

Title	マルチメディアトラヒックに対応したCDMA通信方式における送信電力制御法の研究
Author(s)	小出, 泰雄
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1482
Rights	
Description	Supervisor:日比野 靖, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

**マルチメディアトラヒックに対応した
CDMA 通信方式における送信電力制御法の研究**

指導教官 日比野 靖 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

小出 泰雄

2001 年 2 月 15 日

要 旨

携帯電話を中心とした移動体通信は利用者の急速な増加によりチャネル資源の枯渇が重要な問題となっている。また次世代移動体通信では音声のみでなくインターネット接続によるデータ伝送やリアルタイム動画像の伝送など高帯域、高品質な伝送を要求する多様なメディアの通信がおこなわれようとしている。しかしながら無線通信において利用できる周波数帯域幅は限られたものであり自由に通信路の帯域幅を広げることはできない。そのためシステムの収容ユーザ数を増加させるためには各トラヒックを効率的に扱い周波数利用効率を向上させなければならない。

本論文では DS-CDMA 方式のセルラー携帯電話システムにおいてマルチメディアトラヒックを効率的に扱うことで周波数利用効率を向上させることを目的とした新たな送信電力制御法を提案する。本提案方式はマルチメディアトラヒックの各トラヒックごとに要求される通信速度や品質が異なることに着目し、その要求に応じて受信側での最適なターゲット受信電力を設定する。これにより要求された品質を保持しつつシステムの収容ユーザ数を増加させることができる新たな送信電力制御法を提案する。

目次

1 序論	1
2 携帯電話システム	2
2.1 セルラーシステム	2
2.2 無線通信方式	3
3 DS-CDMA 方式	4
3.1 スペクトル拡散	4
3.2 多元接続	6
3.2.1 符号分割による多元接続	6
3.2.2 拡散符号の条件	7
4 従来型送信電力制御法	10
4.1 基地局での受信電力をチャネル間で同一にするための送信電力制御	10
4.2 送信電力制御の仕組み	12
4.2.1 開ループ制御	12
4.2.2 閉ループ制御	12
5 マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法	14
5.1 メディア特性	14
5.2 可変速通信のための拡散符号	15
5.2.1 符号生成	15
5.3 マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のターゲット受信電力配置アルゴリズム	18
5.3.1 アルゴリズムのための基本原理	18
5.3.2 ターゲット受信電力配置アルゴリズム	19

6	ノイズとチャネル多重化の影響	27
6.1	ガウスノイズ	27
6.1.1	ノイズによる影響	27
6.1.2	シミュレーションモデル	27
6.1.3	シミュレーション結果・考察	29
6.2	チャネル多重化による影響	30
6.2.1	チャネル多重化	30
6.2.2	シミュレーションモデル	30
6.2.3	シミュレーション結果・考察	32
7	マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法の性能検証	33
7.1	2種類のメディアタイプが存在する環境のシミュレーション	33
7.1.1	2種類のメディアタイプ	33
7.1.2	シミュレーションモデル	34
7.1.3	メディアタイプ A と B を 2:1 で発生させた場合のシミュレーション	36
7.1.4	メディアタイプ A と B を 1:2 で発生させた場合のシミュレーション	40
7.1.5	メディアのチャネル発生比率を変化させたときのマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法における収容ユーザ数の変動	44
7.2	3種類のメディアが存在する環境のシミュレーション	45
7.2.1	3種類のメディアタイプ	45
7.2.2	シミュレーションモデル	45
7.2.3	メディアタイプ A,B,C を 3:2:1 で発生させた場合のシミュレーション	46
7.2.4	メディアタイプ A,B,C を 1:2:3 で発生させた場合のシミュレーション	50
7.2.5	メディアのチャネル発生比率を変化させたときのマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法における収容ユーザ数の変動	54
8	考察	55
8.1	シミュレーション	55
8.2	高速、高品質トラヒックのためのチャネル予約機能	56
8.3	提案したアルゴリズムによるチャネル受付可能数と実際の最大チャネル受付可能数との比較	56
9	結論	60

第 1 章

序論

近年、セルラー方式携帯電話システムの基地局と移動局間の無線通信方式として DS-CDMA 方式が採用され、次世代移動体通信においてさらに帯域幅を広げたワイドバンドの DS-CDMA 方式の採用が決定されている。DS-CDMA 方式はセルラー携帯電話システムの無線通信方式として周波数利用効率が高く、伝送品質も高い。また、拡散率を変更することで容易に通信速度を変更できることなどからマルチメディアのための移動体通信にも適している。実際、近年になり携帯電話は音声通話だけではなくインターネット接続などのデータ通信に利用されるなど用途を大きく広げている。さらに次世代移動体通信では屋外で 384Kbps、屋内で 2Mbps の高速データ通信の実現が目指されており、これにより高速なネットワークアクセスが可能となることから音楽、画像、動画などのデータ配信、リアルタイム動画像の伝送などの高速、高品質なアプリケーションの利用が期待されている。しかしながら無線通信で利用できる周波数帯域幅は限られているため、利用ユーザ数の増加とトラヒックの高速化によるチャネル資源の不足が重要な問題とされている。

本論文では DS-CDMA 方式のセルラー携帯電話システムにおいて周波数利用効率を向上させることを目的とした新たな送信電力制御法を提案する。この提案方式はマルチメディアトラヒックの各トラヒックがメディアの特性に応じて要求される通信速度や品質が異なることに着目したもので、各チャネルごとに要求される品質を保持しつつシステムの収容ユーザ数を増化させることができる。

まず DS-CDMA 方式のセルラー携帯電話システムの基礎と、従来型の送信電力制御法に関して述べ、次にマルチメディアトラヒックに対応した新たな送信電力制御法の概要と、そのアルゴリズムについて述べる。そして、その提案方式の有効性を計算機シミュレーションにより示す。

第 2 章

携帯電話システム

2.1 セルラーシステム

現在の携帯電話システムは、1つの基地局ごとに半径数キロから 10 キロメートル程度のセルと呼ばれる円形のエリアをカバーしており、複数の基地局によってサービスエリア全体をカバーする。このような方式をセルラー方式という。この方式によりチャンネルの効率的な再利用が可能となりシステム全体で確保できるチャンネル数を増加させることができる。また、通信距離を短くできるため送信電力を低減させることができる。現在では基地局に指向性アンテナを採用しセルのエリアをさらに細分化したセクター化を行うことにより、チャンネル利用効率のさらなる向上がはかられている。

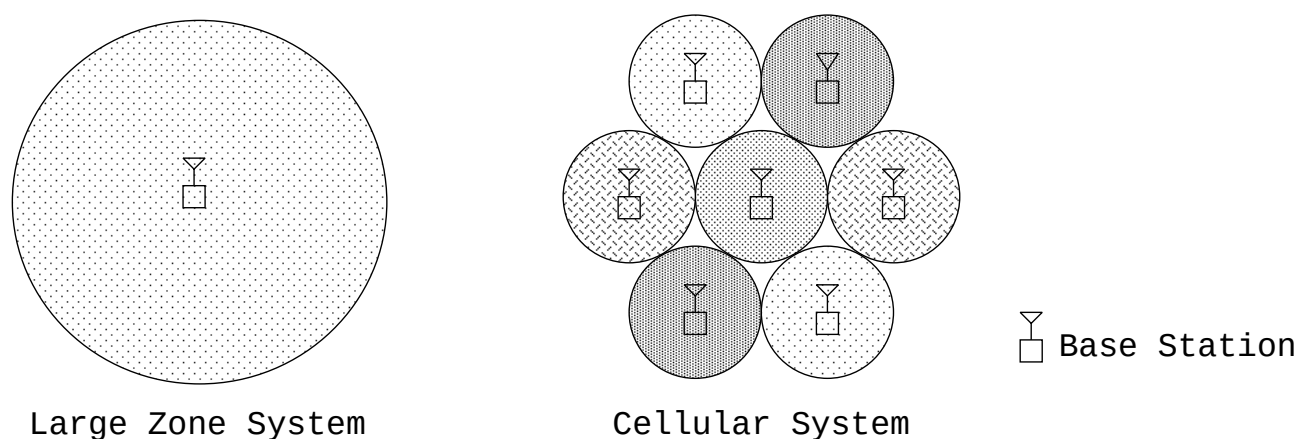


図 2.1: セルラーシステム

2.2 無線通信方式

携帯電話システムのように多数のユーザが同時に通信を行うようなシステムでは、無線通信における多元接続の性能がシステムの収容ユーザ数を決定する上で重要な要素となる。近年、この基地局と移動局間の無線通信方式として DS-CDMA 方式が採用され、次世代移動体通信にも、より帯域幅を広げたワイドバンドの DS-CDMA 方式の採用が決定されている。DS-CDMA 方式が携帯電話の無線通信方式として注目され採用されている理由は、無音時のボイスアクティベーション、レイク受信によるパスダイバーシチ、同一周波数帯でのセル構成によるソフトハンドオーバなどにより周波数利用効率及び伝送品質を高めることが可能であることがあげられる。また、拡散率を変更することで容易に通信速度を変更できることなどからマルチメディアのための移動体通信方式としても優れている。しかしながら DS-CDMA 方式が期待される性能を発揮するためには遠近問題に対応するための精密な送信電力制御 (Power Control) と符号分割によるチャネル分離を行うための高性能で複雑なハードウェアが必要となる。

第 3 章

DS-CDMA 方式

3.1 スペクトル拡散

DS-CDMA 方式では送信側で情報信号に周期の短い拡散符号を直接掛け合わせることで、情報信号はデータビットからデータチップに変換される。受信側では同様の拡散符号を掛け合わせて逆拡散することで元の情報信号を取り出すことができる。

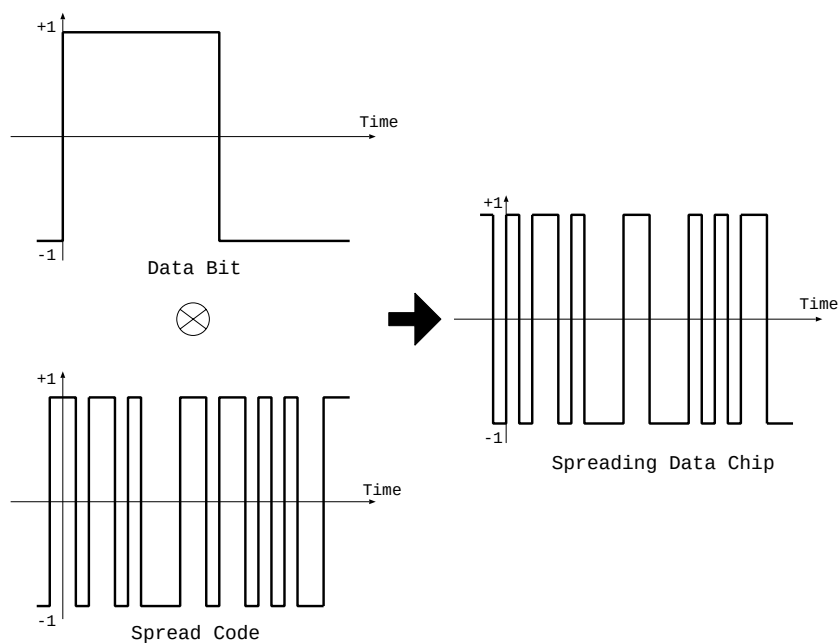


図 3.1: 直接拡散方式

拡散符号を掛け合わせる前の情報信号のビット幅を T_b 、拡散符号のチップ幅を T_c とすると、1 ビット当りのチップ数 N は次のように表される。

$$N = \frac{T_b}{T_c} \quad (3.1)$$

N は拡散率と呼ばれる。またこのとき、スペクトルは元の信号に比べて N 倍の広がりを持つ。

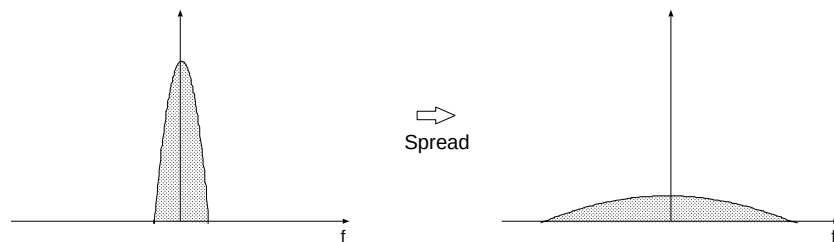


図 3.2: スペクトルの拡散

そのためこのような通信方式をスペクトル拡散通信と呼ぶ。スペクトル拡散通信は情報信号を広い帯域に拡散して送るため、冗長性があるので干渉や妨害に強く、また送信電力を押さえて送信できるので他の通信に対する干渉も少ない。また、通信の秘話性が高く傍受されにくいなどの利点がある。

3.2 多元接続

3.2.1 符号分割による多元接続

携帯電話システムのように多数のユーザが同時に通信をおこなうようなシステムを多元接続方式と呼ぶ。多元接続方式としてはユーザ分離をユーザごとに異なる周波数を割り当てることによりおこなう周波数分割方式 (FDMA)、異なるタイムスロットを割り当てる時間分割方式 (TDMA) がよく知られている。これらに対して符号分割方式 (CDMA) は、ユーザごとに異なる符号を割り当て、それを照合することでチャンネル分離をおこなう。DS-CDMA 方式ではスペクトル拡散通信における拡散符号を各ユーザごとに独自のものを割り当てることでチャンネルの分離を行う。このように DS-CDMA 方式では同一システム内の全てのチャンネルにおいて周波数と時間は共有される、そのためチャンネル分離の性能は各チャンネルに割り当てられた拡散符号の自己相関特性、相互相関特性より決定されることになる。ここで拡散符号 $c_i(t)$ 、 $c_k(t)$ の間に以下のような関数を定義する。

$$\frac{1}{T} \int_0^T c_i(t)c_i(t)dt = R_{c_i c_i}(\tau) \quad (3.2)$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T c_i(t)c_k(t)dt = R_{c_i c_k}(\tau) \quad (3.3)$$

式 (3.2) を $c_i(t)$ の自己相関関数、式 (3.3) を $c_i(t)$ と $c_k(t)$ の相互相関関数という。次に以下のように複数の移動局が情報を送信している環境を考える。

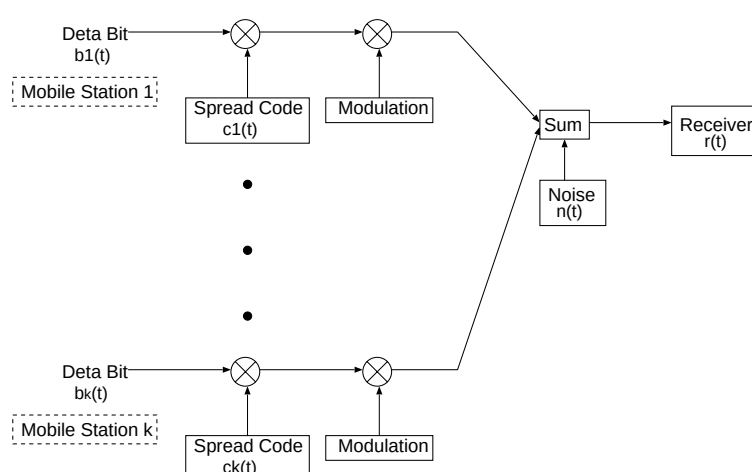


図 3.3: 多元接続

$b_i(t)$ は実際に伝送する情報信号で、通信速度の早いものはビット長が短く、遅ければビット長は長くなる。また、それぞれの移動局には独自の拡散符号が割り当てられており、 $\sqrt{2P} \cos(\omega_c t)$ により変調されるものとする。このとき、受信信号 $r(t)$ は次のようになる。

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sqrt{2P} b_k(t - \tau_k) c_k(t - \tau_k) \cos(\omega_c t + \phi_k) + n(t) \quad (3.4)$$

ここで τ_k は相対的遅延、 ϕ_k は搬送波の位相ずれを表す。この時、 i 番目のチャネルに対する相関器出力 z_i は次のようになる。

$$\begin{aligned} z_i &= \int_0^T r(t) c_i(t) \cos(\omega_c t) dt \\ &= \sqrt{2P} \int_0^T b_i(t) c_i^2(t) \cos^2(\omega_c t) dt \\ &\quad + \sqrt{2P} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^K \int_0^T b_k(t - \tau_k) c_k(t - \tau_k) c_i(t) \cos(\omega_c t + \phi_k) \cos(\omega_c t) dt \\ &\quad + \int_0^T n(t) c_i(t) \cos(\omega_c t) dt \end{aligned} \quad (3.5)$$

第一項は移動局 i の受信出力で自己相関が大きいほど値が大きくなり、また第二項は他局による干渉成分の出力で相互相関が低ければ値が小さくなる。第三項は雑音により生じる出力である。

3.2.2 拡散符号の条件

符号分割による多元接続を行うためには拡散符号として以下のような条件を満たさなければならない。

- 自己相関関数が位相差 0 で鋭いピークを持ち、それ以外では絶対値が小さくなる。
- システム内に割り当てられた拡散符号の中で、任意の二つの系列の相互相関関数の絶対値が全ての位相差について十分小さい。
- 上記の条件を満たす集合に含まれる符号数が多い。

このような条件を満たす拡散符号としては PN 符号が知られている。PN 符号は系列の一周期内で、“1” の出現する回数と “0” の出現する回数が一つしか変わらない平衡性、一周期に含まれる “1” の連なりと “0” の連なりにおいて、それぞれ連なり数 m のものが $\frac{1}{2^m}$ の割

合で存在する連なり性、系列を巡回させた際、あらゆる状態で一致する項と一致しない項が一つしか変わらない相関性をもつ。このような PN 符号は図 3.4 のような線型シフトレジスタ回路により生成できる。

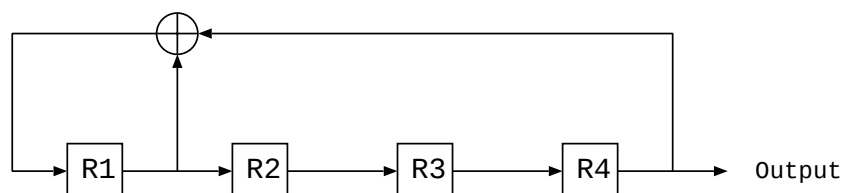


図 3.4: 4 段線型シフトレジスタ

特に n ケタのシフトレジスタ生成した場合、周期が $2^n - 1$ になるものを M 系列という。図 3.4 のシフトレジスタも M 系列であり、下記のような周期 15 の符号を生成できる。

$$C_1 = (1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1)$$

$$C_2 = (-1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1)$$

この 2 つの符号は図 3.5、図 3.6 で示すように、自己相関は位相差 0 で 15 となりそれ以外では -1、相互相関は +7、+3、-1、-5 の値をとる。

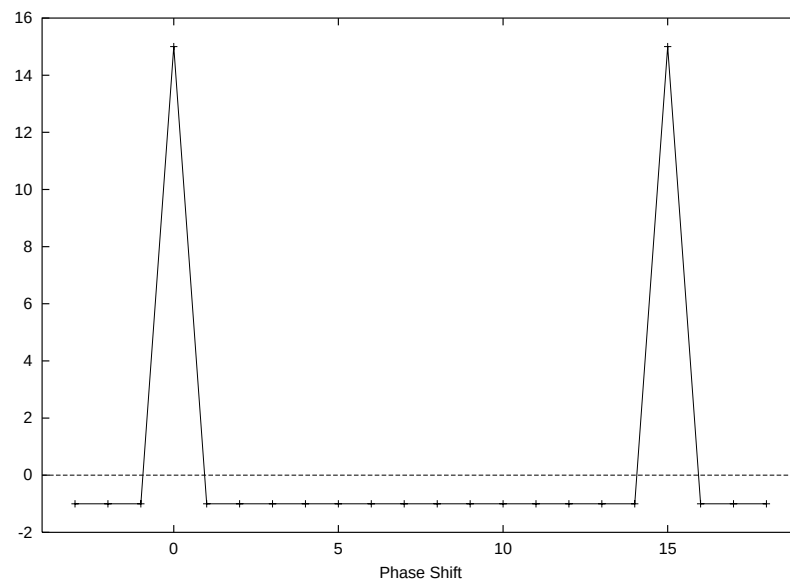
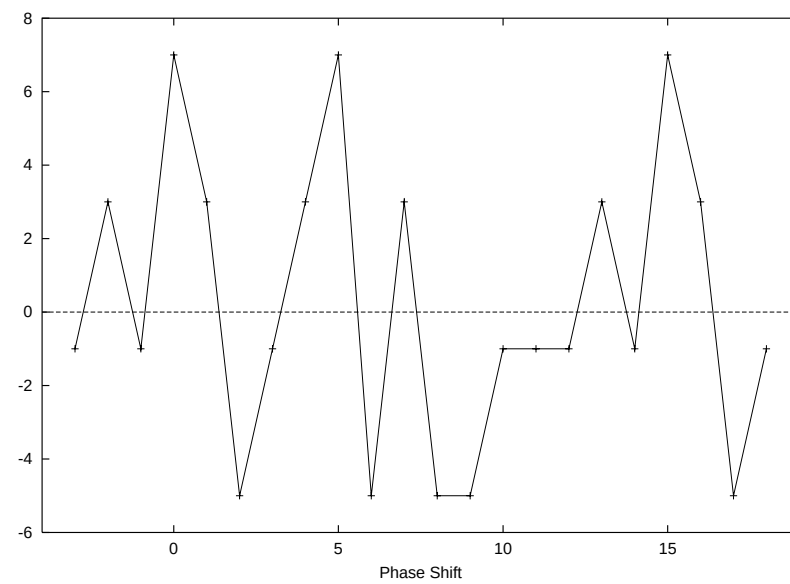


図 3.5: 自己相関



第 4 章

従来型送信電力制御法

4.1 基地局での受信電力をチャンネル間で同一にするための送信電力制御

セルラー方式の携帯電話システムではそれぞれの移動局の位置により基地局と移動局間の距離は大きく異なる。仮に、ある 1 つの基地局のサービスエリアが半径 10km 程度で、最も基地局の近くにある移動局が基地局から 10m、最も遠くにある移動局が 10km であるとする、電波減衰率を距離の自乗に比例するとした場合、基地局での受信電力は最大で 100 万倍程度異なることになる。

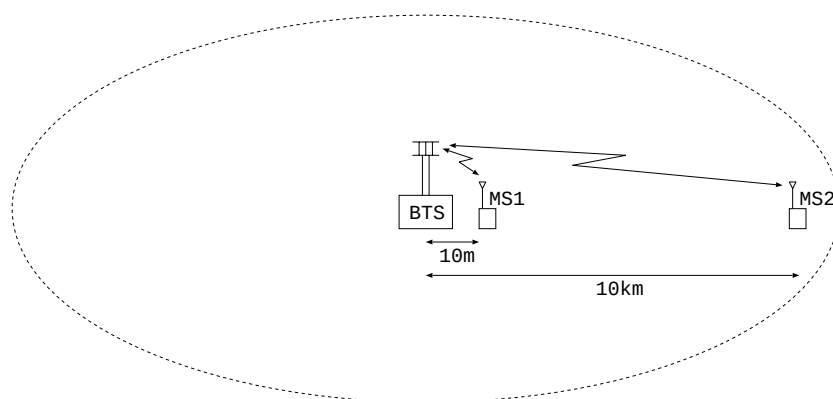


図 4.1: 異なる通信距離のための送信電力制御

また移動中にビルなどの建物等により電波の遮断、反射、回折等が起こり受信側での電波の受信電力が変動する。これらの受信電力の差は各チャンネルの符号間の相関特性を変動

させてしまい、通信品質に大きな影響を与える。特に移動局から基地局方向の通信では基地局での各チャネルの受信電力に大きな差が生じる。そこで DS-CDMA 方式による無線通信では各チャネルの基地局での受信電力が同一になるよう、移動局で送信電力を制御してやる必要がある。このように基地局において全てのチャネルの受信電力を同一にするよう移動局での送信電力を調整するのが従来型の送信電力制御法である。

4.2 送信電力制御の仕組み

4.2.1 開ループ制御

送信電力制御には大きく2つの方法がある、その1つが開ループ制御である。この制御方法は、基地局から送信された信号の電力を移動局で測定し、その受信電力の強度から通信路の環境を想定する。具体的には電力が弱まれば通信路での減衰が大きいので移動局の送信電力を上げてやり、電力が強まれば通信路の状態が良いので移動局の送信電力を下げてやる。この方法は移動局側のみで送信電力の値が決定できるため、通信路の状態にすばやく反応できることから、高速なフェージングに対応可能であり、また初期チャネル確立の際に利用される。しかしながら実際には基地局から移動局方向の下りチャネルと移動局から基地局方向の上りチャネルの周波数は異なるため、下りチャネルの通信路の状態が上りチャネルの通信路の状態を完全に反映しているわけではない。そのため開ループ電力制御では誤差が生じる可能性がある。

4.2.2 閉ループ制御

閉ループ制御では基地局で移動局からの信号を受信し、その受信電力が決められているスレッシュホールドに対して大きいか小さいかを判断し、その情報を移動局に対してフィードバックする。その情報により移動局は自身の送信電力を調整する。この制御情報は制御チャネルまたは通話チャネルに割り込ませることで伝送される。この閉ループ制御は開ループ制御にくらべて時間はかかるが精度の高い電力制御が可能である。

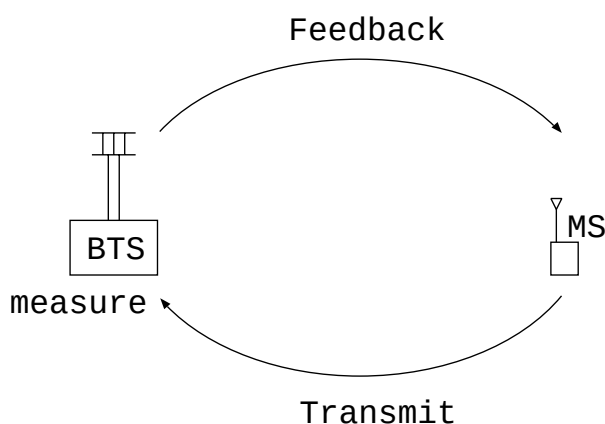


図 4.2: 閉ループ制御

これら開ループ制御、閉ループ制御を組み合わせることで高速で精度の高い電力制御が可能となり、各移動局から送信される信号の電力を基地局で同一レベルにすることができる。

第 5 章

マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法

5.1 メディア特性

次世代移動体通信では音声のみでなくインターネット接続やデータ伝送, リアルタイム動画像等の異なる種類のメディアが同一システム上で扱われる。

表 5.1: マルチメディアトラヒック

<i>Type</i>	<i>Rate(kbps)</i>	<i>BER</i>
音声通話、E メール	8	10^{-3}
インターネット接続、データ通信	64	10^{-6}
動画、音楽配信	128	10^{-6}
テレビ電話、モバイルテレビ	384	10^{-8}

表 5.1 のように、これらマルチメディアトラヒックは各メディアの特性に応じて要求される通信速度及び、品質を示すビット誤り率 (Bit Error Rate:BER) の値が異なる。本論文ではこれらメディアごとに要求される通信速度や品質の違いに着目した新たな送信電力制御法を提案する。

5.2 可変速通信のための拡散符号

5.2.1 符号生成

本論文では通信速度の異なるメディア扱うため、拡散符号も可変速通信に対応したものでなければならない。そこで可変拡散符号として M 系列をシフトさせた部分符号を使用する。これは一つの M 系列の符号をチャンネルごとに独自にシフトさせたものを割り当てる。このときメディアの通信速度により符号長が決定される。このシフト M 系列で符号長が完全なものの特性は次のようになる。

$$R_a(k) = \sum_{i=0}^{P-1} A_i A_{i-k} = \begin{cases} \sum_{i=0}^{P-1} (A_i)^2 = \sum_{i=0}^{P-1} (1) = P, & k=0, P, 2P, \dots \\ \sum_{i=0}^{P-1} A_i A_{i-k} = \sum_{i=0}^{P-1} A_{i+k'} = -1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5.1)$$

ここで A_i はチップシーケンス、 k はシフト量、 P は符号の 1 周期を示す。この式から、自己相関は P 、相互相関は -1 となりチャンネル多重化のための拡散符号としては理想的な値をとることが分かる。ただしチャンネル間のシフト量が少ないと、受信相関器で誤って目的以外のチャンネルに同期しやすくなってしまうため、シフト量を多めに取るか、初期同期、同期保持において精度の高さが要求される。

メディアによって通信速度が異なる場合、拡散符号の符号長はチャンネルごとに異なる。そこで本論文で用いる部分符号の特性を以下に示す。

$$R_M(k; m) = \sum_{i=0}^{M-1} A_{i+m} A_{i+m-k} \quad \text{for } M \leq P; k, m=0, 1, \dots, P-1 \quad (5.2)$$

平均値:

$$E\{R_M(k; m)\} = \sum_{i=0}^{M-1} \overline{A_{i+m} A_{i+m-k}} = \begin{cases} \sum_{i=0}^{M-1} \overline{(1)} = M, & k=0, P, 2P, \dots \\ \sum_{i=0}^{M-1} \overline{A_{i+m-k'}} = \sum_{i=0}^{M-1} \frac{-1}{P} = \frac{-M}{P}, & k \neq 0, P, 2P, \dots \end{cases} \quad (5.3)$$

分散値:

$$\text{Var}\{R_M(k; m)\} = E\{R_M^2(k; m)\} - [E\{R_M(k; m)\}]^2$$

$$= \begin{cases} M^2 - (M)^2 = 0, & k=0, P, 2P, \dots \\ [M - \frac{M(M-1)}{P}] - (\frac{-M}{P})^2 = M(1 + \frac{1}{P})(1 - \frac{M}{P}) & k \neq 0, P, 2P, \dots \end{cases} \quad (5.4)$$

m は符号の開始位置、 M は部分符号の符号長である。式 (5.3) から平均値は理想的な値を示すが、相互相関は式 (5.4) の分散値の値に依存することになる。

本論文では、この M 系列を次のような 42 個のシフトレジスタによる符号生成器により発生する。[1]

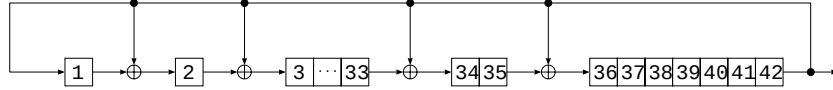


図 5.1: 42 ビットシフトレジスタ

この符号生成器により作り出される M 系列の符号長は $2^{42} - 1$ と非常に長くなる。このような長い符号を用いることで、シフト量を大きく取ることが可能となり、また使用する符号を知らない者は同期を取りづらくなり、秘話性の向上させることができる。また実際のチャネルごとのシフトは、次の図 5.2 の点線部内に示すように、各レジスタにマスクをかけることで行うことができる。

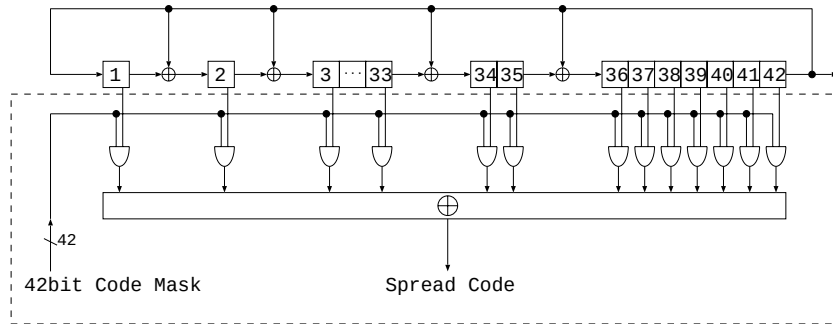


図 5.2: コードマスク

シフトレジスタの内部状態はクロックごとに変動する。 M 系列の符号を生成するシフトレジスタは符号の周期と同様の $2^{42} - 1$ 個の可能な全ての内部状態を取る。その内部状態

の論理和を出力とすることで M 系列の符号を生成することが可能である。この際、各レジスタに固有のマスクを掛けることで、内部状態値の発生 of 順番を変更させたのと同じ効果を得ることができる [1]。また、このマスクは通常、移動局ごとに固有の ESN(Electrical Serial Number) を用いることで、移動局ごとに固有のシフト量を得ることができる。

また、可変速度の通信ではビット長が異なる。下記の図 5.3 では通信速度が R のものと、2 倍の早さの $2R$ のもののビット長とそのための拡散に必要な符号長の関係を示している。

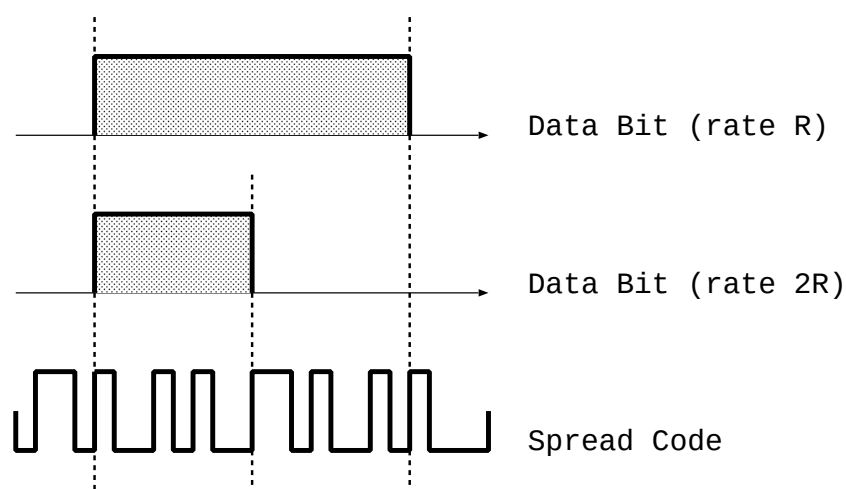


図 5.3: 可変速度のコード拡散

通信速度が 2 倍になると、ビット長は 2 分の 1 となり拡散に用いられるコードのチップ数も 2 分の 1 となるため拡散率も 2 分の 1 となる。このように通信速度により拡散率も変化する。

5.3 マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のターゲット受信電力配置アルゴリズム

5.3.1 アルゴリズムのための基本原理

無線通信の通信品質を表す尺度としてよく用いられるのが、ビット当りのエネルギー E_b とスペクトルノイズ密度 N_o の比 $\frac{E_b}{N_o}$ である。この値と受信電力の間には次のような関係がある。

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{\frac{S}{R}}{\frac{N}{W}} = \frac{W}{R} \frac{S}{N} = G \frac{S}{N} \quad (5.5)$$

S は信号受信電力、 N は雑音電力、 R は通信速度、 W はチップレート (通信帯域幅)、 G は拡散率である。

この式を、受信信号のチップ当りの電力 E_c を使って表すと次のようになる。

$$\frac{E_b}{N_o} = G \frac{W E_{ci}}{W \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^k E_{cn} + W n_o} = \frac{G E_{ci}}{\sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^k E_{cn} + n_o} \quad (5.6)$$

E_{ci} は自己チャネルのチップ当りの電力、 k はユーザ数で、 n_o は伝搬ノイズや送受信器の熱雑音等によるガウスノイズである。この式から次のことが分かる。

- 通信速度が異なるチャネルで同一の品質を得る場合、速度の遅いものはチップ当りの電力を低くし、速度の早いものはチップ当りの電力を高くしてやらなければならない。もしガウスノイズのない環境であれば、速度 (拡散率) に n 倍の差があれば速度の遅い (拡散率の大きい) ものはチップ当りの電力を n 分の 1 に、もしくは速度の早い (拡散率の小さい) ものはチップ当りの電力を n 倍にしてやれば良い。
- 品質を上げるためには自己チャネルのチップ当りの電力を増やしてやるか、他チャネルのチップ当りの電力を下げてやる必要がある。ただしここで注意しなければならないことは、自己チャネルのチップ当りの電力を変動させることは他チャネルに対する干渉電力を変動させることになるので自由に変動させることはできない。

この基本原理を用いて、マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のためのターゲット受信電力配置アルゴリズムを提案する。

5.3.2 ターゲット 受信電力配置アルゴリズム

マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法では、新しくチャンネル要求があるたびに受信側で、全てのチャンネルのターゲット受信電力を再計算してやり、送信側ではそれに応じて送信電力を決定する。この際、第4章で示した距離による送信電力制御の機能は別に組み込まれ正確に動作しているものとする。

ここでは、3種類のメディアが存在する場合を想定してアルゴリズムの解説を行う、そして2種類、また4種類以上のメディアが存在する場合にもアルゴリズムが容易に拡張できることを示す。

1. ターゲット $\frac{E_b}{N_0}$ の決定

目的のビット誤り率を達成するのに必要な $\frac{E_b}{N_0}$ の値を決定する。この値はコーディングなどのシステムの構成や使用する拡散符号の特性に依存するため、実際に $\frac{E_b}{N_0}$ -BER 特性を調べデータベース化しておく必要がある。このアルゴリズムではチップエネルギーの小さくてもよいメディアから順にターゲット $\frac{E_b}{N_0}$ を T_1 、 T_2 、 T_3 とする。

2. 基準受信電力の決定

ターゲット受信電力は通信速度が遅く、要求品質が低いメディア順に小さくすることができる。このアルゴリズムではターゲット受信電力の低い順に、そのチップエネルギーを E_{c1} 、 E_{c2} 、 E_{c3} とする。またそれに属する同一メディアのチャンネルの集まりであるチャンネル群を gch1、gch2、gch3 とし、そのチャンネル群のチャンネル数を k_1 、 k_2 、 k_3 とする。まず、基準受信電力としてチップエネルギーの最も小さくてもよいメディアのチャンネル群のチップエネルギーを E_{c1} に設定する。実在システムでは E_{c1} は受信機の受信感度の最低レベルに合わされる。

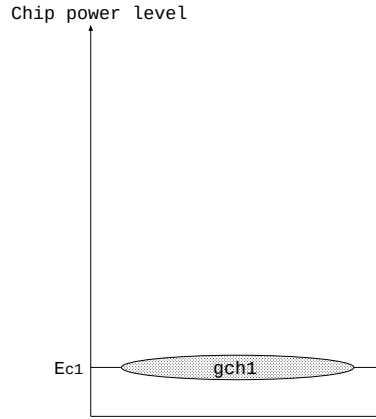


図 5.4: 基準受信電力の配置

3. ノイズ電力

各チャネルに対するガウスノイズが $\frac{E_b}{N_o}$ で示されている場合、アルゴリズムでは実際のノイズの大きさ n_o に変換する必要がある。ここではチャネル群 gch1 に対するノイズが $(\frac{E_b}{N_o})_{gch1}$ の場合を示す。

$$n_o = \frac{E_{b1}}{(\frac{E_b}{N_o})_{gch1}} = \frac{G_1 E_{c1}}{(\frac{E_b}{N_o})_{gch1}} \quad (5.7)$$

E_{b1} は gch1 のチャネルのビット当りのエネルギーである。実際の通信環境において伝搬雑音及び送受信器の熱雑音によるノイズは測定により決定できる。

4. チャネル群 gch1 を配置したときの余剰受信電力の計算

gch1 を配置したとき、残りの gch2、gch3 を配置するための余剰電力 E_{ex1} を求める。

この時、自己チャネル電力は $E_{ci} = E_{c1}$ 、他チャネルからの干渉電力は

$\sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^k E_{cn} = (k_1 - 1)E_{c1} + E_{ex1}$ として考えることができるので、式 (5.6) より次の関係式が成り立つ。

$$T_1 = \frac{G_1 E_{c1}}{(k_1 - 1)E_{c1} + E_{ex1} + n_o} \quad (5.8)$$

これより、

$$E_{ex1} = \frac{G_1 E_{c1}}{T_1} - ((k_1 - 1)E_{c1} + n_o) \quad (5.9)$$

ここでもし

$$E_{ex} < 0 \quad (5.10)$$

ならばチャンネル群 gch1 も収容できない状態であるため、チャンネル受付は拒否される。また、

$$E_{ex} = 0 \quad (5.11)$$

ならば余剰電力は0であるため、他のチャンネル群 gch2、gch3 は配置することが不可能であるためチャンネル受付は拒否される。

5. 臨時最大許容受信電力 1 の決定

余剰電力を使って残りのチャンネル群 gch2、gch3 を配置できる最大値 E_{tem1} を臨時に設定する。

$$E_{tem1} = \frac{E_{ex}}{k_2 + k_3} \quad (5.12)$$

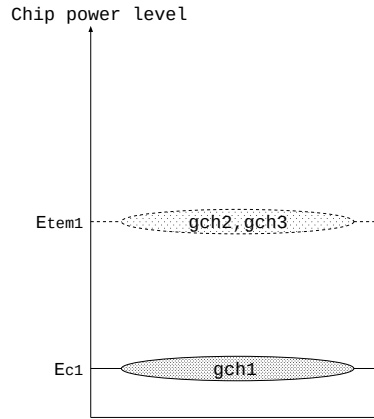


図 5.5: 臨時最大許容受信電力 1 の配置

6. チャンネル群 gch2 の配置

チャンネル群 gch1 が E_{c1} に、チャンネル群 gch2、gch3 が E_{tem1} に配置されているとして、チャンネル群 gch2 に実際に必要な受信電力 E_{c2} を求める。式 (5.6) より、

$$T_2 = \frac{G_2 E_{c2}}{k_1 E_{c1} + E_{ex} - E_{c2} + n_o} \quad (5.13)$$

これより、

$$E_{c2} = \frac{T_2(k_1 E_{c1} + E_{ex} + n_o)}{G_2 + T_2} \quad (5.14)$$

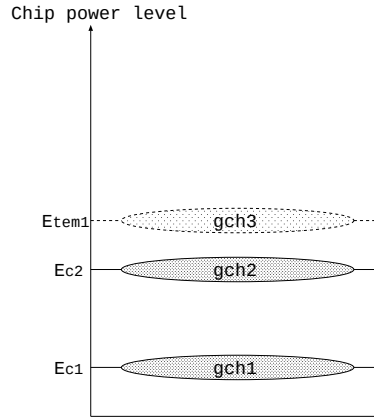


図 5.6: チャンネル群 gch2 の配置

ここではチャンネル群 gch2 に対する干渉電力は多めに見積もられていることになる。そのため E_{c2} は実際に必要とする電力よりも高めになるが、チャンネル群 gch2 は、次に設定されるチャンネル群 gch3 に比べて拡散率が大きく、目標のビット誤り率も高くてもよいから、その影響は小さくなる。また干渉電力を多めに見積もることにより、収容ユーザ数の過負荷状態を防げるため、このアルゴリズムで受付可能と判断されれば、各チャンネルにおいて目的のビット誤り率は必ず達成できることになる。

ここでもし、

$$E_{tem1} < E_{c2} \quad (5.15)$$

ならば、チャンネル群 gch2 を配置する余剰電力は存在しないということであり、チャンネル受付は拒否される。また、次のような関係になる場合、

$$E_{c2} < E_{c1} \quad (5.16)$$

この状態では E_{c2} は受信レベル以下になってしまうので、以下のように E_{c2} を E_{c1} のレベルまで上げてやる必要がある。

$$E_{c2} = E_{c1} \quad (5.17)$$

7. 臨時最大許容受信電力 2 の配置

チャンネル群 gch1, gch2 を配置した状態での余剰電力をチャンネル群 gch3 の配置に振り向ける。この時の gch3 の配置電力を E_{tem2} とする。

$$E_{tem2} = E_{tem1} + \frac{k_2(E_{tem1} - E_{c2})}{k_3} \quad (5.18)$$

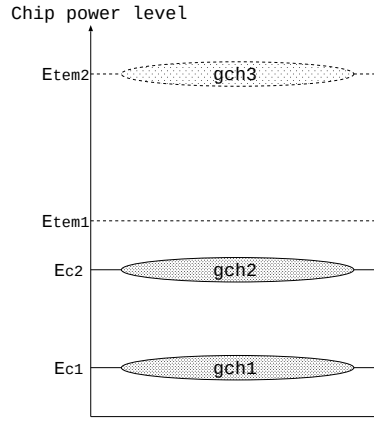


図 5.7: 臨時最大許容受信電力 2 の配置

8. チャンネル群 gch3 の配置

チャンネル群 gch3 が実際に必要な電力は式 (5.6) より、

$$T_3 = \frac{G_3 E_{c3}}{k_1 E_{c1} + k_2 E_{c2} + (k_3 - 1) E_{c3} + n_o} \quad (5.19)$$

これより、

$$E_{c3} = \frac{T_3(k_1 E_{c1} + k_2 E_{c2} + n_o)}{G_3 - T_3(k_3 - 1)} \quad (5.20)$$

である。もし、

$$E_{tem2} < E_{c3} \quad (5.21)$$

ならば、チャンネル群 gch3 は余剰電力不足により配置することはできず、受付は拒否されることになる。もし、チャンネル群 gch3 が E_{c3} に配置可能であれば、チャンネル群 gch1, gch2, gch3 は適切に配置されチャンネル受付に成功したことになる。この各メディアごとに異なるターゲット受信電力の配置を行うことで、全てのチャンネルを同一のターゲット受信電力に配置する従来型の送信電力制御法にくらべて収容チャンネル数は増大させることができる。

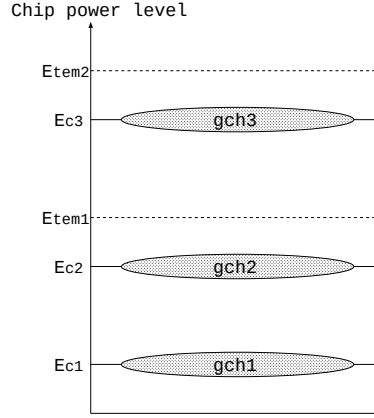


図 5.8: チャンネル群 gch3 の配置

9. 電力の低減

ステップ 8 までで、各チャンネル群ごとのターゲット受信電力の配置は決定された。しかしながら、チャンネル群 gch2 の配置のための干渉成分は余剰電力を全て使い切った場合を想定していたため、 E_{c2} 、 E_{c3} には実際に必要とするよりも大きなターゲット受信電力が設定されている可能性があり、その場合はそれぞれのターゲット受信電力は下げることが可能である。そこで次にターゲット受信電力を必要最低限にすることを考える。ステップ 8 で求めたチャンネル群 gch3 がターゲット受信電力 E_{c3} に配置されたときに必要な、チャンネル群 gch2 に実際に必要な受信電力を調べる。式 (5.6) より、

$$T_2 = \frac{G_2 E'_{c2}}{k_1 E_{c1} + (k_2 - 1) E'_{c2} + k_3 E_{c3} + n_o} \quad (5.22)$$

これより、

$$E'_{c2} = \frac{T_2 (k_1 E_{c1} + k_3 E_{c3} + n_o)}{G_2 - T_2 (k_2 - 1)} \quad (5.23)$$

E_{c2} は E'_{c2} に削減することができる。さらにこれよりチャンネル群 gch3 に対する干渉電力も削減されることになるので、チャンネル群 gch2 が新たな E'_{c2} に配置されたものとして、新たに gch3 に必要な電力 E'_{c3} を求める。

$$E'_{c3} = \frac{T_3 (k_1 E_{c1} + k_2 E'_{c2} + n_o)}{G_3 - T_3 (k_3 - 1)} \quad (5.24)$$

またこれにより、チャンネル群 gch2 に対するチャンネル群 gch3 からの干渉が減るため E'_{c2} をさらに下げることができる。この繰り返しにより E_{c2} 、 E_{c3} は最終的にある値に収束する。その値がそれぞれのチャンネル群に必要な最低限の受信電力である。

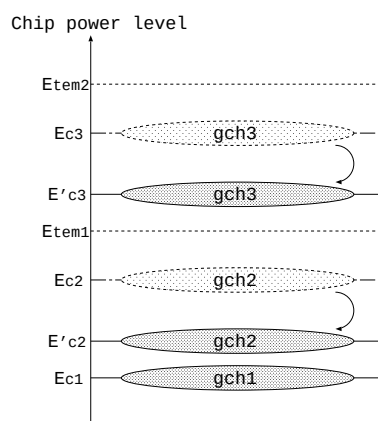


図 5.9: ターゲット受信電力の低減

10. アルゴリズムの拡張

- メディアが2種類の場合

ステップ5で計算した E_{tem1} と実際に必要なチャンネル群 gch2 のターゲット受信電力 E_{c2} を比較することでチャンネル受付が可能か判断ができる。またチャンネル群 gch2 を実際に必要なターゲット受信電力 E_{c2} に配置することでターゲット受信電力を必要最低限にしたことになる。

- メディアが4種類以上の場合

基本的な考え方は3種類場合と全く同じである。もし k 種類のメディアがあると想定した場合、 $k-1$ 番目までのチャンネル群の配置はステップ4から7までの繰り返しであり、 k 番目のチャンネル群の配置でステップ8を行えばチャンネル受付が可能か判断できる。またターゲット受信電力の低減はステップ9の考え方で同様に行うことができる。

以上のアルゴリズムにより、要求された品質を保持しつつシステムの収容ユーザ数を増加させることができる。また、チャンネル受付制御も同時に行われるため収容ユーザ数を多くしすぎることによる品質劣化を防ぐことができる。このアルゴリズムは新たなチャンネル

要求が発生するごとに実行され、ターゲット受信電力の配置はアルゴリズムの全ての過程が終り、チャンネル受付が可能であると判断されてから実際に行われる。アルゴリズムの途中の過程では実際のターゲット受信電力の変更は行われない。もしチャンネル受付が拒否されれば、新たなチャンネル要求は拒否されターゲット受信電力はアルゴリズムを実行する前のままの状態である。このアルゴリズムの性能評価は第7章で検証する。

第 6 章

ノイズとチャネル多重化の影響

6.1 ガウスノイズ

6.1.1 ノイズによる影響

無線移動体通信では空中伝搬の際に加わる雑音、また送信機、受信機で発生する熱雑音により通信品質は影響を受ける。そこでこれらの雑音電力が通信速度 (拡散率) の違いによって通信品質に対して、どのような影響を及ぼすのか確認する。

6.1.2 シミュレーションモデル

図 6.1 のようなシングルユーザによるシミュレーションモデルを用いてガウスノイズによる通信品質への影響を調べる。

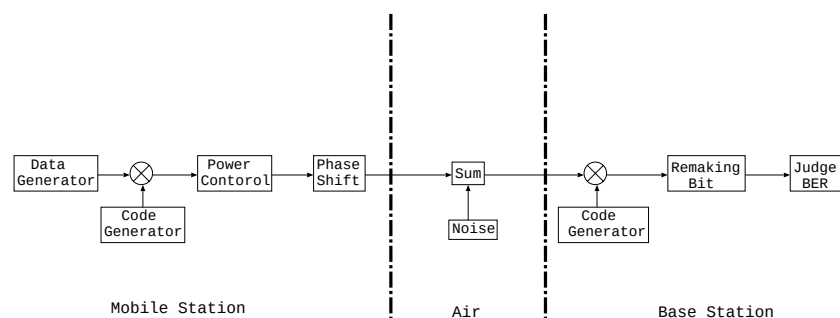


図 6.1: シングルユーザモデル

モデルは大きく次の3つのエリアに分けられる。

- Mobile Station エリア

ここでは送信側の移動局のモデル化をおこなっている。Data Generator では実際に送信したい情報ビットを生成し、Code Generator では拡散符号を生成する。この拡散符号により情報信号は拡散される。

- Air エリア

熱雑音、伝搬ノイズをガウスノイズとして信号に付加する。

- Base Station エリア

受信信号を送信側での拡散符号と同じ符号を用いて逆拡散を行う。そして情報ビットの再生をおこない、その再生されたビットが正しいか間違っているかの判断し、ビット誤り率の測定を行う。

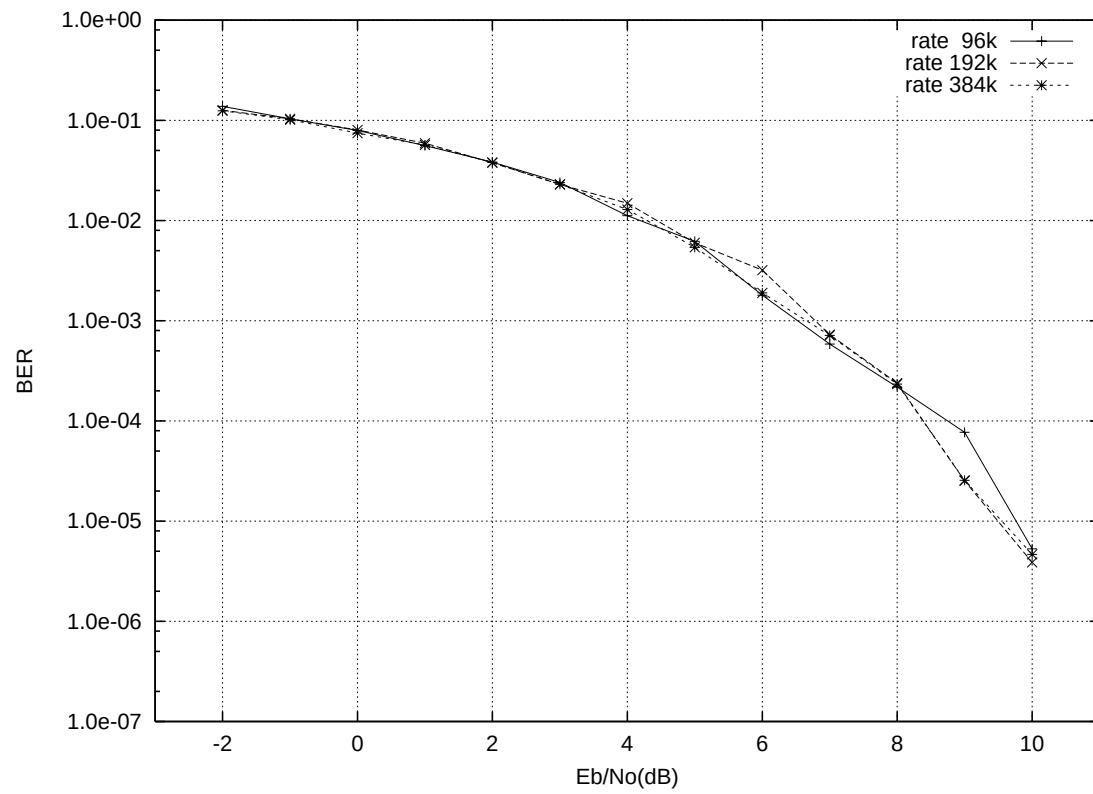
またシミュレーションの設定は次のようにする。

表 6.1: シミュレーションの設定

通信帯域幅	20MHz
通信速度 (G:拡散率)	96kbps(G=208), 192kbps(G=104), 384kbps(G=52)
位相シフト最小単位	1/10 チップ

6.1.3 シミュレーション結果・考察

シミュレーションの結果は以下の図のようになる。



6.2 チャンネル多重化による影響

6.2.1 チャンネル多重化

DS-CDMA 方式では同一周波数帯に複数のチャンネルが多重化されて伝送される。そこで多重化の影響が通信速度の違いよりどのように現れるのか確認する。

6.2.2 シミュレーションモデル

シミュレーションモデルの基本は図 6.1 の場合と同様であるが、異なる点は Mobile エリアにおいて複数の移動局が存在し、その送信信号が Air エリアで多重化されていることである。また、本論文ではチャンネル間の同期をとることができない移動局から基地局方向の上りチャンネルをシミュレーションするため、移動局ごとに異なる位相シフトを行う。Air エリアではこれらの複数のチャンネルを合成しさらにガウスノイズを加える。また Base Station エリアではガウスノイズのシミュレーションと同様にしてビット誤り率の測定をおこなう。

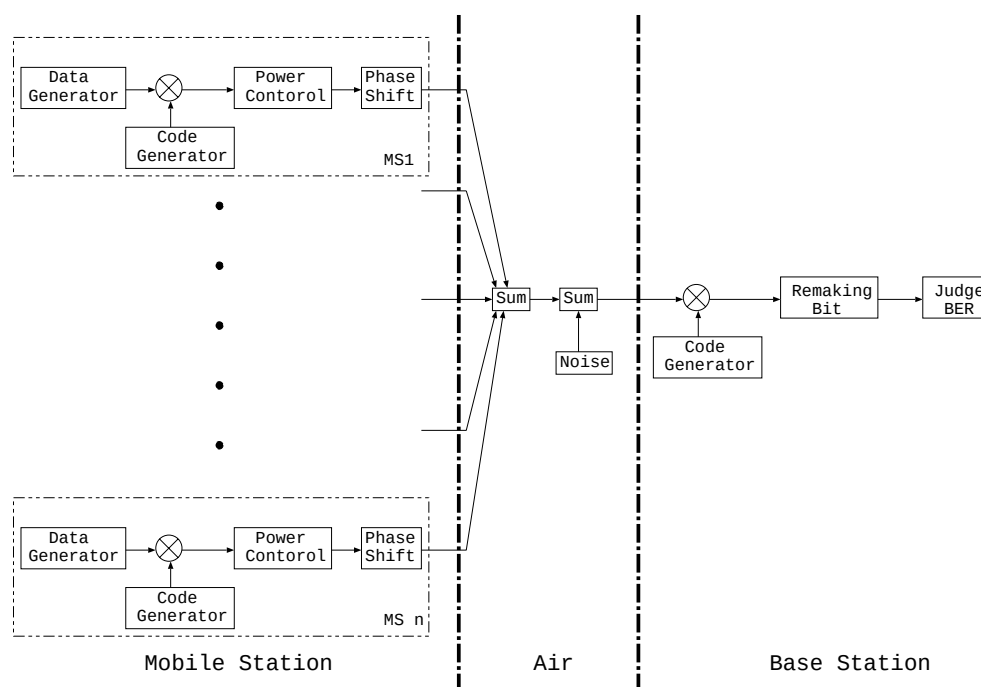


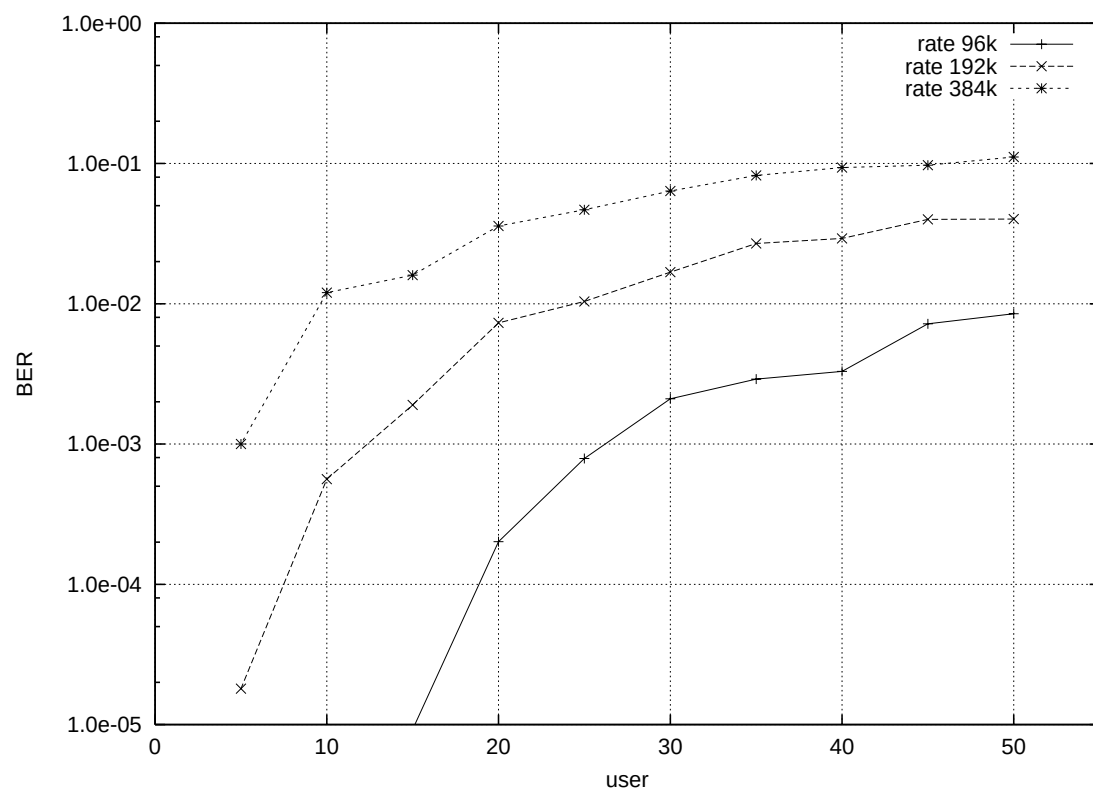
図 6.3: チャンネル多重化のシミュレーションモデル

シミュレーションの設定は次のようになっている。

表 6.2: シミュレーションの設定

通信帯域幅	20MHz
通信速度 (拡散率)	96kbps($G=208$), 192kbps($G=104$), 384kbps($G=52$)
位相シフト最小単位	1/10 チップ
ガウスノイズ	15dB(96kbps のチャンネルに対して)

6.2.3 シミュレーション結果・考察



第 7 章

マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法の性能検証

7.1 2種類のメディアタイプが存在する環境のシミュレーション

7.1.1 2種類のメディアタイプ

マルチメディアトラヒックに対応した新しい送信電力制御法の性能検証のために計算機シミュレーションを行う。まず第5章で提案したアルゴリズムの基本的な動作を確認するために表 7.1 で示すような2種類のメディアタイプが存在する場合についてシミュレーションを行う。メディアは実環境を考慮して通信速度が速いものほど目標のビット誤り率が低くなるように設定してある。

表 7.1: 2種類のメディアタイプ

メディアタイプ	A	B
通信速度 (G:拡散率)	96kbps(G=208)	192kbps(G=104)
要求されるビット誤り率	5.0e-02	5.0e-03

7.1.2 シミュレーションモデル

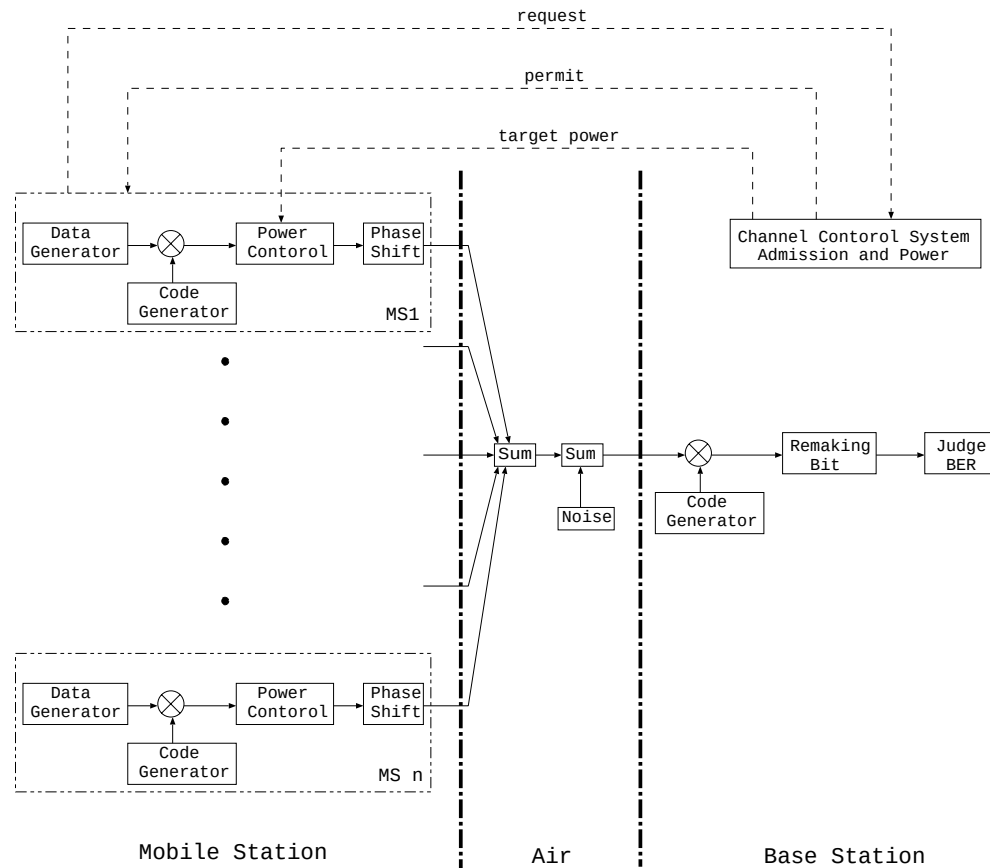


図 7.1: シミュレーションモデル

シミュレーションモデルでは、まず始めに移動局が発呼要求を基地局に対して行う。この際、移動局は要求する通信速度と必要とするビット誤り率の情報を基地局に送信する。基地局では、ターゲット受信電力配置のためのアルゴリズムが実装されており、そこでターゲット受信電力の決定と受付可能か不可能かの判断を行う。受付可能と判断した場合は、全ての移動局のターゲット受信電力は変更されるため、発呼要求を行った移動局とその基地局の配下にある全ての移動局に対して変更されたターゲット受信電力を通知し、実際にターゲット受信電力の変更を行う。

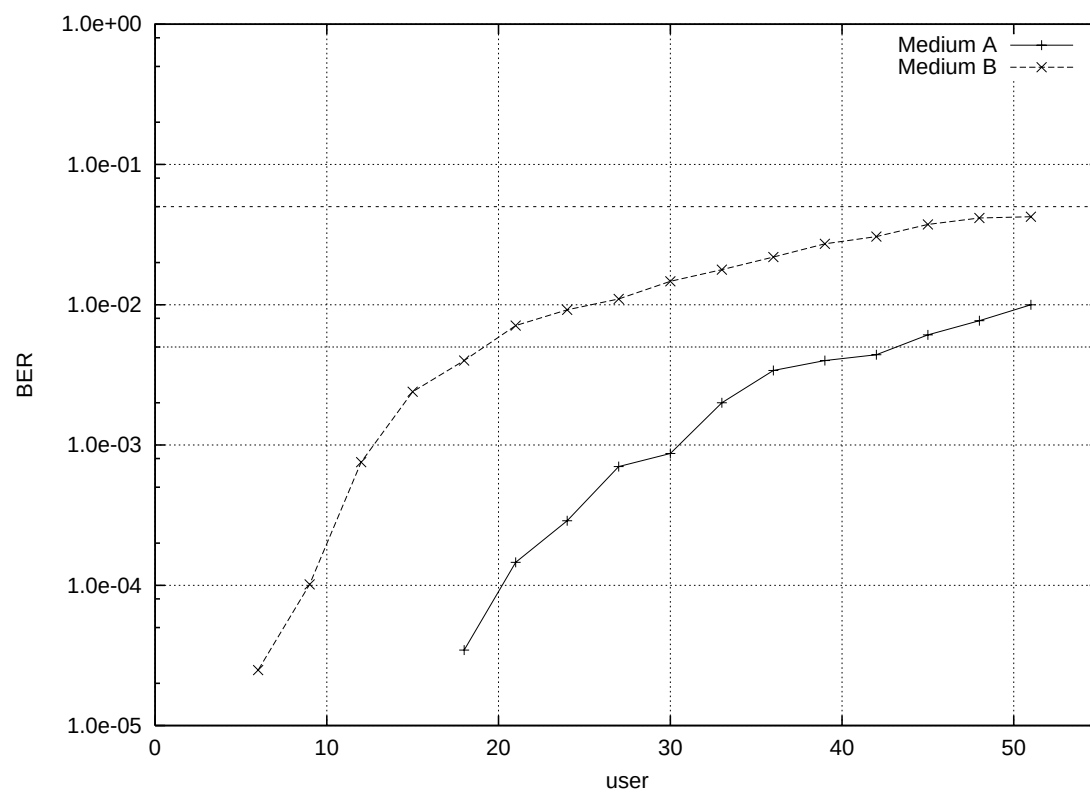
表 7.2: シミュレーションの設定

通信帯域幅	20MHz
通信速度 (G:拡散率)	96kbps (G=208), 192kbps (G=104)
要求されるビット誤り率	5.0e-02(96kbps), 5.0e-03(192kbps)
位相シフト最小単位	1/10 チップ
ガウスノイズ	15dB(96kbps チャンネルに対して)

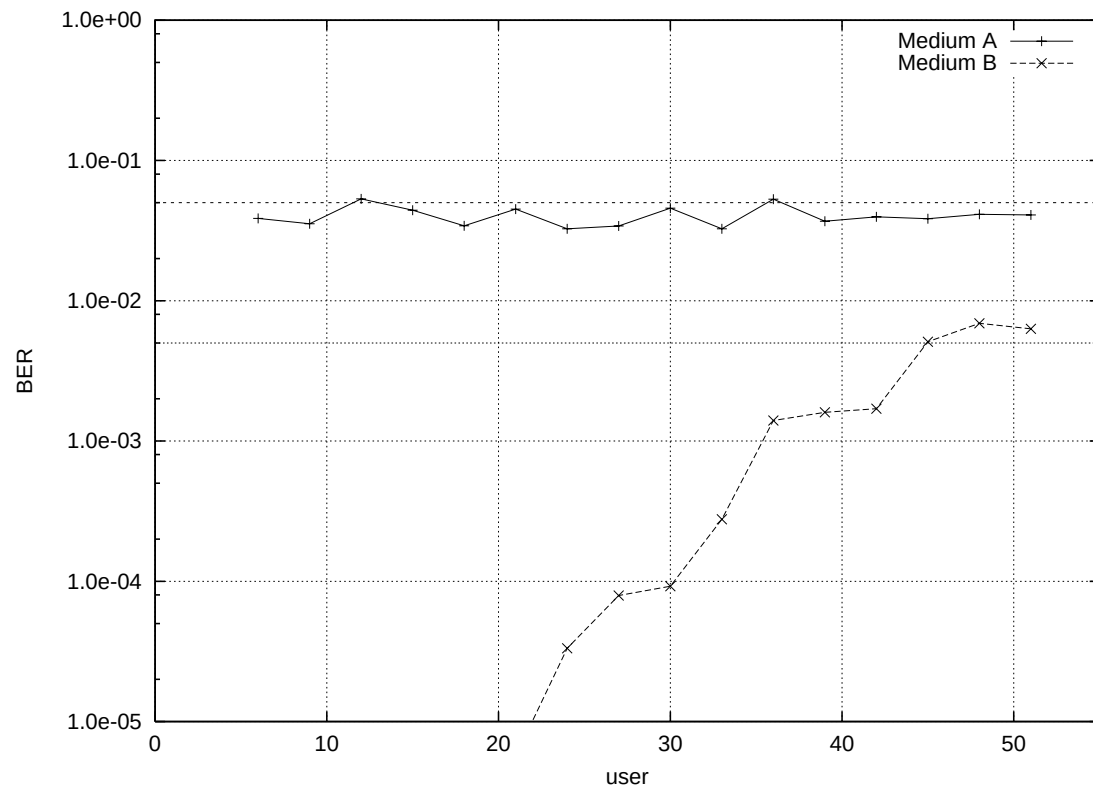
7.1.3 メディアタイプ A と B を 2:1 で発生させた場合のシミュレーション

メディアタイプ A,B を 2:1 で発生させた場合のシミュレーションを行う。

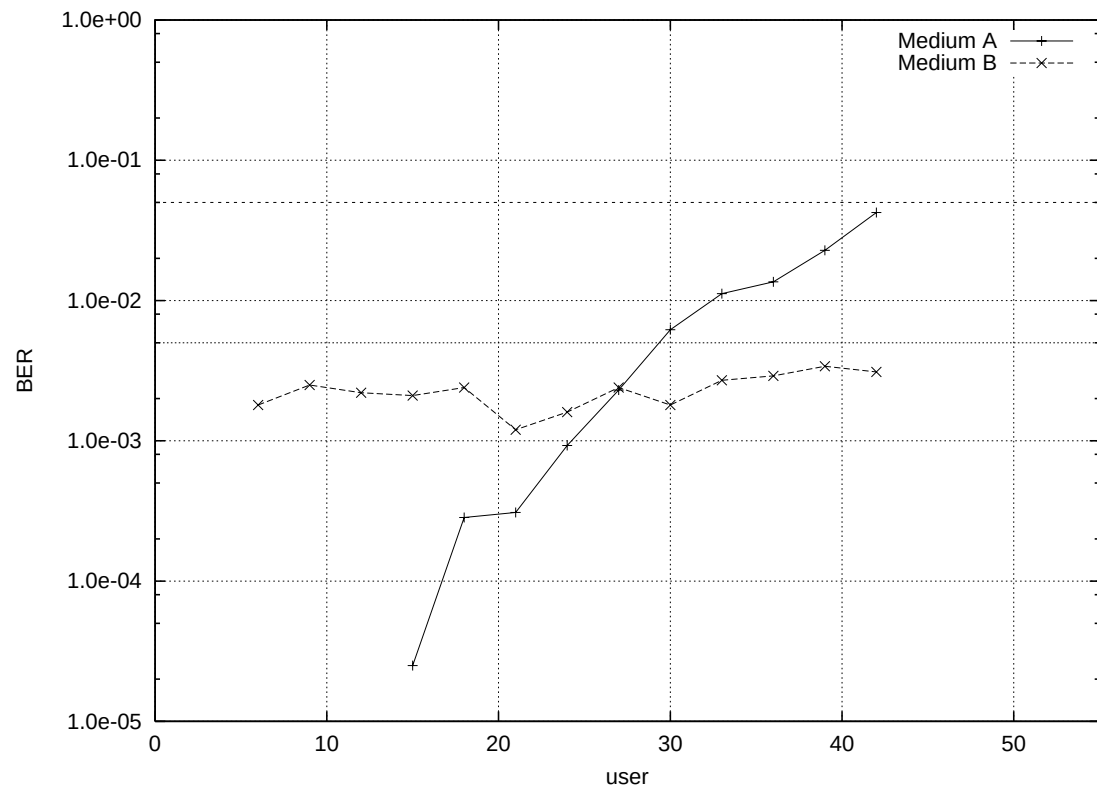
- 従来型送信電力制御法のシミュレーション



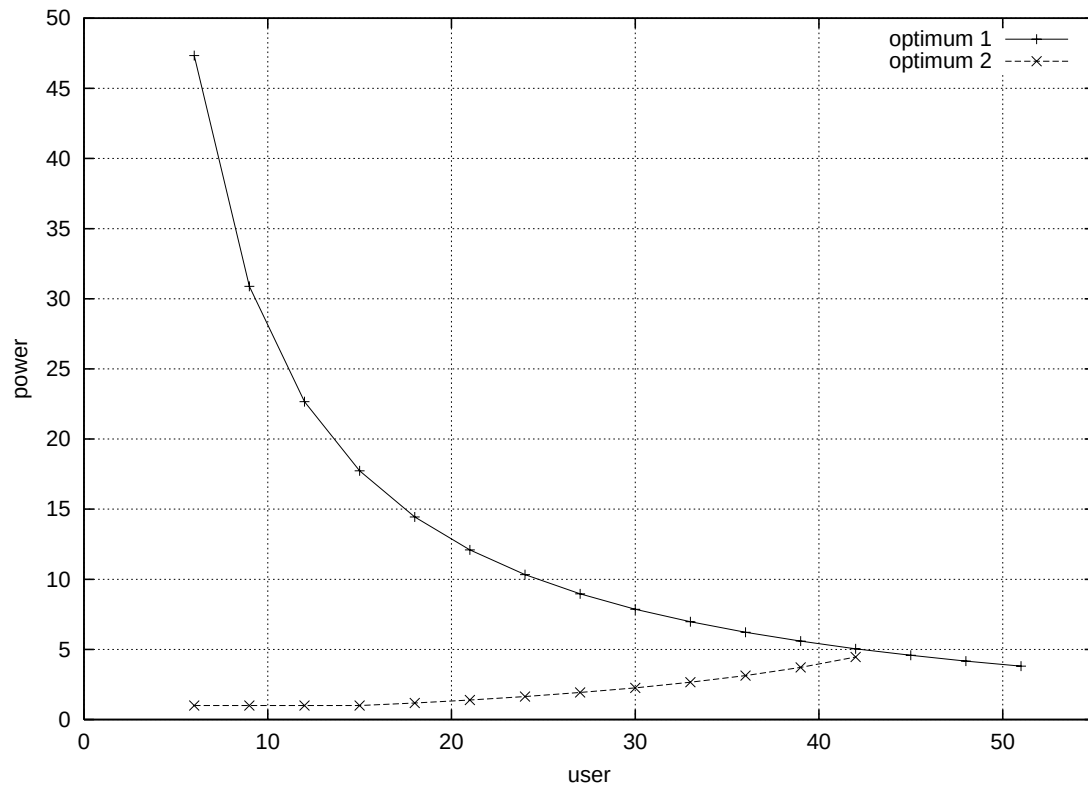
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション 1
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行しない)



- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション 2
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行する)



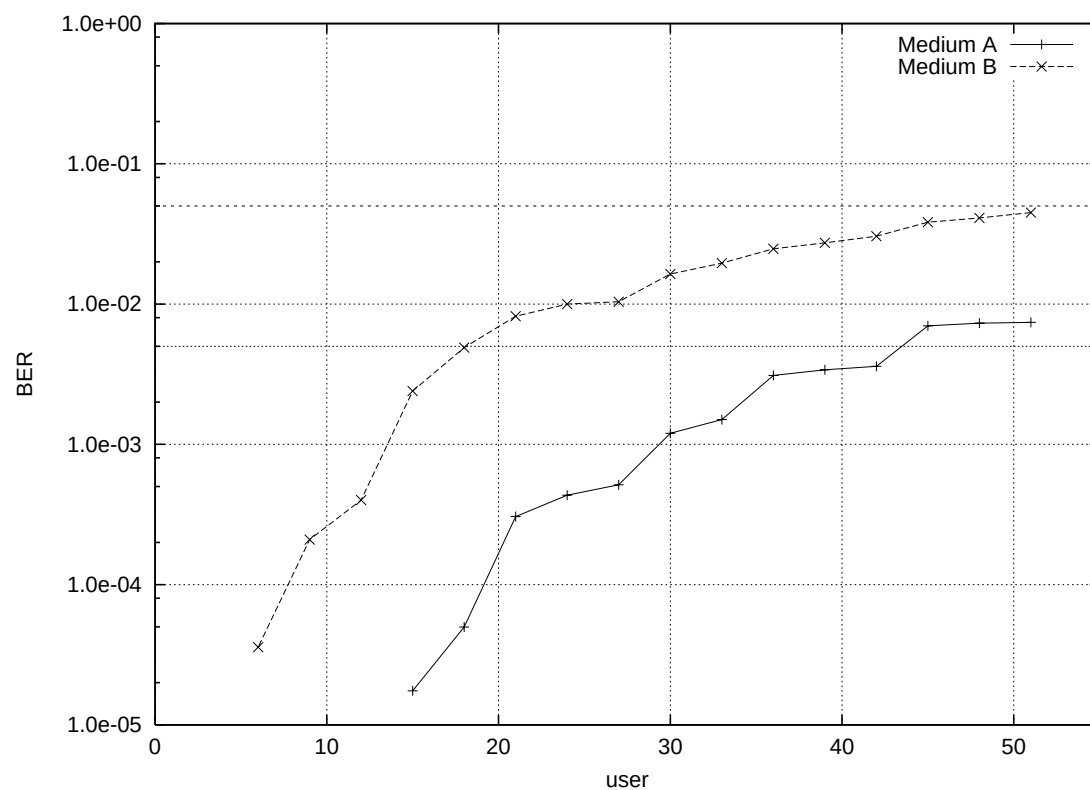
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法におけるメディア B のターゲット受信電力の変動



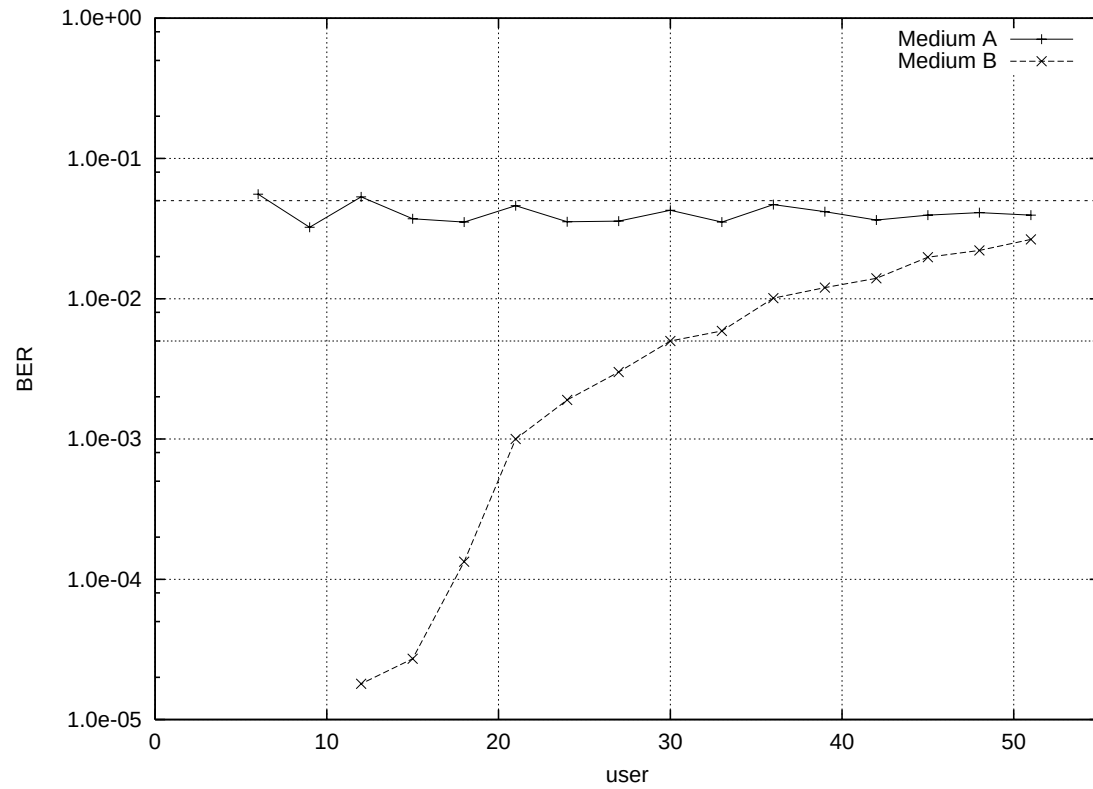
7.1.4 メディアタイプ A と B を 1:2 で発生させた場合のシミュレーション

メディアタイプ A,B の発生比率を 1:2 に変更してシミュレーションを行う。

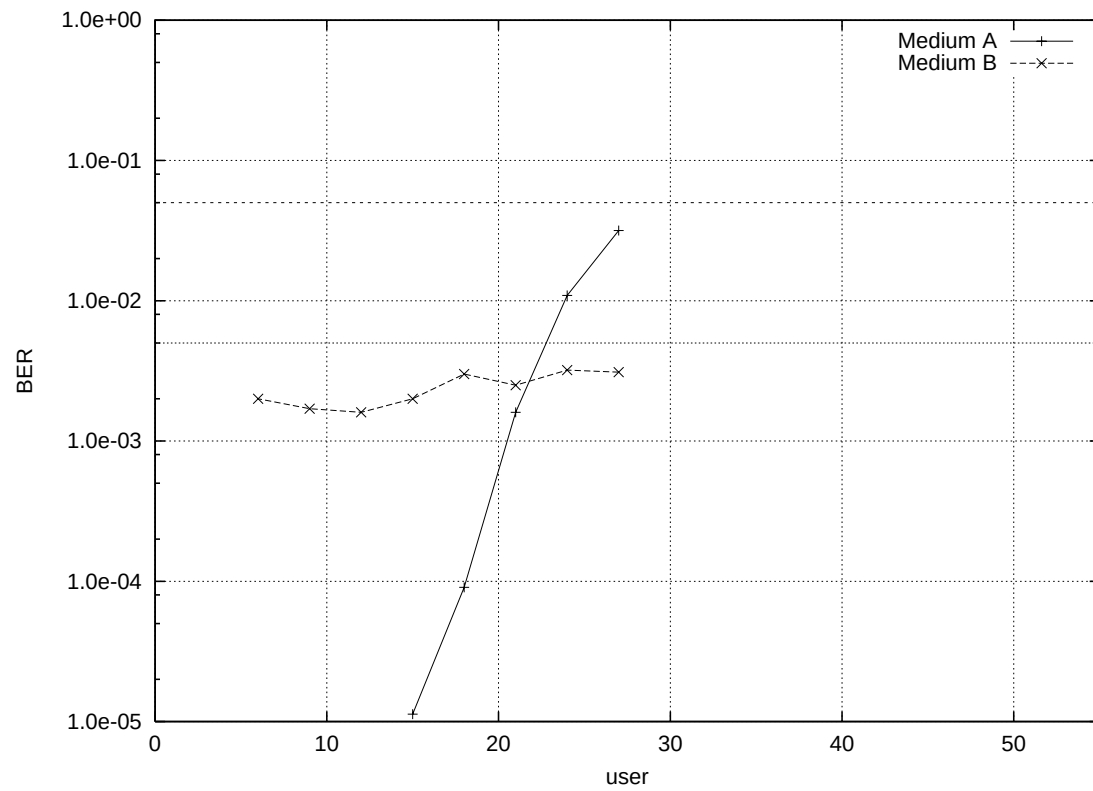
- 従来型送信電力制御法のシミュレーション



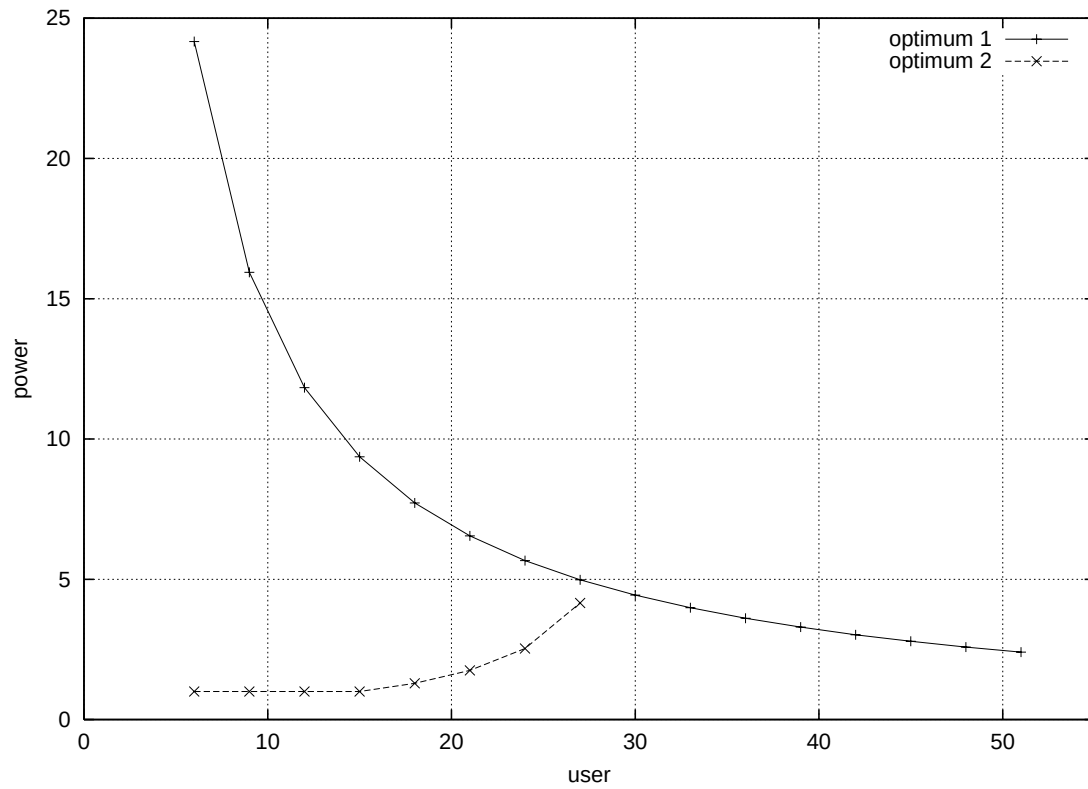
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション 1
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行しない)



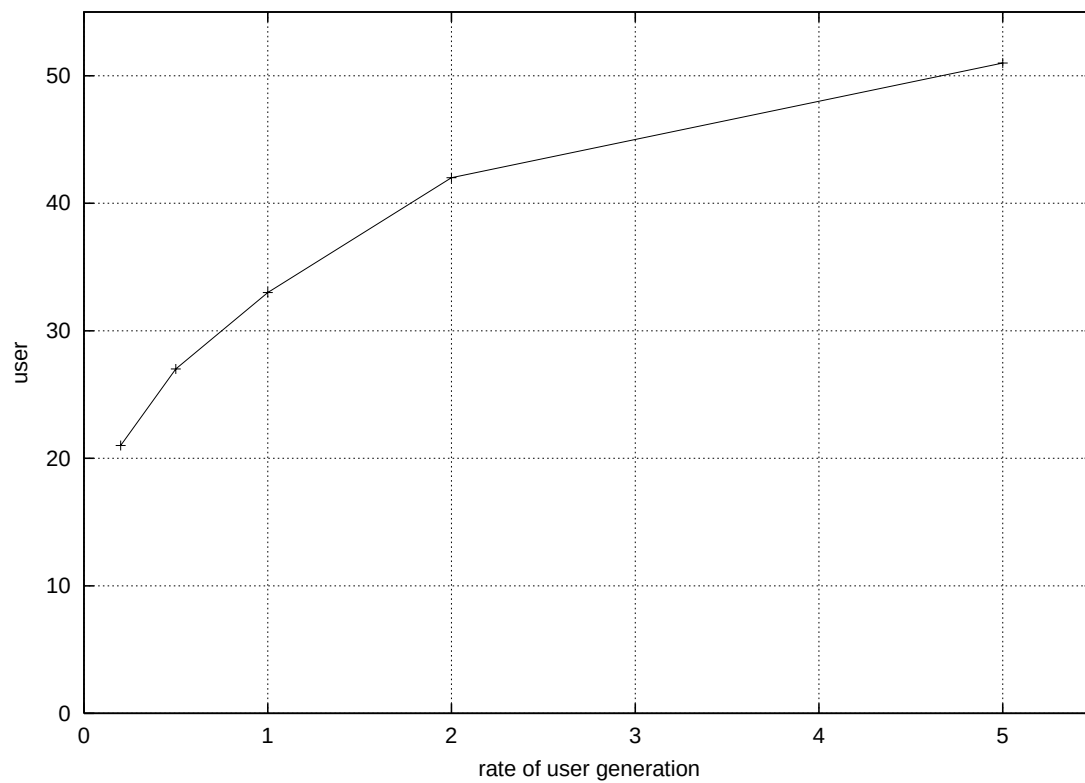
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション2
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行する)



- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法におけるメディア B のターゲット受信電力の変動



7.1.5 メディアのチャネル発生比率を変化させたときのマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法における収容ユーザ数の変動



7.2 3種類のメディアが存在する環境のシミュレーション

7.2.1 3種類のメディアタイプ

表 7.3 のような 3 種類のメディアタイプが存在する場合を想定して、提案したマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法と従来型送信電力法との性能比較をおこなう。メディアは実在環境を考慮して通信速度が速いものほど目標のビット誤り率が低くなるように設定してある。

表 7.3: 3 種類のメディアタイプ

メディアタイプ	A	B	C
通信速度	96kbps($G=208$)	192kbps($G=104$)	384kbps($G=52$)
要求されるビット誤り率	$5.0e-02$	$5.0e-03$	$5.0e-04$

7.2.2 シミュレーションモデル

シミュレーションモデルは 2 種類のメディアタイプの場合と同じである。シミュレーションの設定は以下のようになっている。

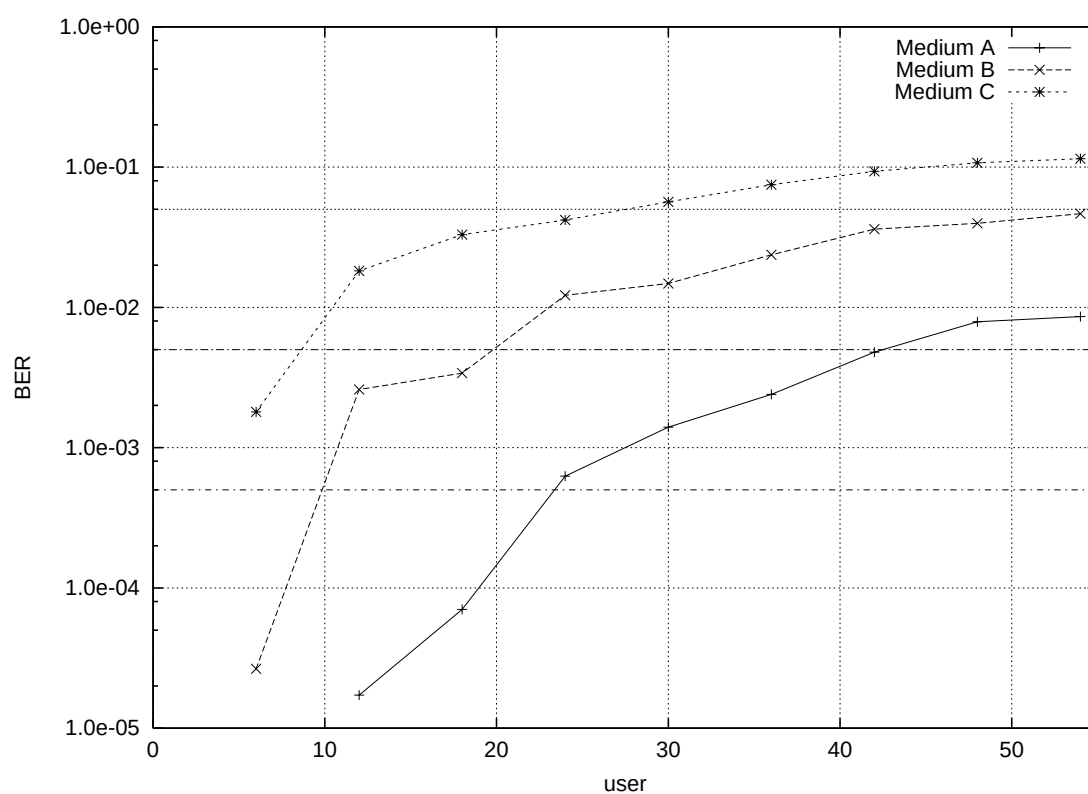
表 7.4: シミュレーションの設定

通信帯域幅	20MHz
通信速度	96kbps($G=208$), 192kbps($G=104$), 384kbps($G=52$)
要求されるビット誤り率	$5.0e-02$ (96kbps), $5.0e-03$ (192kbps), $5.0e-04$ (384kbps)
位相シフト最小単位	1/10 チップ
ガウスノイズ	15dB(96kbps チャンネルに対して)

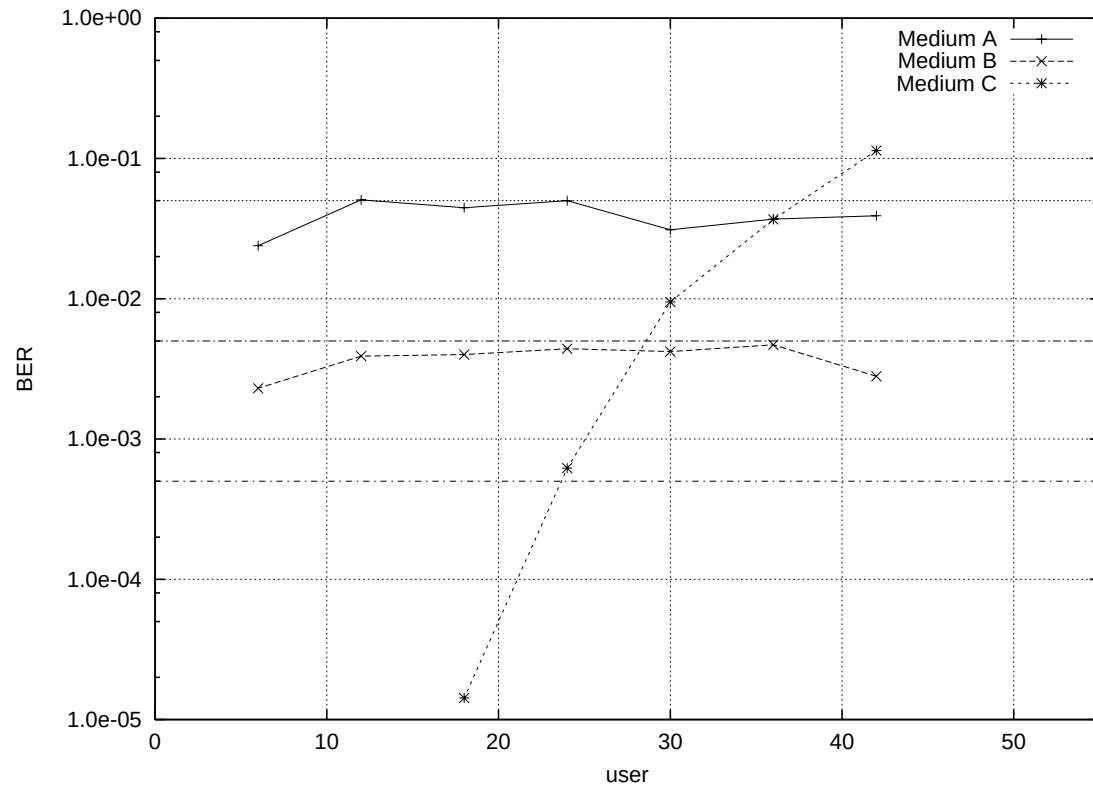
7.2.3 メディアタイプ A,B,C を 3:2:1 で発生させた場合のシミュレーション

メディアタイプ A,B,C を 3:2:1 で発生させた場合のシミュレーションを行う。

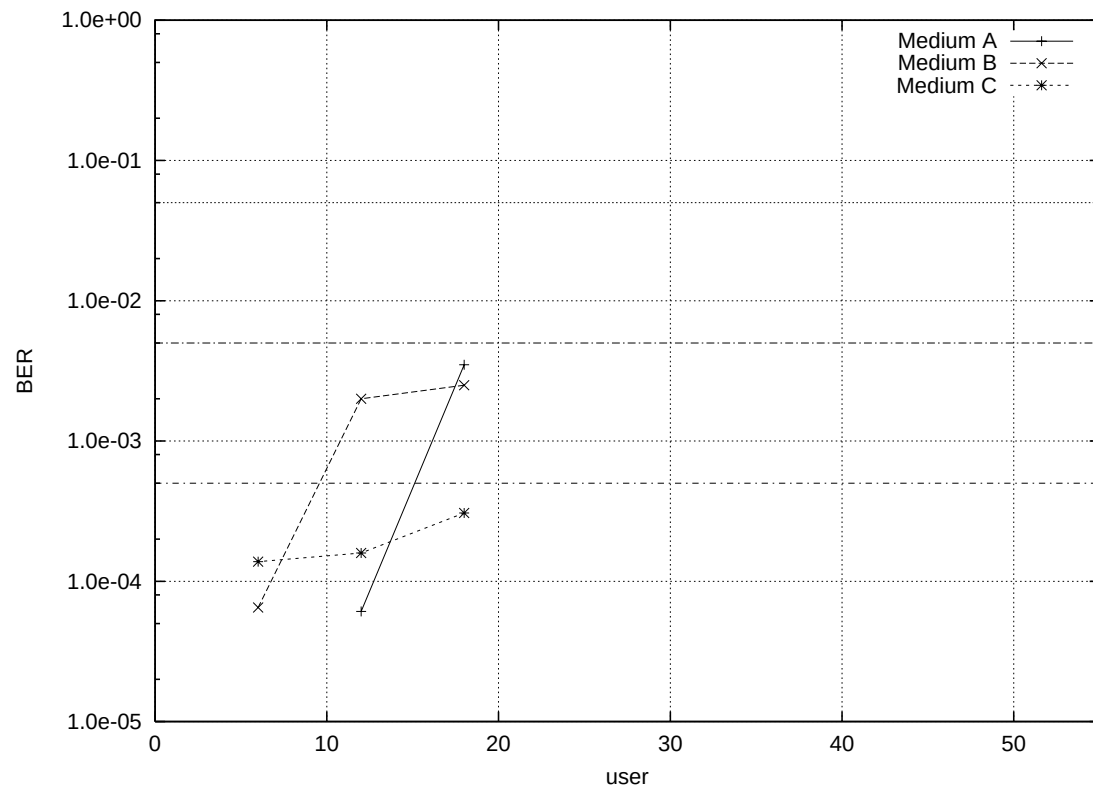
- 従来型送信電力制御法のシミュレーション



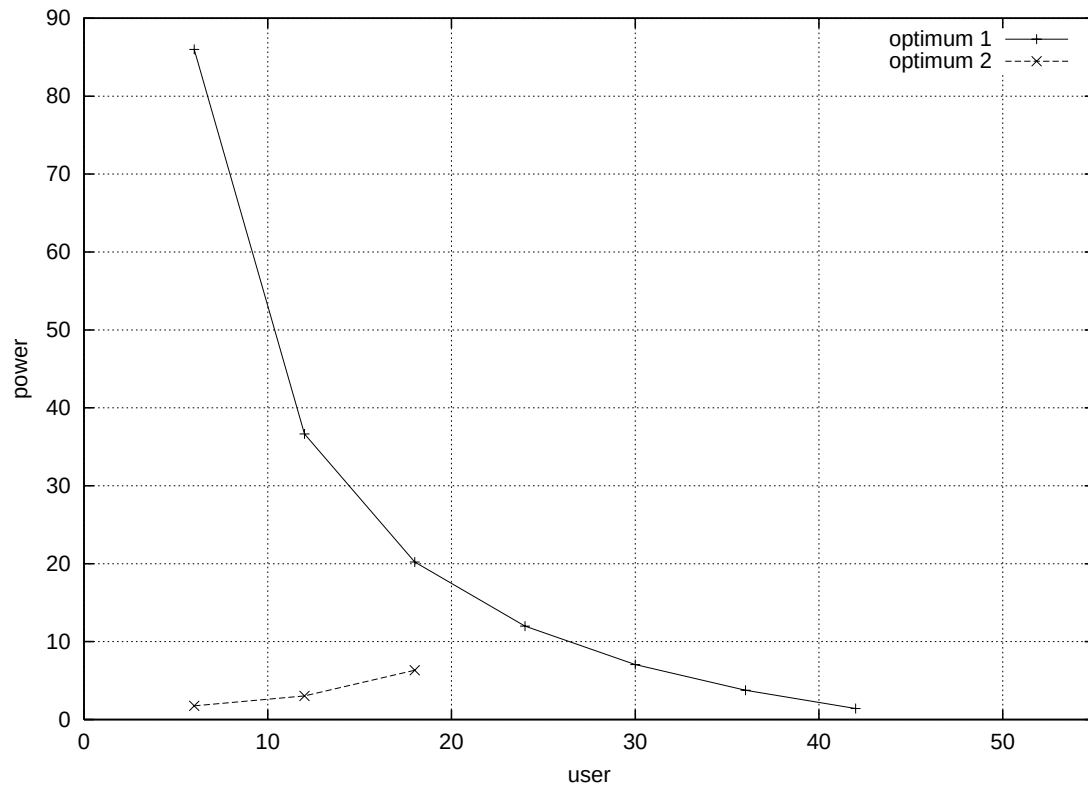
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション 1
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行しない)



- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション2
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行する)



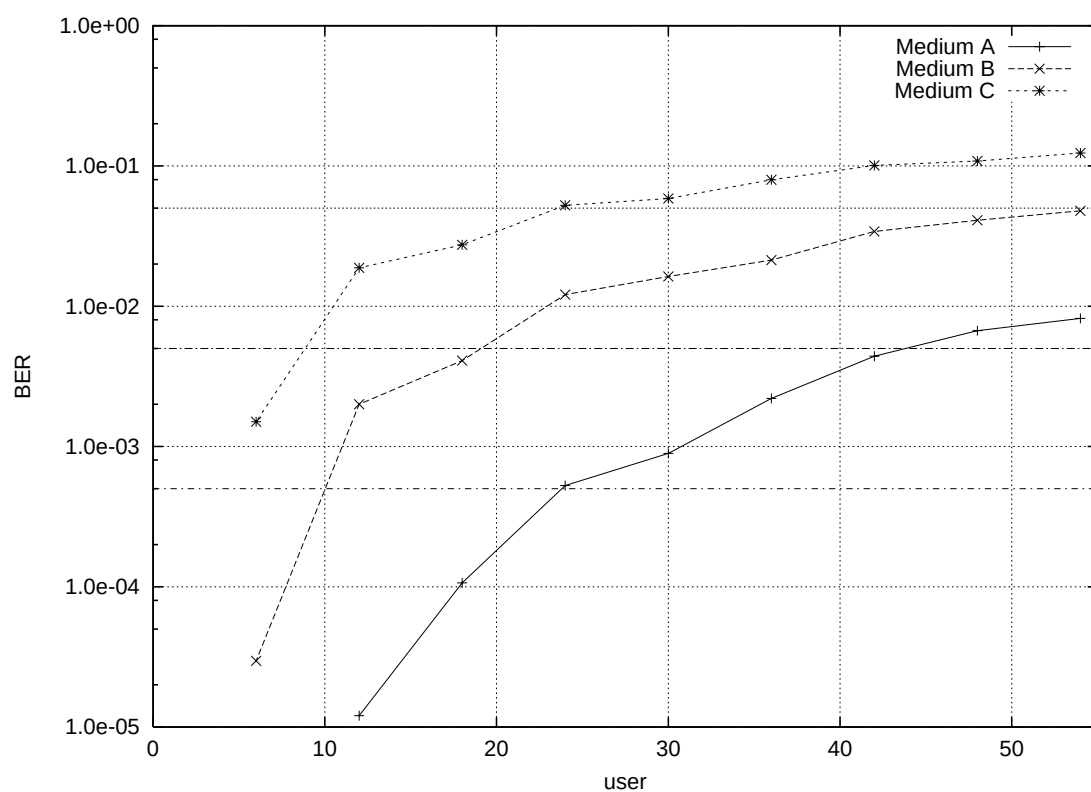
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法におけるメディアCのターゲット受信電力の変動



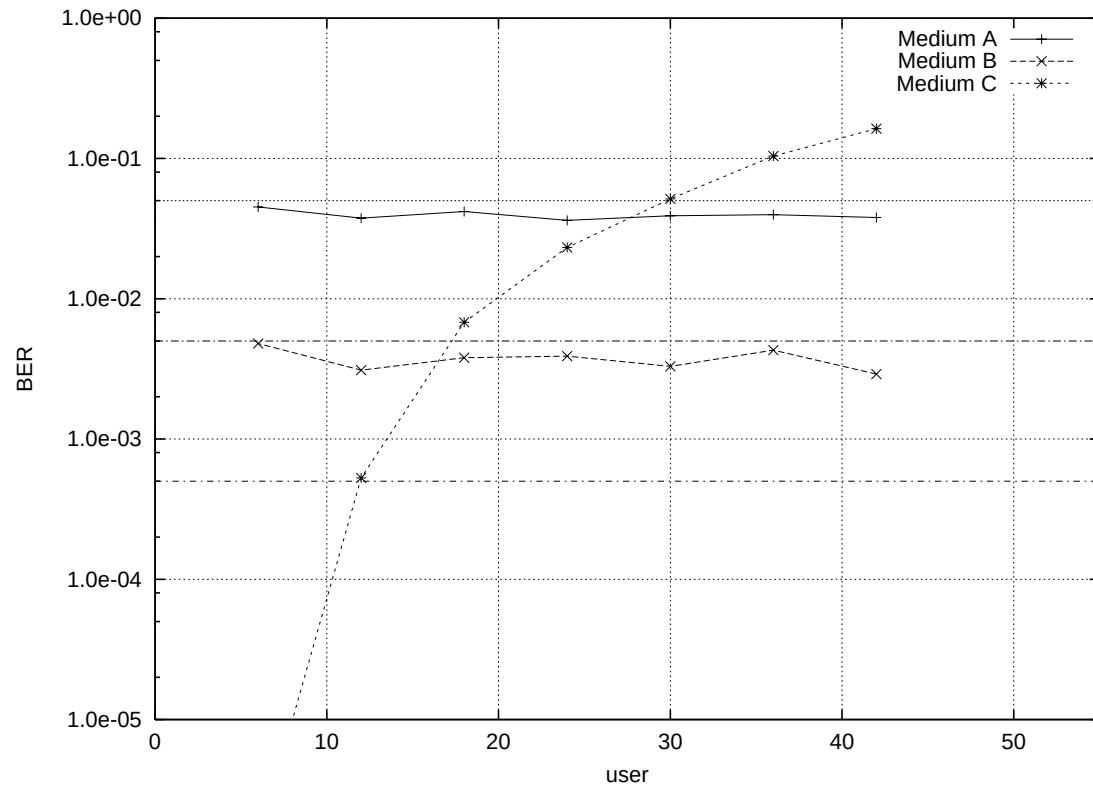
7.2.4 メディアタイプ A,B,C を 1:2:3 で発生させた場合のシミュレーション

メディアタイプ A,B,C を 1:2:3 で発生させた場合のシミュレーションを行う。

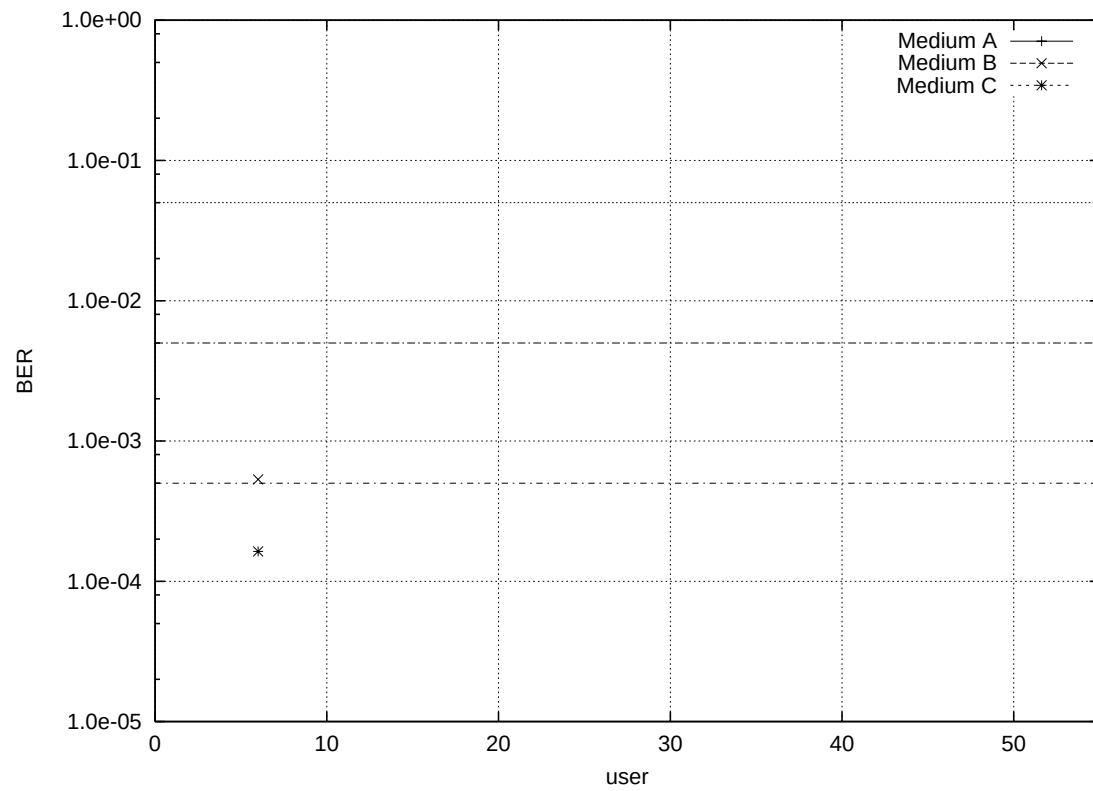
- 従来型送信電力制御法のシミュレーション



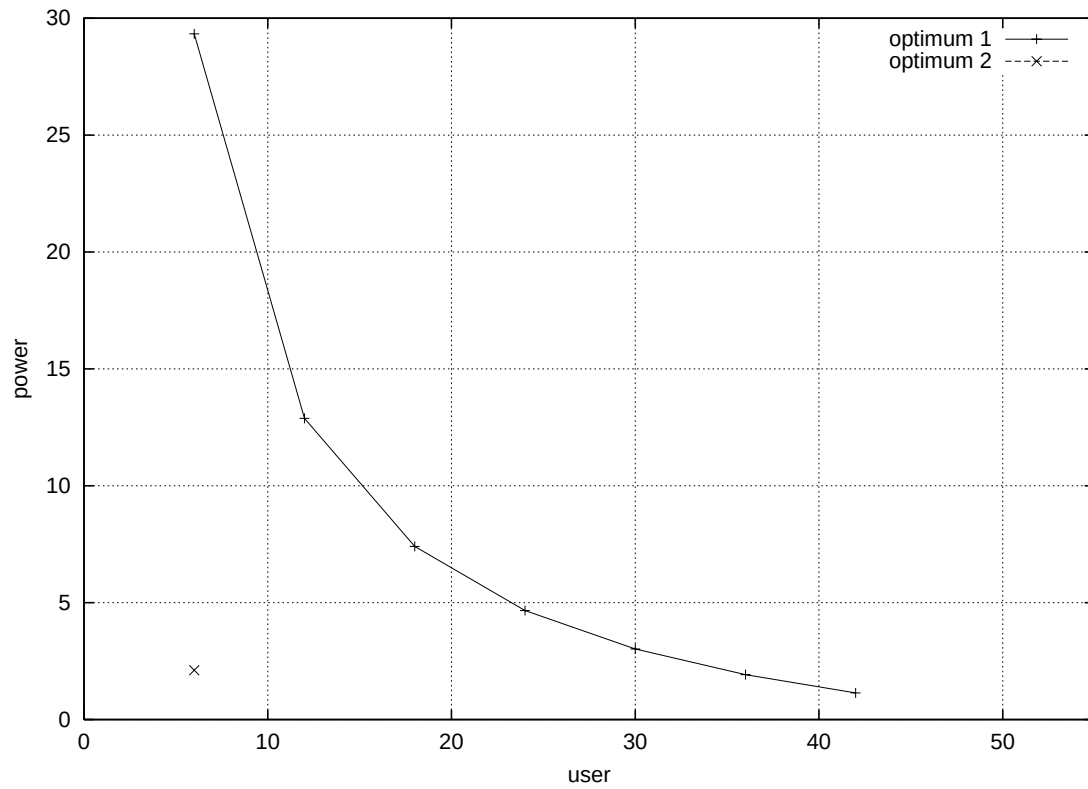
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション 1
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行しない)



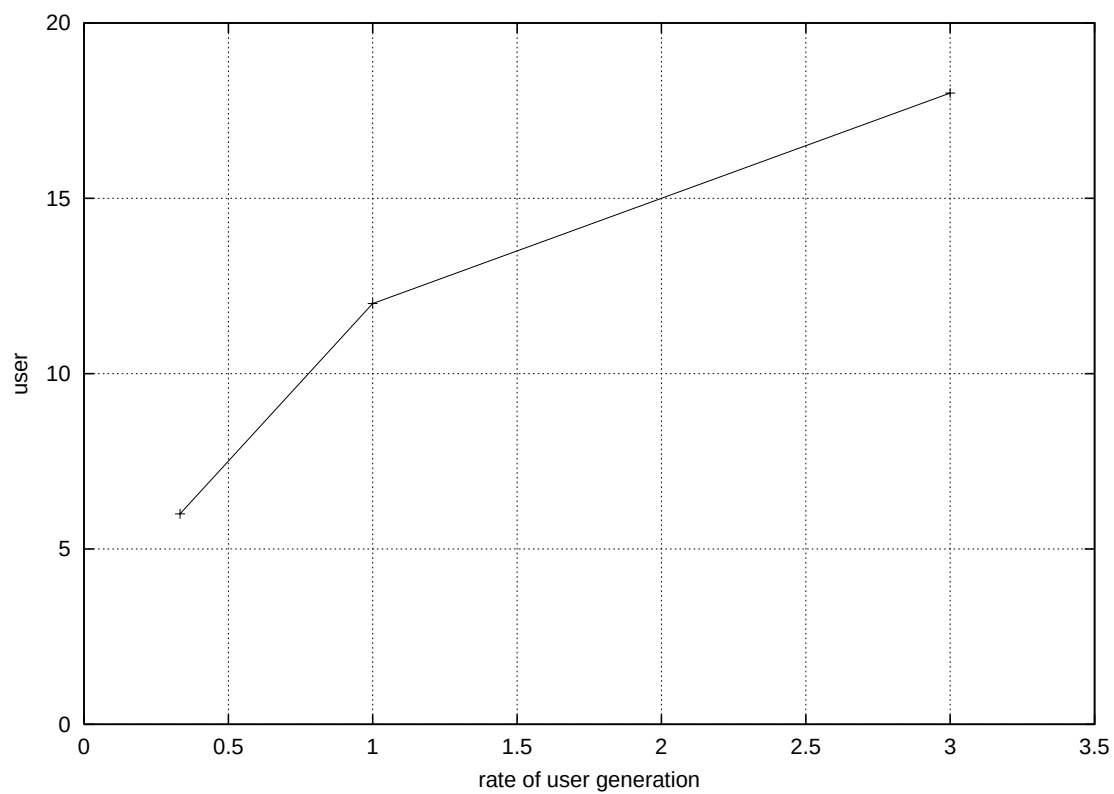
- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法のシミュレーション2
(チャンネル受付制御・ターゲット受信電力低減を実行する)



- マルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法におけるメディアCのターゲット受信電力の変動



7.2.5 メディアのチャネル発生比率を変化させたときのマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法における収容ユーザ数の変動



第 8 章

考察

8.1 シミュレーション

シミュレーション結果から次のことが分かる。

- ターゲット受信電力を全てのメディアで同一にする従来型の送信電力制御法では、通信速度が遅く拡散率が高いメディア A,B,C の順にビット誤り率が低くなり、要求される条件とは逆になってしまうことから、ターゲット受信電力の配置に無駄があることが分かる。
- 3 種類のメディアが存在する環境でチャンネル受付制御及びターゲット受信電力低減アルゴリズムを使用しない場合、メディア A,B ともに要求されるビット誤り率よりわずかに低い値をとり、メディア A,B の余剰電力をメディア C に配分する機能が正確に働いていることが分かる。また、メディア B を配置する際の干渉電力の余分な見積もりの影響は少ないことが確認できる。
- 3 種類のメディアが存在する環境でチャンネル受付制御及びターゲット受信電力低減アルゴリズムを含んだ、ターゲット受信電力配置アルゴリズムを使用してシミュレーションを行った場合、ターゲット受信電力低減アルゴリズムによりメディア B,C のターゲット受信電力が減り、その分メディア A また B に対する干渉電力が減少し過剰品質になる。また電力低減が行われても、収容ユーザ数はチャンネル受付制御、ターゲット受信電力低減アルゴリズムを使用しない場合と同様であり。このときメディア A,B,C ともに要求されるビット誤り率を達成していることから、チャンネル受付及びターゲット受信電力低減のアルゴリズムが正確に機能していることが分かる。

- ターゲット受信電力を全てのメディアで同一にする従来型の送信電力制御法と比較して、提案したマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法は収容可能ユーザ数を増加させることを確認した。また、通信速度が遅く要求品質が低い、ターゲット受信電力が小さくてもよいメディアのチャンネルの発生比率が多くなるほど、収容ユーザ数が増加することが分かった。

以上のことから、提案したマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法は有効であり、そのためのアルゴリズムも正確に動作していると言える。

8.2 高速、高品質トラヒックのためのチャンネル予約機能

提案したマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法では、各メディアタイプのチャンネル数によりターゲット受信電力を決定するため、アルゴリズムを実行する際に余分にチャンネル数を確保しておくことでチャンネル予約機能が実現できる。この機能は混雑地域の通信において確保が難しい、高速で高品質が要求されるメディアのチャンネル確保に役立つと考えられる

8.3 提案したアルゴリズムによるチャンネル受付可能数と実際の最大チャンネル受付可能数との比較

提案したターゲット受信電力配置アルゴリズムでは gch2 の配置を求めるために干渉電力として余剰電力の最大値を設定している。そのため実際の最大収容ユーザ数に比べて受付可能と判断されるユーザ数が少なくなる恐れがある。そこでチャンネル群 gch2、gch3 の配置を決定するために、式 (5.6) を用いて次のような連立不等式を立てる。

$$T_2 \leq \frac{G_2 E_{c2}}{k_1 E_{c1} + (k_2 - 1) E_{c2} + k_3 E_{c3} + n_o} \quad (8.1)$$

$$T_3 \leq \frac{G_3 E_{c3}}{k_1 E_{c1} + k_2 E_{c2} + (k_3 - 1) E_{c3} + n_o} \quad (8.2)$$

また、gch2、gch3 に配置されるターゲット受信電力の合計は gch1 を配置した時の余剰電力 E_{cx1} 以下でなければならないため次のような不等式が成り立つ。

$$k_2 E_{c2} + k_3 E_{c3} \leq E_{ex1} \quad (8.3)$$

また、受信電力は次の条件を満たさなければならない。

$$0 < E_{c2} \quad (8.4)$$

$$0 < E_{c3} \quad (8.5)$$

ここで各パラメータを表 8.1 のように設定する。

表 8.1: 各メディアのチャネル群のパラメータ

チャネル群	gch1	gch2	gch3
ユーザ数	$k_1 = 15$	$k_2 = 4$	$k_3 = 2$
拡散率	$G_1 = 208$	$G_2 = 104$	$G_3 = 52$
ターゲット $\frac{E_b}{N_o}$	$T_1 = 2.0$ (3dB)	$T_2 = 5.0$ (7dB)	$T_3 = 7.9$ (9dB)

$E_{c1} = 1.0$ とする。 n_o は 96kbps のチャネルに対して 15dB とすると式 (5.7) より、 $n_o = 6.6$ となる。また E_{ex1} は式 (5.9) より $E_{ex1} = 83.4$ となる。

このとき、式(8.1),(8.2),(8.3)より次の不等式が導かれる。

式(8.1)より

$$E_{c3} \leq 8.9E_{c2} - 10.8 \quad (8.6)$$

式(8.2)より

$$E_{c3} \geq 0.7E_{c2} + 3.9 \quad (8.7)$$

式(8.3)より

$$E_{c3} \leq -2E_{c2} + 41.7 \quad (8.8)$$

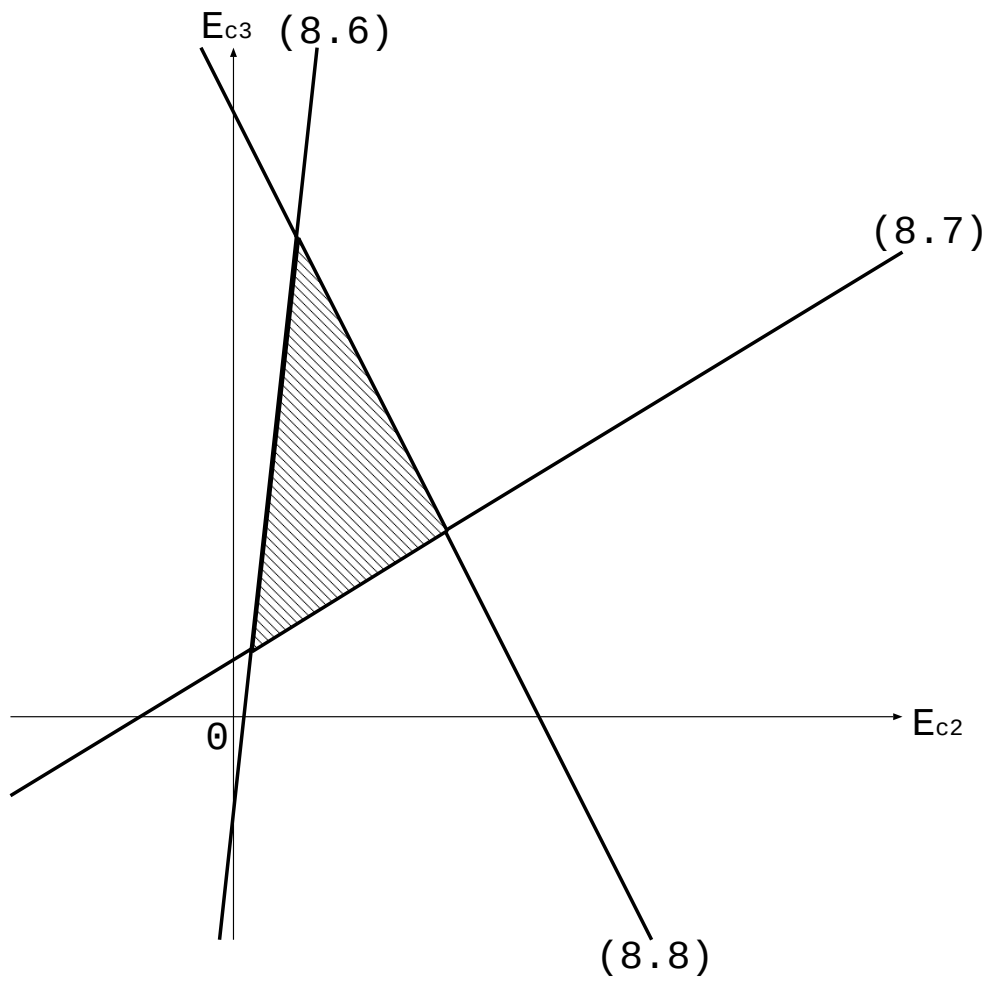
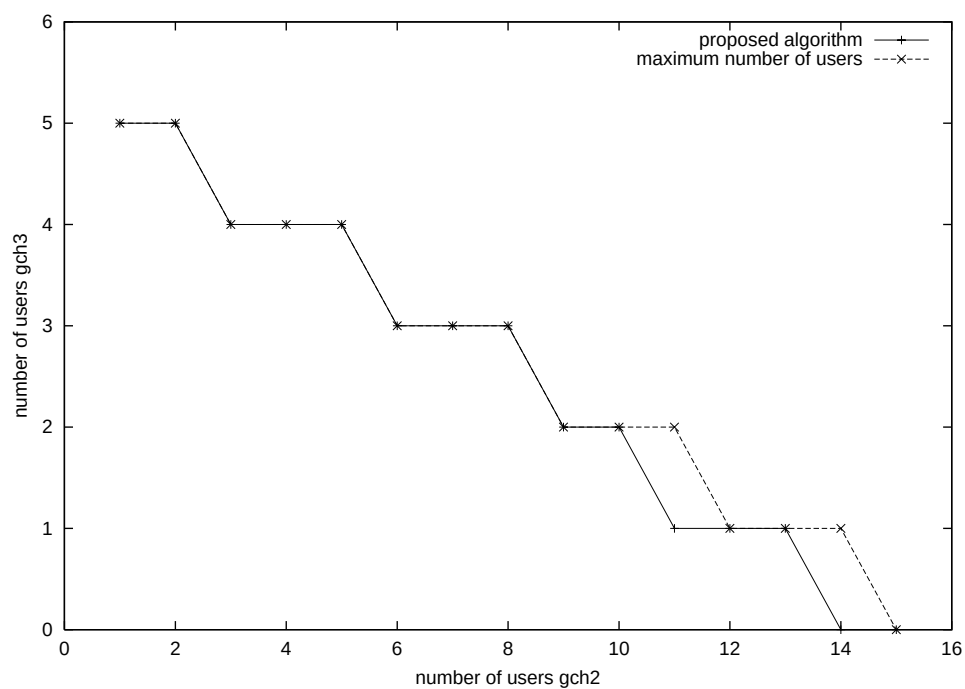


図 8.1: 不等式によるチャネル受付

この(8.6),(8.7),(8.8)に囲まれた斜線部分が $0 < E_{c2}$ 、 $0 < E_{c3}$ に存在すればチャネル受付が可能であることを示している。

提案したアルゴリズムによるチャネル受付数と、この不等式による最大チャネル受付可能数との比較を行うと、次のようになる。



第 9 章

結論

本論文の目的はユーザ数の増加や高速、高品質なメディアの通信の出現によるチャネル資源の枯渇に対応するために、DS-CDMA 方式の携帯電話システムにおいて周波数利用効率を向上させ収容可能ユーザ数を増加させることである。そこでマルチメディアトラヒックにおいて各メディアの要求する通信速度や品質が異なることに着目し、その要求に応じて受信側での最適なターゲット受信電力を設定し、それに従って送信側の送信電力を決定することで要求されたビット誤り率を保持しつつシステムの収容ユーザ数を増加させることができる新たなマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法を提案した。

そのためにまず DS-CDMA 方式の原理と従来型の送信電力制御法に関して述べ、次に本提案で使用する拡散符号の生成方式とその特性を述べた。そして、実際にターゲット受信電力を決定するためのアルゴリズムを示した。このアルゴリズムは通信速度が遅く、要求品質の低いメディアの余剰電力に注目し、その余剰電力を大きいターゲット受信電力を必要とする通信速度が早く、要求品質が高いメディアのチャネルに振り分けることで無駄なく電力配分をすることを狙っている。またこれにターゲット受信電力の低減化アルゴリズムを付加することで、他チャネルへの干渉電力の低減を行い、また送信機の消費電力の低減もおこなう。

この提案されたマルチメディアトラヒックに対応した送信電力制御法の有効性を確認するために計算機シミュレーションを行った。この結果、通信速度の遅く、要求品質の低いメディアのチャネルの割合が多いほど収容ユーザ数は増加することが確認された。これは通信速度の遅く、要求品質の低いメディアの余剰電力がターゲット受信電力配置アルゴリズムにより通信速度が早く、要求品質が高いメディアに適切に振り分けられていることを示している。実際の通信環境においても通信速度が遅く、要求品質が低い、音声通話の割合が全トラヒックの 5 割以上であると考えられるため、本提案によるマルチメディアトラ

ヒックに対応した送信電力制御法は実在環境においても威力を発揮するものと考えられる。また各メディアのチャネル発生比率がどのような場合でも、従来型の送信電力制御法と比べて多くの収容ユーザ数を確保できることを確認した。またターゲット受信電力低減アルゴリズムによりターゲット受信電力を低減しても、全てのメディアのチャネルにおいて目標のビット誤り率を保持し、かつ収容可能ユーザ数を減少させないことを確認した。このターゲット受信電力低減機能は他のセルのチャネルに対する干渉を削減させ、また送信機の消費電力を減少させることが可能である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始熱心かつ寛容な御指導を賜りました日比野 靖教授に心から感謝いたします。

また、適切なお助言を頂きました本学の堀口 進 教授、篠田 陽一 助教授、宮崎 純 助手に深く感謝いたします。

その他、貴重なご意見、御討論を頂きました日比野研究室の皆様をはじめ、多くの方々の御助言に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Jhong Sam Lee, Leonard E. Miller, CDMA Systems Engineering Handbook, Artech House, 1998.
- [2] Tero Ojanpera, Ramjee Prasad, Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications, Artech House, 1998.
- [3] Hui Liu, Signal Processing Applications in CDMA Communications, Artech House, 2000.
- [4] 丸林元, 中川正雄, 河野隆二, スペクトル拡散通信とその応用, 電子情報通信学会, 1998.
- [5] Ramjee Prasad, (倉本實, 安達文幸 訳), CDMA 移動体通信システム, 科学技術出版社, 1997.
- [6] 横山光雄, スペクトル拡散通信システム, 科学技術出版社, 1988.
- [7] Andrew J. Viterbi, CDMA Principles of Spread Spectrum Communication, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1995.
- [8] John B. Groe, Lawrence E. Larson CDMA Mobile Radio Design, Artech House, 2000.
- [9] 藤井輝也, 今井哲朗, 広帯域 DS-CDMA 移動通信方式における有効パス数に関する一検討, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J82-B No.10 pp.1923-1927, 1999/10.
- [10] 伊藤 匠, 三瓶 政一, 森永 規彦, 回線交換端末共存下における可変処理利得制御を適用した DS/CDMA 無線パケット伝送システムの伝送特性, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J83-B No.1 pp.39-48, 2000/1.

- [11] 森 香津夫, CDMA Slotted-ALOHA パケット通信におけるチャネル負荷適応型送信電力制御法 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J82-B No.5 pp.1012-1021, 1999/5.
- [12] 藤井輝也, 三木義則, 広帯域 DS-CDMA 方式における送信電力制御適用時の受信レベル特性の解析 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J82-B No.5 pp.2300-2310, 1999/12.
- [13] Mohammad Saquid, Roy D. Yates, Anand Ganti, Power Contorol for Asynchronous Multirate Decorrelator IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS,VOL.48,NO.5,MAY 2000.
- [14] Branislav M.popovic, Spread Sequences for Multicarrier CDMA System IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS,VOL.47,NO.6,JUNE 1999.