

FOMAの無線ネットワーク設計概要

その1 W-CDMAの容量設計と無線回線設計の基礎

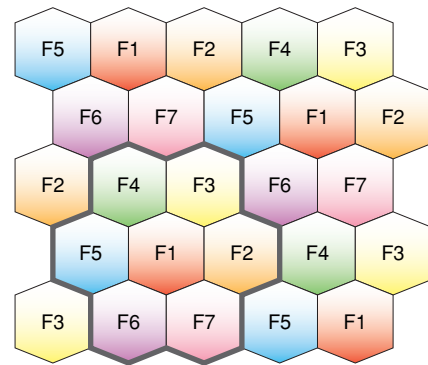
FOMAサービスの基礎となるW-CDMAの容量設計および無線回線設計について概説する。W-CDMAでは、全基地局で同じ周波数が用いられ常に干渉が存在する状態でシステムが動作するため、容量・セル半径、品質などのバランスを保ちながら全体をコーディネートする必要がある。上り回線と下り回線の設計アプローチはやや異なるため、個別に説明する。

いしかわ よしひろ
石川 義裕

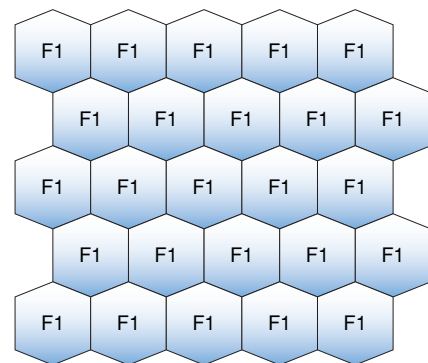
はやし たかひろ
林 貴裕

いわむら みきお
岩村 幹生

概念図である。各々の六角形は1つの無線基地局装置（BTS：Base Transceiver Station）によってカバーされるエリアで、「セル」とよばれる。図1(a)はPDC方式での周波数繰り返しの例で、同一のチャンネルは干渉を避けるために地理的に離れたセルで使用される。図1(b)のW-CDMAの場合には、自セル内および周辺セルの全通信は干渉となるが、復調時に逆拡散の過程で通信に影響のないレベルに抑圧される。このように、W-CDMAは常に干渉が存在する状況で動作し、特別に複雑な設計・制御を行うことなく共通の周波数帯を各セルで柔軟に共有することができる。



(a) PDC方式での周波数繰り返し
(7セル繰り返し)



(b) W-CDMA方式での周波数繰り返し
(全セルで同一キャリアが使用可能)

図1 周波数繰り返しの概念図

1. まえがき

FOMAサービスは、無線アクセス方式として広帯域符号分割多元接続方式（W-CDMA：Wideband Code Division Multiple Access）を採用している[1], [2]。W-CDMAは、従来のデジタル携帯電話方式（PDC：Personal Digital Cellular）などと同様に多数の無線ゾーン（セル）を用いてサービスエリアをカバーするセルラ方式であることには変わりはない。しかし、すべてのセルで同じ周波数キャリアを使用するので、周波数分割多元接続方式（FDMA：Frequency Division Multiple Access）や時分割多元接続方式（TDMA：Time Division Multiple Access）が必要としていた周波数配置設計は不要となる。図1は周波数繰り返しの

ところが、他の通信から受ける干渉が極端に大きくなってしまふと所望の品質が維持できなくなってしまうため、同時に通信できるユーザ数には自ずと限界がある。後で説明するが、W-CDMAの容量（ユーザ数）は、品質およびセル半径とトレードオフの関係にある。できるだけ容量が大きくなるようにこれらの関係のバランスを保たせながら全体をコーディネートするのが無線ネットワーク設計である。

本稿では、まず、W-CDMAの上り（移動局（MS：Mobile Station）送信、BTS受信）および下り回線（BTS送信、MS受信）の容量の考え方について説明し、続いて、容量とセル半径の設計を行う無線回線設計について説明する。

2. W-CDMAの容量の考え方

2.1 上り回線

他セル干渉のない（孤立セル）上り回線に単一サービスのユーザが複数存在する場合を例にとって説明する。W-CDMAでは、所定の通信品質を保ちつつ送信電力を最小限に抑え、さらには干渉を最小限に抑えるため、送信電力制御（パワコン）が適用される。ユーザ数を N 、所定の品質を得るために受信側で必要な平均の E_b/I_0 を $(E_b/I_0)_{req}$ 、ユーザ情報の伝送速度を R [bit/s]、チップレート B [chip/s]の R に対する比を pg 、熱雑音電力密度を N_0 [W/Hz]（受信機の雑音指数NFを含む）とすると、送信電力制御の結果、

$$\frac{E_b \cdot R \cdot pg}{E_b \cdot R \cdot (N-1) + N_0 \cdot B} = (E_b/I_0)_{req} \quad (1)$$

となるよう、 E_b が調整される。 E_b はユーザ情報1ビット当りの平均受信エネルギーであり、パイロットシンボルやパワコンビットなど、ユーザ情報以外の部分のエネルギーをもすべて含んだ値である。 $(E_b/I_0)_{req}$ の値は、例えば単一チャネルの拡散/逆拡散の過程や誤り訂正符号化、高速フェージングなどを詳細にモデル化した、いわゆるリンクレベルシミュレーションによって計算される。式(1)はユーザ数 N の増加にともなって所要の受信電力(E_b)が急激に増大し、やがては発散する性質を示す。したがって、式(1)を N について解いて E_b に関して極限をとることにより、限界容量 C_0 を、

$$C_0 = \lim_{E_b \rightarrow \infty} N = \lim_{E_b \rightarrow \infty} \left(\frac{pg}{(E_b/I_0)_{req}} + 1 - \frac{N_0 \cdot pg}{E_b} \right) = \frac{pg}{(E_b/I_0)_{req}} + 1 \quad (2)$$

と、計算できる。これはポールキャパシティ (pole capacity) とも呼ばれている。式(2)から、品質を下げる ($(E_b/I_0)_{req}$ を小さくする) と容量が大きくなることが分かる。このように、W-CDMAでは容量と品質の間にトレードオフの関係

がある。

ところが、現実には、受信電力を無限に大きくすることはできないため、許容干渉量を示す量として干渉マージン η が用いられる。干渉マージン η は次式のように定義され、トータルの干渉量（熱雑音電力を含む）が熱雑音と比較してどの程度の大きさを示す量である。

$$\eta = \frac{E_b \cdot R \cdot N + N_0 \cdot B}{N_0 \cdot B} \quad (3)$$

式(3)を E_b について解いて式(1)で使うと、許容干渉量が有限の場合の容量 C は、

$$C = N_{|\eta} = \left(\frac{pg}{(E_b/I_0)_{req}} + 1 \right) \cdot (1 - \eta^{-1}) = C_0 \cdot (1 - \eta^{-1}) \quad (4)$$

と求められる。 η を大きくすると容量 C は大きくなるが、BTSにおいて大きな受信電力が必要となり、MSに大電力の送信能力が必要となる。通常、MSの最大送信電力はあらかじめ決まっている。また、送受信点間の距離が長くなるほど、受信側に到達する電力は弱くなってしまふので、 η を大きくすると到達距離（セル半径）は減少することになる。つまり、容量とセル半径の間にはトレードオフの関係があり、それらの相互関係は干渉マージン η により調整可能である。その様子を示したのが図2であり、 C_0 で規格化した C と η の関係を示している。なお、干渉マージンは、ロードマージン (load margin) とも呼ばれている[3]。複数セルの場合には、他セルからの干渉電力と自セル内の干渉電力の比 f を使うことにより、容量 C は、

$$C = \left(\frac{pg}{(E_b/I_0)_{req}} + 1 \right) \cdot \frac{1}{1+f} \cdot (1 - \eta^{-1}) = C_0 \cdot \frac{1}{1+f} \cdot (1 - \eta^{-1}) \quad (5)$$

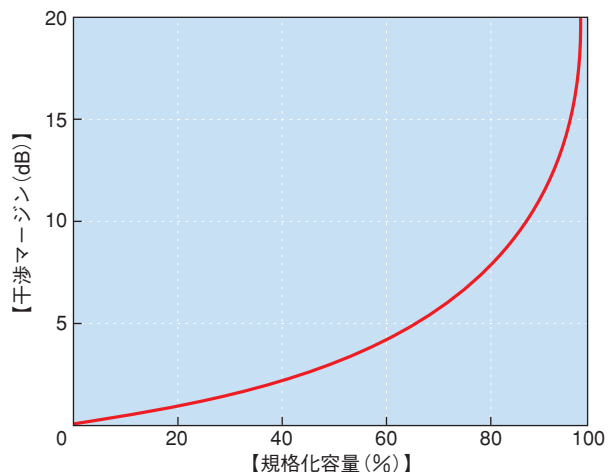


図2 干渉マージンと規格化容量の関係

と計算できる。このパラメータ f の値は、伝搬損失の距離特性やシャドウイング変動の標準偏差などによりさまざまな値をとるが、都市部の標準的な条件を前提とすると0.7前後の値である[4]。なお、干渉量の平均値を用いてシステム容量を概算したが、干渉量は接続ユーザ数や各ユーザの配置、また、無音圧縮伝送（VOX：Voice Operated transmission）や送信オフモード（DTX：Discontinuous Transmission）などによって、常に変動する。干渉量の変動特性を考慮すれば、さらに精度良くシステム容量を算出することができる[5], [6]。

2.2 下り回線

次に、下り回線のシステム容量の基本的な考え方を示す[4], [7]。上りと同様、単一サービスを仮定する。BTS（全J局）から単位電力（1W）で送信されるチャネルをあるMSで受信して、受信電力の高い順にならべたものを、 r_1, r_2, \dots, r_j とする。BTSのトータルの送信電力を P_{total} 、着目するチャネルに配分された電力がトータルの送信電力に占める割合を ξ とし、当該チャネルの所要の受信 E_b/I_0 を $(E_b/I_0)_{req}$ とすると

$$(E_b/I_0)_{req} = r_1 \xi P_{total} \left[\frac{1}{\beta g} \left(r_1 P_{total} \gamma + \sum_{j=2}^J r_j P_{total} \right) + N_0 R \right]^{-1} \quad (6)$$

を満たすよう ξ が設定されている必要がある。送信電力制御によって、ユーザごとに式(6)を満たすよう ξ がコントロールされる。ただし、 γ は直交係数（orthogonality factor, $0 \leq \gamma \leq 1$ ）で、互いに直交な拡散符号を用いることにより、自セル内干渉に限り干渉が低減されていると仮定している。この γ の値はマルチパスなどの状況により変動するが、おおむね0.5前後と考えられる。式(6)を ξ について解くと、

$$\xi = \frac{(E_b/I_0)_{req}}{\beta g} \left(\gamma + \sum_{j=2}^J r_j / r_1 + \frac{N_0 B}{r_1 P_{total}} \right) \quad (7)$$

が得られる。 $\gamma = 1$ （非直交）とすると、文献[4], [7]における電力配分を求める式に一致する（定義の違いから、文献[4], [7]の $\phi\beta$ が本稿の ξ に相当する）。トータル送信電力 P_{total} のうち $1-\beta$ が共通パイロットチャネル（CPICH：Common Pilot CHannel）や、報知情報、ページング情報などを送出する共通制御物理チャネル（CCPCH*：Common Control Physical CHannel）に割り当てられ、残りの β は各ユーザで共有されるとすれば、システム容量Cは、

$$C = \beta / E[\xi] \quad (8)$$

と、概算できる。ここで式(8)において、 $E[\xi]$ は ξ の期待値

である。式(7)および(8)より、下り回線においても、容量と品質の間にトレードオフの関係があることが分かる。また、セル半径を大きくすると r_1 は小さくなり、相対的に熱雑音の寄与が大きくなるため容量が減少する。上り回線同様、容量とセル半径の間にもトレードオフの関係がある。式(8)では ξ の期待値を用いたが、もちろん、 ξ の分布を求めることにより、トータルの送信電力が不足する確率（アウトページ）を一定値に抑えるよう設計してもよい。さらに、 ξ を計算する式(7)においてダイバーシチハンドオーバー（DHO：Diversity HandOver）を考慮するなどすれば、さらに精度良く容量を求めることができる。

最近の下り回線のリンクレベルシミュレーションでは、場所による干渉の違いを表現するパラメータとして、自セルから送信される全電力をMSにて受信したときの電力密度 \hat{I}_{or} [W/Hz]、その他のすべてのセルから送信される全電力をMSにて受信したときの電力密度 I_{oc} [W/Hz]、および受信機の熱雑音電力密度（受信機の雑音指数NFを考慮した値であるとする） N_0 [W/Hz]を用いて計算される $\hat{I}_{or} / (I_{oc} + N_0)$ が広く用いられる。 $\hat{I}_{or} / (I_{oc} + N_0)$ の値は、MSがBTSの近くに位置する場合には、 \hat{I}_{or} が大きく I_{oc} は小さくなるので大きく、反対にBTSから遠くセル端に位置する場合には小さくなる。このように、MSの位置に対応して値が変化するため、このパラメータは時にジオメトリ（geometry）などと呼ばれる場合もある[8]。ジオメトリ G を用いて式(7)を書き換えると、

$$\xi = \frac{(E_b/I_0)_{req}}{\beta g} \left(\gamma + \sum_{j=2}^J r_j / r_1 + \frac{N_0 B}{r_1 P_{total}} \right) = \frac{(E_b/I_0)_{req}}{\beta g} \left(\gamma + \frac{1}{G} \right) \quad (9)$$

となる。さらに、受信 $(E_b/I_0)_{req}$ を評価することなく、ある G に対して必要な電力配分 $\xi(G)$ を直接求めるようリンクシミュレーションを行うことにより、容量Cは、

$$C = \frac{\beta}{\int_0^\infty \xi(G) \cdot p(G) dG} \quad (10)$$

と、計算することができる。ただし、 $p(G)$ はジオメトリの確率密度分布[9]であり、その分布はセル構成や伝搬特性などによって変わる。 $p(G)$ はセル構成やアンテナ特性、伝搬特性などをモデル化した、いわゆるシステムレベルシミュレーションなどにより導出することが可能である。もちろん、この場合にも分母を平均値ではなく分布としてとらえることで、より精度良く容量を計算することができる。

* 本稿において、CCPCHはシステム上に複数存在する共通制御物理チャネル（PCCPCH、SCCPCH）の総称を示す。

2.3 受付制御

W-CDMAでは、多数のユーザが同一の周波数帯を共有しており、各々の信号は特別なタイミング制御などによらず、統計的に多重されている。多数のユーザを受け入れると、品質が満たされない確率は高くなるか、もしくはセル半径が小さくなる。逆に、ユーザの受入れを厳しく制限すると、ユーザ数が抑えられる分干渉量が低減されて品質やセル半径を保つことができる一方、容量が小さくなってしまふ。ここで、受け入れられたユーザ数によってセル半径が変化する現象は一般にセルプリージングと呼ばれる。

これまでに説明したW-CDMAの容量の特徴から、上りはBTSにおける上り干渉量（拡散帯域内で受信されるトータルの電力）、下りはBTSの当該キャリアにおけるトータルの送信電力に基づき受付の可否を判定するのが妥当である。上り回線については、干渉マージンに相当する干渉量を超えた場合には新たなチャネルの設定を制限することで、セルプリージングを抑制し、高トラヒック時にセル半径が縮小することを防ぐことにつながる。一方、下り回線では、BTSのトータル送信電力がその最大値を越えないよう、新たなチャネルの設定を制限すれば、セルプリージングを抑制することが可能である。図3はセルプリージングと呼受付制御の関係を示す概念図である。もちろん、上下回線ともに回線設計上の干渉マージンあるいは最大送信電力を越えて積極的に受け付けるように設定するか、もしくは、BTSに近いMSのみ受け付けるように制御すれば、セル半径が縮小して周辺部に位置するMSの品質が劣化するなどの問題こそ発生するものの、システム容量を大きくすることができる。

3. 無線回線設計

3.1 上り無線回線設計

上り無線回線設計は、所要のセル半径やトラヒックに応じて干渉マージンを設定することが主な設計である。干渉マージンを導入することにより、上り回線設計については、従来の無線回線設計[10], [11]と同様の手法が適用できる。詳しくは、リンクバジェットの章で説明する。干渉マージンを大きくすると容量は大きくなるが、その分、BTSにおいて高い受信電力を必要とするため、MSにおいて必要な送信電力が増大する。反対に、干渉マージンを小さくするとMSの送信電力を低くすることができるが、容量が小さくなってしまふ。したがって、半径の小さいセルでは干渉マージンを大きくして容量を稼ぎ、半径の大きなセルでは容量を犠牲にして干渉マージンを小さくする。

3.2 下り無線回線設計

下り回線では、多数のユーザおよびCCPCHがBTSの限られたトータル送信電力を共有している。CCPCHはシステムに関する情報を放送したり、MSの呼出しやその他の制御情報を送ったりするチャンネルで、送信電力制御は適用されない。そのため、セル端でも所定の品質を満たすよう電力を適切に設定しなければならない。また、CPICHは、下りの各チャンネルを復調するための位相リファレンスとして使用されるので、ある程度の電力を確保できるように設計上特に配慮する必要がある。下りの電力配分のイメージ図を図4に示す。図中、 β は式(8)などに現れたもので、トータル送信電力のうち各ユーザにて共有される部分の割合を示している。CPICHへの電力配分が不足すると復調時のチャンネル推定誤差が大きくなり復調対象チャンネルの品質が劣

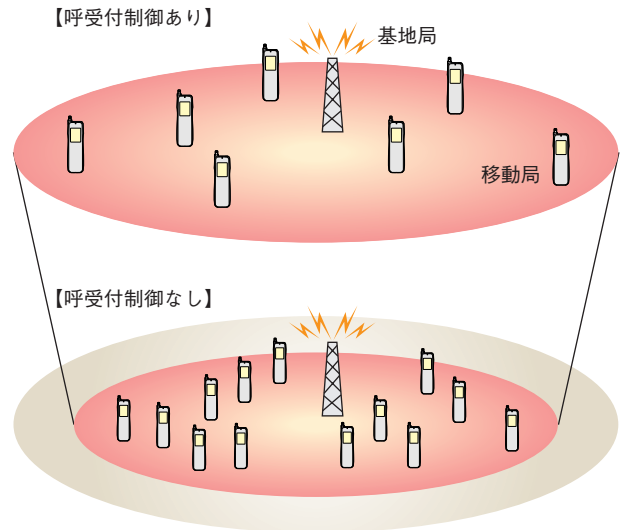
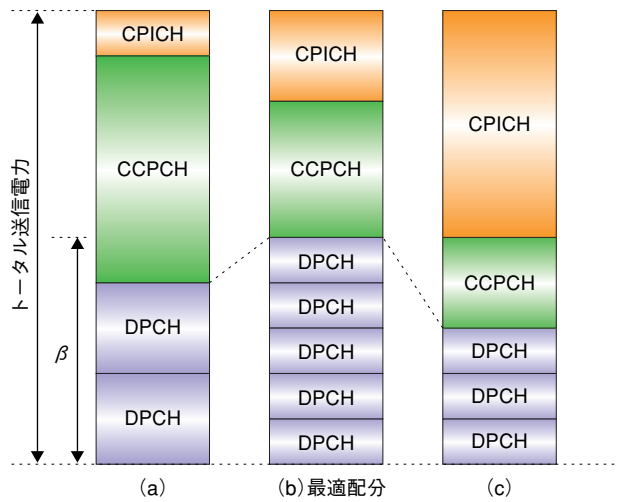


図3 セルプリージングと呼受付制御の関係



DPCH：Dedicated Physical CHannel（個別物理チャンネル）

図4 基地局送信電力配分の設計

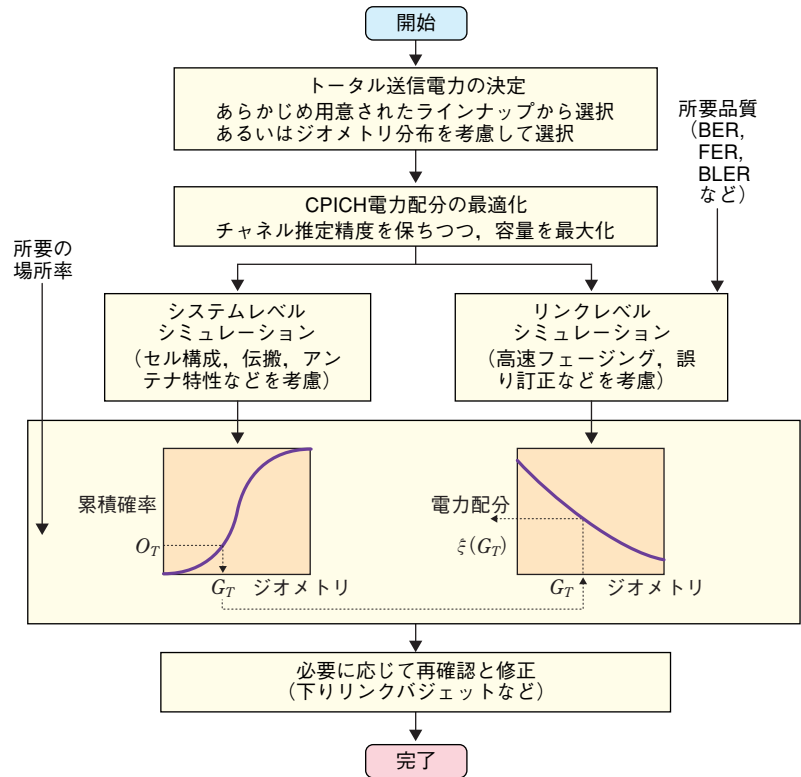
化するため、容量が減少する (図4(a)). また、MSがあるセルで待受状態に入るためには、CPICHの受信電力および品質が、規定値以上必要である[12]. CCPCHやCPICHには、ある程度の電力を割り当てなければならないが、過剰に割り当てると通信チャンネルの容量を圧迫することになる (図4(c)). 全体のバランスをうまくとりながら容量が最大化される最適配分 (図4(b)) へBTSのトータル送信電力および各チャンネルへの電力配分を追い込んでいくことが下り無線回線設計のポイントとなる。

図5に下り無線回線設計の流れを示す。まず、BTSのトータル送信電力の最大値を決定する。これは例えば、あらかじめ用意されている送信アンプのラインナップの中から選択してもよいし、所望のジオメトリ分布が得られるように決定してもよい。あるいは、文献[9], [13]のように詳細に検討して決定する方法もある。次に、チャンネル推定精度を保ちつつ容量の最大化を図れるよう、CPICHの送信電力を決定する[9], [14].

各CCPCHの電力の決定は以下のように行う。まず、リンクレベルシミュレーションにより与えられたジオメトリに対して所定品質を満たすために必要な電力配分を求めておく。一方、システムレベルシミュレーションにより、ジオメトリの累積確率分布 $F(G)$ を求める。場所的劣化率の設計目標値 O_T に対して、

$$O_T = F(G_T) \tag{11}$$

と、なるような G_T を求め、リンクレベルシミュレーション結果から、当該チャンネルの電力配分を $\xi(G_T)$ と設定すればよい。最後に、必要に応じて、次章で説明するリンクバジェットなどによる確認と修正、および待受けに必要なCPICHの受信電力の確認などを行う。さらに容量評価の結果も考慮し、上述の設計手順を繰り返すことによりさらなる精度向上を図ることができる。



BER : Bit Error Rate (ビット誤り率)
 BLER : BLock Error Rate (ブロック誤り率)
 FER : Frame Error Rate (フレーム誤り率)

図5 下り無線回線設計の流れ

表1 上り回線のリンクバジェット例

Service	12.2k-Speech	64 kbit/s	384 kbit/s
Quality of Service	BER 1e-3	BER 1e-6	BER 1e-6
a) Max Tx Power per TCH (dBm)	21.00	24.00	24.00
b) Tx Cable Loss (dB)	0.00	0.00	0.00
c) Tx ANT Gain (dBi)	0.00	0.00	0.00
d) Tx EIRP per TCH = a-b+c (dBm)	21.00	24.00	24.00
e) Rx ANT Gain (dBi)	17.00	17.00	17.00
f) Rx Cable Loss (dB)	1.00	1.00	1.00
g) Rx NF (dB)	5.00	5.00	5.00
h) Thermal Noise Density (dBm/Hz)	-174.00	-174.00	-174.00
i) Interference Margin (dB)	6.00	6.00	6.00
j) Total Noise+Interference Density = g+h+i (dBm/Hz)	-163.00	-163.00	-163.00
k1) Information Rate (kbit/s)	12.20	64.00	384.00
k2) Information Rate (dBHz)	40.86	48.06	55.84
l) Required Eb/ (N0+I0) (dB)	6.10	3.80	2.70
m) Rx Sensitivity = j+k2+l (dB)	-116.04	-111.14	-104.46
n) DHO Gain (dB)	3.00	3.00	3.00
o) Log-normal Fade Margin (dB)	5.30	5.30	5.30
p) Tx Power Increase	2.00	2.00	2.00
q) Building Penetration Loss (dB)	6.00	6.00	6.00
r) Max. Path Loss = d+e-f-m+n-o-p-q (dB)	142.74	140.84	134.16
s) Max. Range (km)	1.88	1.66	1.06

ANT : ANTenna (アンテナ)
 EIRP : Equivalent Isotropically Radiated Power (等価等方放射電力)
 Rx : Receiver (受信機)
 TCH : Traffic CHannel (情報チャンネル)
 Tx : Transmitter (送信機)

4. リンクバジェット例

セル半径の大きな見積りには従来と同様リンクバジェットを用いる。以下ではまず、上り回線のリンクバジェットを例に説明し、続いて下り回線のCCPCH電力配分の簡易確認手法を説明する[9]。

4.1 上りリンクバジェットの例

W-CDMAにおける上り回線のリンクバジェットの例を表1に示す。所要 E_b/N_0 については、国際電気通信連合・無線通信部門 (ITU-R: International Telecommunication Union-Radiocommunication sector) で規定される Vehicular Aチャンネル[15] (120km/hに相当する最大ドップラ周波数222Hz) の場合の例であり、文献[16]より引用している。DHOゲインとあるのは、いわゆるソフトハンドオーバー (SHO: Soft HandOver) によるマクロダイバーシチ利得をリンクバジェット上考慮した項目である。また、Tx Power Increaseは、高速フェージングに追随するため送信電力制御により送信電力が変動する分をマージンとして見込むための項目である。リンクバジェットによって計算されたMax. Rangeによって、おおよそのセル半径を決定できる。

4.2 下りリンクバジェットの例

ここでは、CPICHおよび下りCCPCHのリンクバジェットの例を説明する。CPICHのリンクバジェットでは、セル端においてあらかじめ定めた受信電力でCPICHが受信されるよう設計する。表2に下りCPICHのリンクバジェットの例を示す。セル端での受信電力が規定値 (この例では-115dBm) となるよう[12]、送信電力を決める設計となるため、考え方は従来のリンクバジェットと全く同様である。

表3にその他、下りCCPCHのリンクバジェットの例[9]を示す。他セルの干渉係数は、セル端において自セル以外の干渉が自セルからの電力に対してどの程度の大きさを示すパラメータである。ここでは、前節で説明したジオメトリを用いて、所定の場所的劣化率に対応するジオメトリの逆数を他セルの干渉係数としている。なお、項目(r)は以下の式で計算する。

表2 下り共通パイロットチャンネルのリンクバジェット例

	Definition	CPICH
(a) Tx power of CPICH [dBm]		33.00
(b) Tx Feeder Loss [dB]		3.00
(c) Tx Ant Gain [dB]		17.00
(d) CPICH Tx EIRP [dBm]	(a) - (b) + (c)	47.00
(e) Rx Ant Gain [dB]		0.00
(f) Rx Cable Loss [dB]		0.00
(g) Required Rx Lev [dBm]		-115.00
(h) Log-normal Fade Margin [dB]		5.30
(i) Building Penetration Loss [dB]		6.00
(j) Max. Allowable Path Loss [dB]	(d) - (g) + (e) - (f) - (h) - (i)	150.70
(k) Max. Range [km]	文献[17]などによる	2.96

表3 下り共通制御チャンネルのリンクバジェット例

	Definition	CCPCH
(a) Total Tx power of BTS [dBm]		42.00
(b) Tx power of Channel [dBm]		36.00
(b1) The ratio of Channel [%]		25.12
(c) Tx Feeder Loss [dB]		3.00
(d) Tx Ant Gain [dB]		17.00
(e) Total Tx EIRP [dBm]	(a) - (c) + (d)	56.00
(f) Channel Tx EIRP [dBm]	(b) - (c) + (d)	50.00
(g) Rx Ant Gain [dB]		0.00
(h) Rx Cable Loss [dB]		0.00
(i) Thermal Noise Density [dBm/Hz]		-174.00
(j) Receiver Noise Figure [dB]		5.00
(k) Symbol Rate [ksps]		15.00
(l) Symbol Rate [dBHz]	10 * LOG ((k) * 1000)	41.76
(m) Noise power [dBm]	(i) + (j) + (l)	-127.24
(n) Chip Rate [Mchip/s]		3.84
(o) Other-cell interference coeff. [dB]		8.00
(p) Required Es/lo [dB]		7.00
(q) Orthogonality Factor		0.50
(r) Required Rx Lev [dBm]	式(12)により計算	-116.95
(s) DHO Gain [dB]		0.00
(t) Log-normal Fade Margin [dB]		5.30
(u) Tx Power Increase [dB]		0.00
(v) Building Penetration Loss [dB]		6.00
(w) Max. Allowable Path Loss [dB]	(f) - (r) + (g) - (h) + (s) - (t) - (u) - (v)	155.65
(x) Max. Range [km]	文献[17]などによる	4.12

$$10 \cdot \log_{10} \left[\frac{10^{(p)/10} \cdot 10^{(m)/10}}{1 - \frac{(k) \cdot 10^3 \cdot 10^{(p)/10}}{(n) \cdot 10^6 \cdot (b1)/100} \cdot ((q) + 10^{(0)/10})} \right] \quad (12)$$

実際の上り設計では、リンクバジェットによって見積もったセル半径が、上下回線でほぼ一致するよう設計する。

5. あとがき

W-CDMAの上り (MS送信, BTS受信) および下り回線 (BTS送信, MS受信) の容量の考え方について説明した。また、呼受付制御の考え方について説明した。続いて、容

量とセル半径の設計を行う無線回線設計について述べ、実際の設計に役立つリンクバジェットの例を示した。

文 献

- [1] 立川監修：“W-CDMA移動通信方式,” 丸善, 2001.
- [2] H.Holma and A.Toskara, Eds.: “WCDMA for UMTS,” John Wiley & Sons, 2001.
- [3] 大野, 安達：“DS-CDMAの上りリンク容量と送信電力,” 信学論 B-II, Vol.J79-B-II, No.1, pp.17-25, 1996-01.
- [4] A.J.Viterbi: “CDMA-Principles of Spread Spectrum Communication,” Addison-Wesley, Massachusetts, 1995.
- [5] Y.Ishikawa and N.Umeda: “Capacity Design and Performance of Call Admission Control in Cellular CDMA Systems,” IEEE Journal on Select. Areas in Commun., Vol.15, No.8, pp.1627-1635, Oct.1997.
- [6] A.M.Viterbi and A.J.Viterbi: “Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System,” IEEE Journal Select. Areas in Commun., Vol.11, No.6, pp.892-900, Aug.1993.
- [7] K.S.Gilhousen, I.M.Jacobs, R.Padovani, A.J.Viterbi, L.A.Weaver and C.E.Wheatley III: “On the Capacity of a Cellular CDMA Systems,” IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.40, No.2, pp.303-312, May 1991.
- [8] TIA TR45.5: “The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission,” IMT-2000 Radio Transmission Technology (RTT) Proposals (8-2), Jun.1998.
- [9] Y.Ishikawa, T.Hayashi and S.Onoe: “W-CDMA Downlink Transmit Power and Cell Coverage,” IEICE Trans. Commun., Vol.E85-B, No.11, pp.2416-2426, Nov.2002.
- [10] M.Hata, K.Kinoshita and K.Hirade: “Radio Link Design of Cellular Land Mobile Communication Systems,” IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.VT-31, No.1, pp.25-31, Feb.1982.
- [11] 秦：“陸上移動通信における無線回線設計法,” 通研実報, Vol.31, No.10, pp.1861-1872, 1982.
- [12] 3GPP Specification: “RRC Protocol Specification,” TS 25.331 V3.5.0, Dec.2000.
- [13] 石川, 中野, 上林：“DS-CDMA移動通信の下り無線回線設計法,” 1997年信学ソサイエティ大会, B-5-8, Sep.1997.
- [14] 林, 白田, 石川, 中村, 尾上：“W-CDMA方式における下り共通制御チャネルへの送信電力配分に関する検討,” 2000年信学総大, B-5-81, Mar.2000.
- [15] ITU-R Recommendations: “Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000,” Recommendation ITU-R M. 1225, 1997.
- [16] ARIB: “Self Evaluation Report on Japan’s Proposal for Candidate Radio Transmission Technology on IMT-2000: W-CDMA-Part II Revised RTT Proposal,” Self Evaluation Report Submitted to ITU-R, Sep.1998.
- [17] M.Hata: “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services,” IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.VT-29, No.3, pp.317-325, Aug.1980.

用語一覽

ANT : ANTenna (アンテナ)
 BER : Bit Error Rate (ビット誤り率)
 BLER : BLock Error Rate (ブロック誤り率)
 BTS : Base Transceiver Station (無線基地局装置)
 CCPCH : Common Control Physical CHannel (共通制御物理チャネル)
 CPICH : Common Pilot CHannel (共通パイロットチャネル)
 DHO : Diversity HandOver (ダイバーシチハンドオーバー)
 DPCH : Dedicated Physical CHannel (個別物理チャネル)
 DTX : Discontinuous Transmission (送信オフモード)
 EIRP : Equivalent Isotropically Radiated Power (等価等方放射電力)
 FDMA : Frequency Division Multiple Access (周波数分割多元接続方式)
 FER : Frame Error Rate (フレーム誤り率)

ITU-R : International Telecommunication Union-Radiocommunication sector
 (国際電気通信連合・無線通信部門)
 MS : Mobile Station (移動局)
 PDC : Personal Digital Cellular (デジタル携帯電話方式)
 Rx : Receiver (受信器)
 SHO : Soft HandOver (ソフトハンドオーバー)
 TCH : Traffic CHannel (情報チャネル)
 TDMA : Time Division Multiple Access (時分割多元接続方式)
 Tx : Transmitter (送信機)
 VOX : Voice Operated transmission (無音圧縮伝送)
 W-CDMA : Wideband Code Division Multiple Access
 (広帯域符号分割多元接続方式)