまい、それに対処する方法について検討しなければならない。一般に、パケット損失が起こった場合には基地局にデータ再送を要求するが、通信環境が劣悪であると要求の増加により輻輳が頻発してしまう。また、放送型通信システムでは、基地局の放送プログラムに影響を及ぼしてしまうことになる。

そこで、本稿では、基地局は単にデータ放送を行うものとし、モバイルノード同士がアドホックネットワークを用いて、お互いに自律的データ補間を行う方式について検討する。これまでにアドホックネットワークの研究として、片方向リンクを考慮してルーティングを行う方式 [3] や、経路取得用の制御パケットではなく、データパケットをフラッディングし、受信したユーザはデータを蓄積し、ネットワークポロジリーが変化することによって接続する全ての端末にデータをフラッディングする蓄積型フラッディングプロトコル [4] などが検討されているが、本稿で検討を行うようなデータ補間方式についての研究はほとんどなされていない。

著者らはこれまでに Push 型と Pull 型と呼ぶ 2 つのパケット補間プロトコルを提案している [1]。Push 型パケット補間プロトコルは、各モバイルユーザが自律的に、所持しているデータを周囲のユーザに送信することで、互いにデータの補間を行う方式である。手順が 1 ステップで済むため、通信環境の変動に耐性があるが、送信されるデータが必ずしも必要であるとは限らないため、無駄なパケットが送信され、トラフィック量の増加を招いてしまう。Pull 型パケット補間プロトコルは、各ユーザが

損失したデータを周囲のユーザに要求し、データを送信してもらう方式である。無駄なパケットが送信されることがないため、ネットワークトラフィックを軽減することが可能である。しかし、Push 型パケット補間プロトコルと比べると、手順が 2 ステップであるため通信環境の変化が大きい場合には性能が大きく劣化してしまう。

本稿では、Push 型及び Pull 型パケット補間プロトコルにアクセスコントロールとしてマルチコードセンス (Multicode Sense, MCS)/CDMA システム [2] を適用した方式を提案する。また、両方式のデータ受信までの所要時間、平均トラフィックを解析し、2 方式の比較・検討を行う。さらに、提案システムで同一データを複数回放送した場合の性能の検討を行う。

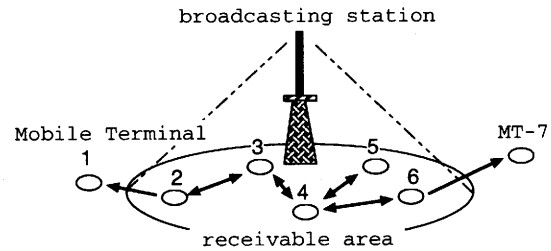


図 1 パケット補間

## 2. モ デ ル

ここでは、本稿で検討を行う、アドホックネットワーク、パケット補間プロトコル、および、MCS/CDMA システムについて述べる。

### 2.1 アドホックネットワーク

アドホックネットワークとは、モバイル端末のみで通信インフラを必要とせず自律的に構成する一時的なネットワークである。非常に近い距離に存在する端末間で直接通信をすることが可能であり、各モバイル端末がインターネットネットワークにおけるルータの役割を果たし、他の端末を中継して通信を行う事が可能である。このため、複数端末相互間で無線ネットワークを形成し、基地局といったアクセスポイントを使用せずに直接情報を交換が可能となる。

アドホックネットワークの問題点として、(1) モバイル端末は常に移動し、端末相互間リンクが不確実なため、ネットワークポロジリーが非固定的、(2) ネットワークの規模と使用する無線の周波数帯域、あるいは出力電力の程度、などが挙げられる。アドホックネットワークのような屋外無線通信環境においては、(1) による影響が大きく、通信性能が著しく劣化し、データの取りこぼしがおきてしまう可能性が高い。

### 2.2 パケット補間法

次に、損失データを補う手法である、Push 型及び Pull 型のパケット補間法について示す。本システムは、先ず基地局からデータが放送されたところから始まる。次に、各モバイル端末が自律的に周囲のノードと損失したデータを補い合う。図 1 は、データが補間される様子を示す。また、基地局の送信範囲から外れ

た場合でも補間が可能である様子を示している (MT-1, MT-7)。この様に本システムでは、データを取りこぼした場合、及び、基地局の放送範囲外でもデータの補間が可能である。

### 2.2.1 Push 型パケット補間プロトコル

図2にPush型パケット補間プロトコルの概念を示す。Push型では、各ユーザが所持するデータを周囲のユーザに自律的に送信することで、損失パケットを補間する。図2ではMT-2が基地局からのデータ受信に成功し、周囲のユーザに補間パケットを送信している。データを取得していないユーザ (MT-1、MT-3) は、MT-2が送信した補間パケットを受信することで、損失データを補間する。

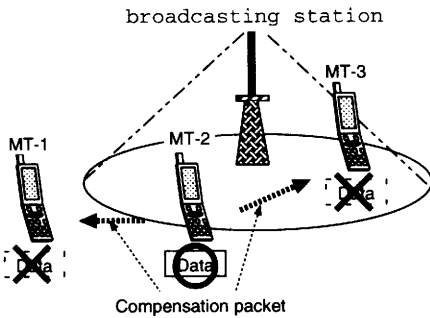


図2 Push型パケット補間プロトコル

Push型パケット補間プロトコルは、手順が補間パケットを単に送信するという1ステップであるため、通信環境の変化に耐性を有している。その反面、補間パケットが必ずしも必要であるとは限らないため、無駄なパケットが増加してしまう可能性がある。

### 2.2.2 Pull 型パケット補間プロトコル

図3にPull型パケット補間プロトコルの概念を示す。Pull型では、先ず基地局からのデータの受信に失敗したユーザが周囲のユーザにリクエストパケットを送信する。次に、リクエストパケットを受信し、かつ、基地局から放送されたデータを保持するユーザが補間パケットを送信する。図3では、MT-1、MT-3がデータ受信に失敗したため、リクエストパケットを送信し、MT-2が補間パケットを送信している。

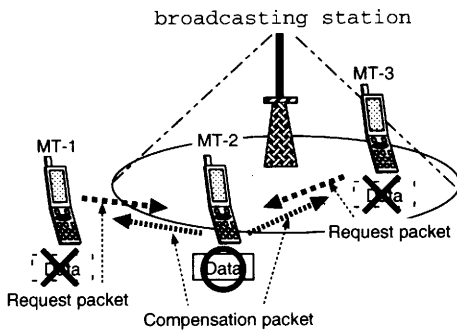


図3 Pull型パケット補間プロトコル

Pull型パケット補間プロトコルは、手順が要求・応答の2ス

テップであるため、Push型パケット補間プロトコルよりも通信環境の変動に弱いと考えられるが、無駄なパケットが送信されることが減るため、ネットワークトラフィックを軽減することができる。

### 2.3 MCS/CDMA システム

MCS/CDMA システムでは、各ユーザは複数の共通拡散符号群、及び、各拡散符号に対応するマッチドフィルタを利用し、周囲のユーザによって用いられている拡散符号を常時検知 (マルチコードセンス) している。パケットを送信する際には、マルチコードセンスによって得られた情報から、周囲のユーザによって用いられていない拡散符号を選択し、選択した拡散符号を用いて情報を拡散し、送信を行う。

MCS/CDMA のシステム構成を図4に示す。受信器は、各拡散符号に対応するマッチドフィルタ、マッチドフィルタの出力を保持するバッファメモリ、タイミング抽出器、復調器、及び、マッチドフィルタの出力の最小値を選択する回路からなる。

マルチコードセンスは、マッチドフィルタの出力を観測することで行う。パケットを送信する際には、マッチドフィルタの出力が最小となる拡散符号を用いて送信を行う。これにより、自律的な拡散符号の再利用が実現できる。

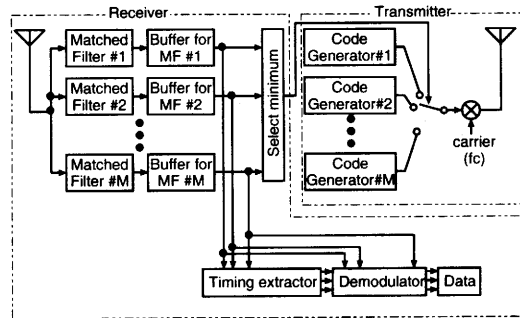


図4 MCS/CDMA のシステム構成

本稿で提案する方式では、MCS/CDMA システムをアクセスコントロールプロトコルとして用いる。これによって、チャネル間干渉を減少することが可能であると考えられる。

## 3. 性能評価

ここでは、提案方式の性能解析及び評価を行う。

### 3.1 性能解析

表1に本稿で用いる表記法を示す。本稿では、各ユーザはDS/SS BPSKによりデータ伝送を行う。基本性能を評価するため、誤り訂正符号、マルチパスフェージング、及びシャドウイングを考慮しない。また、狭域ネットワークを考慮しているため、伝搬遅延による影響はないものと仮定する。伝搬路は、パワースペクトル密度 (PSD)  $N_0/2$  の加法的白色ガウス雑音が存在するものとし、直接波による通信を考慮する。

マルチコードセンスは正確に行われ、ユーザ数に対し十分な拡散符号を利用するものとし、複数のパケットが送信されていても、用いられている拡散符号が異なる場合には、チャネル間干

表1 表記法

$E_{bT}/N_0$	送信時の1ビットあたりのエネルギー対雑音のPSD比
$E_{bR}/N_0$	受信時の1ビットあたりのエネルギー対雑音のPSD比
$R_N$	通信範囲(半径)
$N+1$	最大ユーザ数
$K$	ユーザ数
$k$	基地局からのデータを受信成功したユーザ数
$P_{BS}$	基地局からのデータ受信成功率

渉を零と仮定する。ただし、同じ拡散符号を用いたパケットが複数送信された場合、それらのパケットは共に破棄される。以上より、ユーザ間距離  $d$  におけるパケット送信が成功する確率は、 $L$  をパケット長とすると、次式で与えられる。

$$PS(d, E_{bT}/N_0) = 1 - \left\{ 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_{bR}}{N_0}} \right) \right\}^L \quad (1)$$

$$\frac{E_{bR}}{N_0} = \frac{E_{bT}}{N_0} + 10 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2)$$

ここで、(2) 式の右辺の第2項は伝搬損失である。また、 $\lambda = c/f$  であり、 $c = 3.0 \times 10^8$ ,  $f$  は周波数である。

図5に示すように、ユーザは着目ユーザを中心とした、差分面積が等しい同心円上に現れ、同半径の円上には1ユーザのみ存在すると仮定する。最小円の半径を  $R_1$  としたとき、各円の半径は次のように求められる。

$$R_n = \sqrt{n} R_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

このとき、最大ユーザ数を  $N+1$  とすると、最長通信距離は  $R_N$  となる。

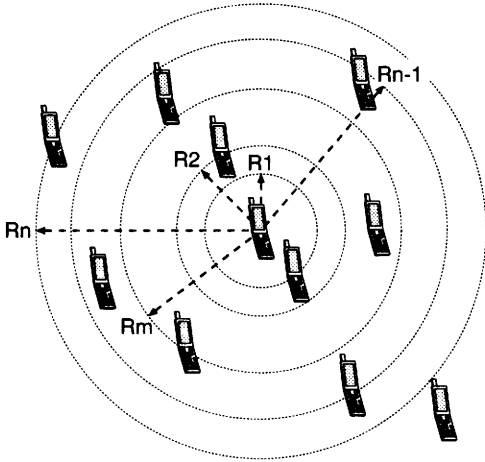


図5 ユーザ配置モデル

以上の仮定の下で、Push型、及び、Pull型パケット補間プロトコルの性能を、平均送信回数及び平均トラフィックについて解析し、評価する。

### 3.2 Push型パケット補間プロトコル

基地局からのデータ受信に成功したユーザのみが補間パケットを送信するものとする。つまり、ユーザ間の補間操作でデータを取得したユーザは補間パケットを送信しないものとする。

### 3.2.1 平均所要時間

Push型の場合、あるユーザからのパケット送信成功確率は、そのユーザによる補間成功確率と等しい。ある  $k$  ユーザが基地局からデータ受信に成功したときに、1回の補間操作によって損失データを補間できる平均確率  $P(k)$  を求める。 $P(k)$  は次の様に求められる。

$$P(k) = 1 - \frac{1}{\binom{N}{k}} \left\{ \sum_{i_1=1}^{N-k+1} \sum_{i_2=i_1+1}^{N-k+2} \dots \sum_{i_k=i_{k-1}+1}^N \prod_{j=1}^k (1 - PS(R_j, E_{bT}/N_0)) \right\} \quad (4)$$

これより、 $k$  ユーザが基地局からデータ受信に成功したときの平均送信回数  $T(k)$  は次式で与えられる。

$$T(k) = \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot P(k) \cdot (1 - P(k))^{i-1} = \frac{1}{P(k)} \quad (5)$$

以上より、ユーザ数  $K$ 、基地局からのパケット受信成功確率  $P_{BS}$  のときの平均再送回数  $T(K, P_{BS})$  を求める。

$$\begin{aligned} T(K, P_{BS}) &= \sum_{k=1}^{K-1} \binom{K-1}{k} \cdot (P_{BS})^k \cdot (1 - P_{BS})^{K-1-k} \\ &\quad \cdot (1 - P_{BS}) \cdot T(k) \\ &= \sum_{k=1}^{K-1} \binom{K-1}{k} \cdot (P_{BS})^k \cdot (1 - P_{BS})^{K-k} \frac{1}{P(k)} \end{aligned} \quad (6)$$

ブロードキャストにかかる時間を  $T_1$ 、1補間パケットを送信するためにかかる時間を  $T_2$  とすると、1データを受信するまでの平均所要時間  $T_{ave}(K, P_{BS})$  は次式で求められる。

$$T_{ave}(K, P_{BS}) = T_1 + T_2 \times T(K, P_{BS}) \quad (7)$$

### 3.2.2 平均トラフィック

Push型パケット補間プロトコルにおける1度の補間操作で送信されるパケット数は受信したユーザ数と等しい。また、少なくとも一度は補間パケットの送信を行う。よって、1データを補間するまでに送信される総パケットの平均数  $N_{ave}(K, P_{BS})$  は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} N_{ave}(K, P_{BS}) &= \{T(K, P_{BS}) + 1\} \cdot \left\{ \frac{\sum_{k=1}^{K-1} k \cdot \binom{K-1}{k} (P_{BS})^k}{(1 - P_{BS})^{K-k-1} \cdot (1 - P_{BS})} \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

以上より、Push型システムにおける平均ネットワークトラフィック  $G_{ave}(K, P_{BS})$  は次式で求まる。

$$G_{ave}(K, P_{BS}) = \frac{N_{ave}(K, P_{BS})}{T_{ave}(K, P_{BS}) - T_1} \quad (9)$$

### 3.2.3 複数回放送を行うシステム

これまで、1度の放送が行われた後に、補間操作を行っているが、1データについて複数回の放送を行うことが可能であ

ば、更に性能が改善されると考えられる。

基地局から受信成功確率  $p$  の放送が  $n$  回行われた場合、ユーザが受信できる確率  $P_{BS}^{(n)}$  は、

$$P_{BS}^{(n)} = p + p(1-p) + p(1-p)^2 + \dots + p(1-p)^{n-1} \\ = 1 - (1-p)^n \quad (10)$$

このときの平均補間時間、平均トラヒックは、(7)、(9) 式と同様に、次式で表される。

$$T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) = nT_1 + T_2 \times T(K, P_{BS}^{(n)}) \quad (11)$$

$$G_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) = \frac{N_{ave}(K, P_{BS}^{(n)})}{T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) - nT_1} \quad (12)$$

### 3.3 Pull 型パケット補間プロトコル

Pull 型補間プロトコルでは、基地局からのデータ受信に成功したユーザでリクエストパケットを受信したユーザのみ補間パケットを送信するものとする。つまり、ユーザ間の補間操作でデータを取得したユーザは補間パケットを送信しないものとする。

#### 3.3.1 平均所要時間

Pull 型の場合、あるユーザとの補間操作によって、データを受信する確率はそのユーザからのパケット送信成功確率の 2 乗に等しい。ある  $k$  ユーザが基地局からデータ受信に成功したときに、1 回の補間操作によって損失データを補間できる平均確率  $P(k)$  を求める。 $P(k)$  は次の様に求められる。

$$P(k) = 1 - \frac{1}{\binom{N}{k}} \left\{ \sum_{i_1=1}^{N-k+1} \sum_{i_2=i_1+1}^{N-k+2} \dots \sum_{i_k=i_{k-1}+1}^N \prod_{j=1}^k (1 - PS(R_j, E_{bT}/N_0))^2 \right\} \quad (13)$$

平均補間操作回数  $T(k)$ 、及び、ユーザ数  $K$ 、基地局からのパケット受信成功確率  $P_{BS}$  のときの平均補間操作回数  $T(K, P_{BS})$  は (5)、(6) 式と同様に求められる。

ブロードキャストにかかる時間を  $T_1$ 、1 パケットを送信するためにかかる時間を  $T_2$  とすると、1 データを補間するためにかかる平均時間  $T_{ave}$  は次式で求められる。

$$T_{ave}(K, P_{BS}) = T_1 + 2T_2 \times T(K, P_{BS}) \quad (14)$$

#### 3.3.2 平均トラヒック

Pull 型パケット補間プロトコルの 1 補間操作で送信されるパケットはリクエスト、リプライ(補間)の 2 つを考える。

● リクエストパケット数  $N_q$  は、基地局からのデータ受信に失敗したユーザ数に等しく、次のように表せる。

$$N_q = K(1 - P_{BS}) \quad (15)$$

● リプライパケット数  $N_p$  は、基地局からのデータ受信に成功したユーザのうち、リクエストパケットを受信成功したユーザ数に等しく、次のように表せる。

$$N_p = K \times P_{BS} \times P(K(1 - P_{BS})) \quad (16)$$

右辺の 3 項目は、式 (4) で表される。

これらより、1 データを補間するまでに送信される総パケットの平均数  $N_{ave}(K, P_{BS})$  は次式で与えられる。

$$N_{ave}(K, P_{BS}) = (N_q + N_p) \times T(K, P_{BS}) \quad (17)$$

よって、Pull 型システムにおける平均ネットワークトラヒック  $G_{ave}(K, P_{BS})$  は次式で求まる。

$$G_{ave}(K, P_{BS}) = \frac{N_{ave}(K, P_{BS})}{T_{ave}(K, P_{BS}) - T_1} \quad (18)$$

#### 3.3.3 複数回放送を行うシステム

Push 型のときと同様に、1 データについて複数回の放送が可能であれば、性能の改善が見込める。 $n$  回放送を行う場合、式 (10) より、

$$P_{BS}^{(n)} = 1 - (1 - P_{BS})^n \quad (19)$$

このときの平均補間時間、及び、平均トラヒックは、次式で表される。

$$T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) = nT_1 + 2 \times T_2 \times T(K, P_{BS}^{(n)}) \quad (20)$$

$$G_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) = \frac{N_{ave}(K, P_{BS}^{(n)})}{T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)}) - nT_1} \quad (21)$$

### 3.4 数値例

ここでは、解析より得られた結果を示す。表 2 に数値諸元を示す。

送信信号の 1bit あたりのエネルギー	65.0
雑音の PSD 比: $E_{bT}/N_0$	
信号波長: $\lambda$	0.125
最小同心円半径: $r_1$	8.0
通信範囲 (半径): $R_N$	30.98
最大ユーザ数: $N + 1$	16
ユーザ数: $K$	10
1 データの放送所要時間: $T_1$	1
1 パケットの送信所要時間: $T_2$	1

図 6 に 1 データの補間が完了するまでの平均時間  $T_{ave}(K, P_{BS})$  対基地局からのデータ受信成功確率  $P_{BS}$  を示す。図 7 は 1 データの補間が完了するまでの平均送信パケット数  $N_{ave}(K, P_{BS})$  対基地局からのデータ受信成功確率  $P_{BS}$  を示す。表 3 に、 $P_{BS}=0.5, 0.8$  のときの値を示す。

表 3 数値結果

	平均補間時間		平均トラヒック	
	0.5	0.8	0.5	0.8
基地局からのデータ受信成功率				
Push 型パケット補間プロトコル	2.53	1.40	5.00	8.00
Pull 型パケット補間プロトコル	5.33	1.98	3.24	1.48

また、図 8,9 に、 $n(= 1, 2, 3)$  回放送を行った、Push 型、Pull 型システムの 1 データの補間が完了するまでの平均時間  $T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)})$  対基地局からのデータ受信成功確率  $P_{BS}$  を示す。

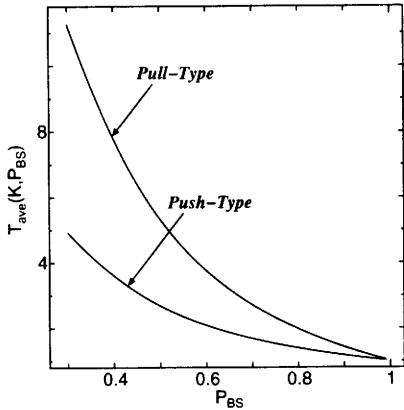


図 6 平均補間時間対基地局からのデータ受信成功率 (1 回放送)  
 $T_{ave}(K, P_{BS})$  vs.  $P_{BS}$

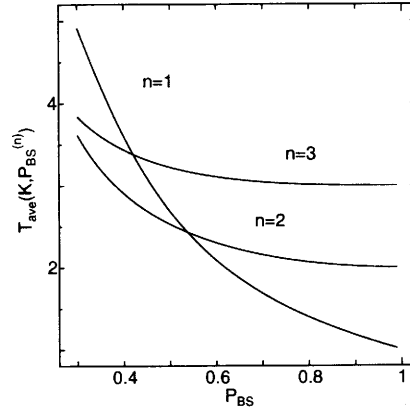


図 8 Push 型  $n$  回放送システム ( $n = 1, 2, 3$ )  
 $T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)})$  vs.  $P_{BS}$

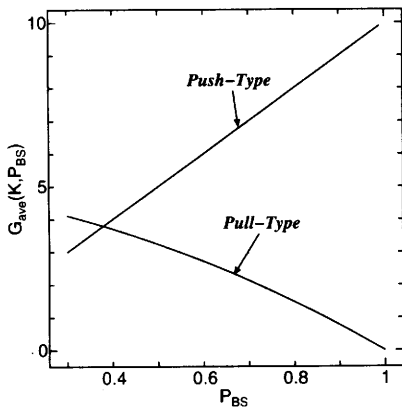


図 7 平均トラフィック対基地局からのデータ受信成功率 (1 回放送)  
 $G_{ave}(K, P_{BS})$  vs.  $P_{BS}$

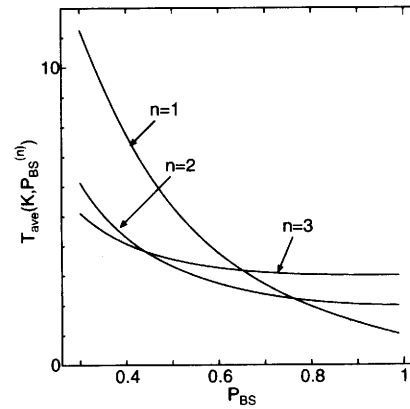


図 9 Pull 型  $n$  回放送システム ( $n = 1, 2, 3$ )  
 $T_{ave}(K, P_{BS}^{(n)})$  vs.  $P_{BS}$

#### 4. む す び

本稿では、Push 型及び Pull 型パケット補間プロトコルに MCS/CDMA 方式をアクセスコントロールとして適用した方式を提案し、補間完了までの平均所要時間、及び平均トラフィックにおいて評価を行った。また、1 データについて複数回の放送が行われた場合の提案システムの性能の解析を行った。結果として、両方式とも、基地局からのパケット受信成功率を改善すると補間完了までの時間が短縮することを示した。トラフィック負荷については Pull 型の方が優れた性能を示した。

本稿では各ユーザが持つ拡散符号の数を十分大きいという仮定の下で解析を行ったため、上記の結果が得られたが、実際には、トラフィックの増加に伴ってパケットの衝突が多発してしまうため、2 方式の性能が逆転する可能性がある。以上の問題、及び、受信電力差によるパケット捕捉効果を考慮した性能の評価を今後行う予定である。

#### 謝 辞

本研究の一部は科学研究費 (基盤研究 C) の補助により行われた。

#### 文 献

- [1] 遠藤 和博, 羽瀨 裕真, "無線アドホックネットワークにおけるモバイルノードの自律的なデータ補間についての一考察" 電子情報通信学会 2002 年 総合大会, B-7-9
- [2] 永長 和孝, 長谷川 孝明, "逐次干渉除去を用いたマルチコードセンス CDMA 車々間通信", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82-B No.11 pp.2026-2033 1999 年 11 月
- [3] 西澤 正稔, 萩野 浩明, 原 隆浩, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎, "アドホックネットワークにおける片方向リンクを考慮したルーティング方式", 情報処理学会論文誌, Vol.41 No.3 pp.783-791 Mar 2000
- [4] 萩野 浩明, 原 隆浩, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎, "アドホックネットワークのための蓄積型フラッディングプロトコル", 情報処理学会論文誌, Vol.41 No.9 pp.2434-2443 Sep 2000
- [5] Masashi Sato and Hiromasa Habuchi, "Packet Compensation Protocol with MCS/CDMA", Proc. WPMC'03, Vol.1/3, pp.(V1-275)-(V1-279), Oct. 2003
- [6] Masashi Sato and Hiromasa Habuchi, "Performance Analysis of Push-Type Packet Compensation Protocol using MCS/CDMA", ISPACS'03 Dec. 2003 (発表予定)