

上り最大 5.7Mbit/s の高速通信を実現する HSUPA 伝送方式

2009年6月よりサービスを開始した、上り通信速度最大 5.7Mbit/s を実現する HSUPA 伝送方式は、高画質画像、大容量動画ファイルのメール送信、ブログなどへのアップロードの高速化を可能にし、下りの高速伝送方式 HSDPA と合わせて、さらなるモバイルインターネットの高速化を実現した。さらに、法人ユーザの利用も意識した USB 型端末 L-05A やハンドセット型 L-06A をはじめとして、L-07A や 2009 年度冬春モデル端末などの新機種に HSUPA を採用した。

移動機開発部

いづか ようすけ
飯塚 洋介いりえ なおき
入江 直樹

無線アクセス開発部

おう こうこう
汪 恒江はやし たかひろ
林 貴裕

1. まえがき

2001年10月よりサービスを開始した FOMA は、高速・広帯域通信の特長を活かした多様なサービスの提供、端末ラインナップの拡充、エリア品質の向上により、2009年9月末に加入者は5100万を超え、第3世代移動通信システムへの移行が順調に進んでいる。また、大容量動画の送受信や音楽配信サービス、PC向けホームページの閲覧など、さらなる大容量・高速通信へのニーズの高まりを背景に、2006年8月より低コスト化・高速化・低遅延を実現する通信方式として、下り最大通信速度 3.6Mbit/s を可能とする HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access)[1]の商用サービスが開始され、2007年10月には下り最大通信

速度 7.2Mbit/s まで高速化された。世界各国の HSDPA の普及状況を図1に示す。

一方、移動端末に搭載したカメラの機能向上による高画質画像のメー

ル送付、ブログへのアップロードなど、上り回線の高速化需要を背景に、上り通信の高速化手法についてさまざまな検討が進められてきた。これまでの上り最大通信速度は、下

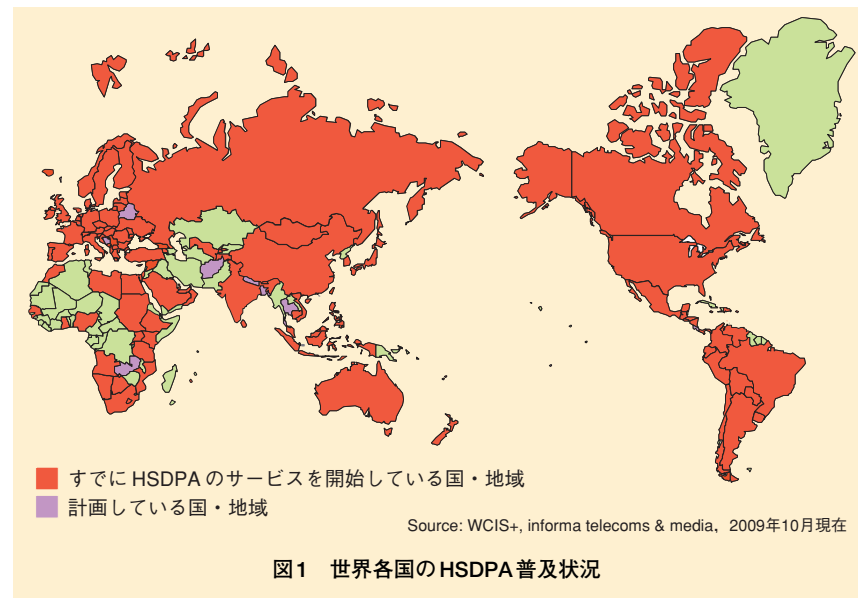


図1 世界各国の HSDPA 普及状況

り最大通信速度 7.2Mbit/s の HSDPA と比較すると 384kbit/s と低速であったが、2005 年 6 月に 3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 6 において、上り最大通信速度 5.7Mbit/s を実現する EUL (Enhanced Uplink) が標準化された。EUL は HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) の 3GPP 標準化上の名称である。HSUPA と EUL は同じ意味であるが、以下 EUL とする。

本稿では、EUL の主な技術概要を解説するとともに、対応端末の詳細、屋外実験局における無線伝送スループット特性について解説する。

2. EUL の概要

W-CDMA (Wide-band Code Division Multiple Access) の上り通信は、ユーザごとに異なるスクランプリングコード^{*1}が割り当てられるため、従来のマルチパス干渉^{*2}に加え、他ユーザの信号が干渉となる。このため、W-CDMA 上り通信においては、安定した通信の維持、端末の消費電流の低減を目的として、基地局で上

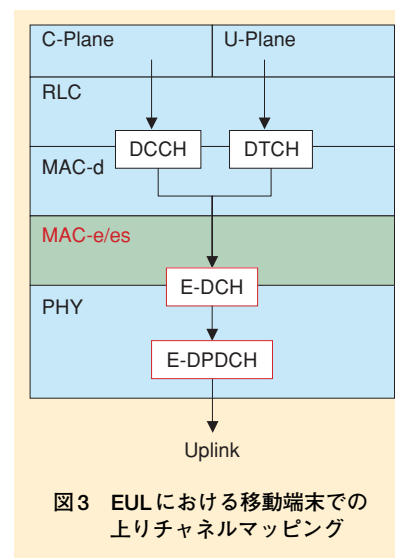
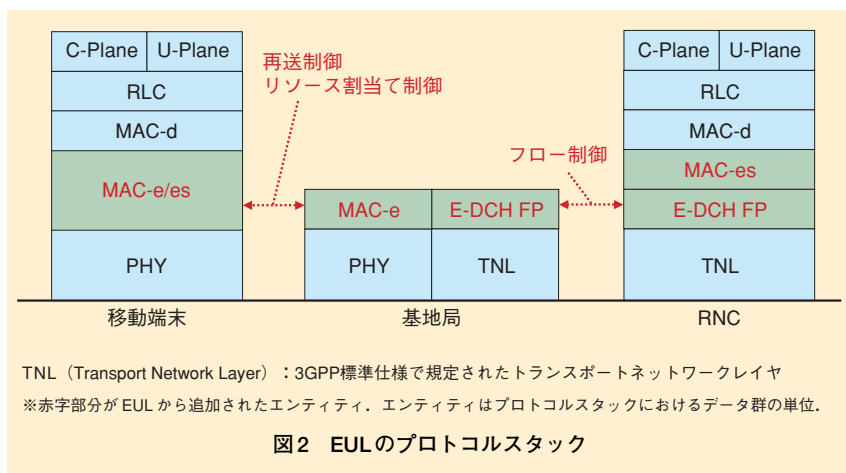
り回線の通信品質を測定し、通信チャネルの品質を一定に保つ上り送信電力制御^{*3}が適用されている。EUL はこの送信電力制御を基本として、HSDPA で適用された無線技術を採用し、上り通信の高速化を実現する通信方式である。

EUL における装置間のプロトコルスタックを図 2 に示す。移動端末、基地局およびその上位装置である無線ネットワーク制御装置 (RNC : Radio Network Controller) から構成され、移動端末と基地局との間の無線伝送区間 (PHY : Physical layer^{*4}) では、MAC-e/es (Medium Access Control-e/es) 再送制御と、上り干渉量の状況に応じたリソース (上り送信電力) 割当てを実施することにより、伝送遅延の低減や高効率なパケット伝送を可能とし、基地局と RNC との間は E-DCH FP (Enhanced Dedicated Channel Frame Protocol) に基づいた、MAC-d フロー伝送を行っている。

EUL の主な技術的特徴としては、次の 4 項目が挙げられる。

(1) トランスポートチャネルおよび物理チャネルの拡張

EUL における上りチャネルマッピングを図 3 に示す。従来の W-CDMA と同じく、制御情報 (C-Plane : Control-Plane) は DCCCH (Dedicated Control Channel) を、ユーザデータ (U-Plane : User-Plane) は DTCH (Dedicated Traffic Channel) を用いて伝送され、新たなトランスポートチャネル^{*5}である E-DCH [2] に多重化され、マッピングされる。その下位に位置する物理チャネル^{*6}には、上り物理個別データチャネル E-DPDCH (Enhanced Dedicated Physical Data Channel) [2] および関連した制御チャネルが導入された。E-DPDCH は物理データ送信のみを行うチャネルで、容量の大きいデータを送信する場合には拡散率を小さくし、さらにより大容量のデータを送信する場合にはコード多重伝送を行い、通信速度に応じて、最適な拡散率、コード多重数を選択すること



* 1 スクランプリングコード : W-CDMA において、下り回線ではセルを、上り回線ではユーザを識別するための拡散符号。
* 2 マルチパス干渉 : 遠方の建物や地物などからの反射波によって生じる干渉。

* 3 送信電力制御 : 受信機で通信品質、パケット誤り率などを測定し、TPC (Transmission Power Control) bit と呼ばれる情報ビットを送信元に通知することで、信号の品質を一定に保つ送信電力制御。

* 4 PHY : 実際に電波を用いて通信を行う物理レイヤ。
* 5 トランスポートチャネル : 無線インタフェースにおいて、どのような特性 (伝送速度、ビット誤り率) で伝送させるかによって分けられるチャネル。

が可能である。

(2)高速ハイブリッド自動再送要求
(Hybrid ARQ : Hybrid Automatic Repeat Request)

Hybrid ARQは、端末から再送されたデータと過去受信されて復号できなかったデータを基地局で合成、復号化を行うことにより、受信品質の向上と効率の良い伝送を実現する伝送方式である。HSDPAにおいて適用された無線技術であり、EULにも適用することで、上り通信の再送処理の高速化が可能となった。

(3)基地局におけるリソース割当て制御

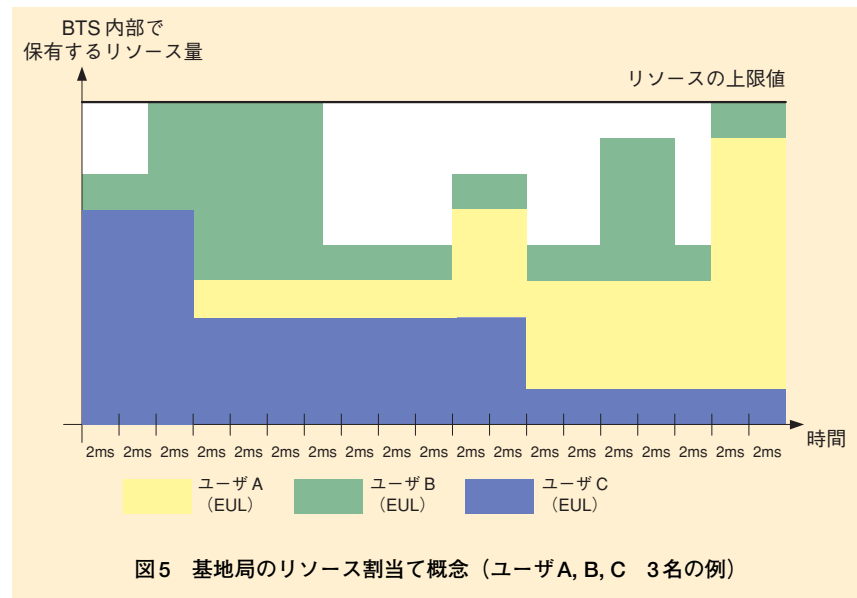
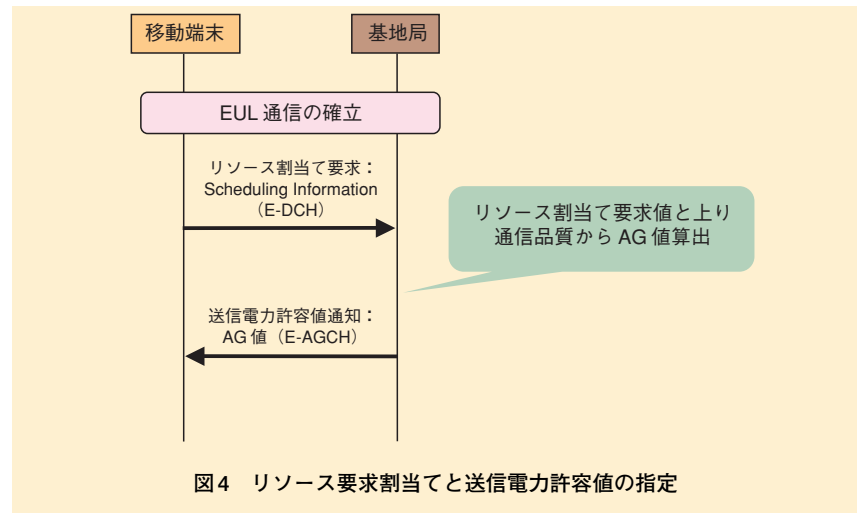
EULでは、基地局で測定した上り回線の通信品質（干渉量）だけでなく、端末からのリソース割当て要求に応じて、上り送信電力の割当てを行う。EUL通信が開始された場合、各端末から Scheduling Information[3]と呼ばれるリソース割当て要求信号が送信される。基地局は、受信したリソース割当て要求信号と上り回線の通信品質から、端末に割当て可能な送信電力の許容値（AG：Absolute Grant）を下りの物理チャネルである、E-AGCH（E-DCH Absolute Grant Channel）を用いて通知する（図4）[3]。端末はAGの範囲において、送信可能なデータを物理チャネルのE-DPDCHを用いて送信する。前述したように、W-CDMA上り回線は他ユーザの信号が干渉となるため、EULでは干渉量が小さい（ユーザが少ない）場合はAG値を高く通知し、干渉量が多い（ユーザが多い）場合はAG値を低く通知すると

のように基地局にてAGを適切に制御することで、通信品質の維持と柔軟なデータレートの制御を可能としている。基地局内部でのリソース割当て概念を図5に示す。

(4)新たな端末カテゴリ

最大通信速度および対応するTTI（Transmission Time Interval）^{*7}に応じて、6つの端末カテゴリが定義されている（表1）[4]。最大コード多

重数はデータ送信を行うE-DPDCHの多重コード数を表し、最小拡散率はE-DPDCHの拡散率の最小値を表している。TTIはすべてのカテゴリで10ms間隔の送信能力が要求されているほか、偶数カテゴリでは2ms間隔の送信能力も必要となる。高カテゴリに対応した端末ほど最大通信速度が向上し、TTIが2msの最大通信速度はカテゴリ2、4、6の場合に



*6 物理チャネル：無線インタフェースにおいて、周波数、時間などの物理リソースによって分けられるチャネル。

*7 TTI：信号を送信するための時間間隔。

表1 EULの端末カテゴリ

端末 カテゴリ	最大 コード多重数	最小拡散率	最大送信bit数 10msTTI	最大送信bit数 2msTTI	TTI	最大 通信速度
1	1	4	7,110	—	10ms	0.7Mbit/s
2	2	4	14,484	2,798	10ms	1.4Mbit/s
					2ms	
3	2	4	14,484	—	10ms	1.4Mbit/s
4	2	2	20,000	5,772	10ms	2Mbit/s
					2ms	2.9Mbit/s
5	2	2	20,000	—	10ms	2Mbit/s
6	4	2	20,000	11,484	10ms	2Mbit/s
					2ms	5.7Mbit/s

それぞれ、1.4Mbit/s、2.9Mbit/s、5.7Mbit/sである。ドコモは最大通信速度5.7Mbit/sの端末カテゴリ6でEULのサービスを開始している。

3. EUL 端末

EUL対応端末として法人ユーザの利用も意識したUSB型端末L-05A(写真1(a))、高画質画像、大容量動画ファイルのメール送信やブログなどへのアップロードの高速化を実現したハンドセット型端末L-06A(写真1(b))のほか、ExpressCard型のL-07A(写真1(c))や2009年度冬春モデルの一部にEUL対応端末のラインナップを揃えた。

3.1 L-05A

L-05Aは、ドコモ初のEUL対応端末として、2009年6月に発売が開始された。基本仕様を表2に示す。また、国内での使用にとどまらず、800/850/2,100MHzのUMTS(Universal Mobile Telecommunications System)^{*8}と850/900/1,800/1,900MHzのGSM^{*9}/GPRS(General Packet



Radio Service)^{*10}の packets 通信対応エリアで利用することができる。形状はUSB型データ通信端末であり、2軸回転式コネクタ^{*11}を採用することで他のUSB機器の接続を妨げないような構造になっているほか、Windows環境のみではなく、MacOS環境もサポートしており、より多くのPCで高速通信を行うことが可能になっている。また、Windows PCと接続すると、自動的にド

ライバや接続ソフトのセットアップ画面が起動するゼロインストール機能が備わっている。

3.2 L-06A

L-06Aは、EUL対応ハンドセット型端末として、2009年9月に発売が開始された。約3.0inchワイドVGA(Video Graphics Array)液晶の感圧式タッチパネルを搭載しており、タッチパネルの直感的な操作とテンキ

*8 UMTS：ヨーロッパの第3世代移动通信システム、ドコモ採用のW-CDMA方式と主にヨーロッパで採用されているTD-CDMA方式がある。

*9 GSM：第2世代移动通信システムの1つで、ヨーロッパやアジアを中心に世界中

で広く利用されている。

*10 GPRS：GSM方式のネットワークを使用した packets 交換サービス。

*11 2軸回転式コネクタ：2方向に回転させることができるコネクタ形状。PCと接続した際に、端末の向きを自由に選択するこ

とが可能。

表2 L-05A, L-06A および L-07A の基本仕様

	L-05A	L-06A	L-07A
サイズ	約80.0×約32.0×約13.0mm	約110.0×約52.0×約15.4mm	約112.0×約34.0×約5.0mm
質量	約37g	約131g	約40g
無線周波数帯 (W-CDMA)	800/850/2,100MHz	800/2,100MHz	800/850/2,100MHz
無線周波数帯 (GSM/GPRS)	850/900/1,800/1,900MHz	900/1,800/1,900MHz	850/900/1,800/1,900MHz
情報伝送速度	送信 最大5.7Mbit/s (EULカテゴリ6対応) 受信 最大7.2Mbit/s (HSDPAカテゴリ8対応)		

ーでの操作の両方に対応している。また、Google^{TM*12} サービスキーを搭載しており、検索やGmail^{TM*13}、地図、乗換案内などのサービスメニューにワンプッシュでアクセスすることができるほか、EULを用いた上り高速通信の特長を活かし、撮影した動画や写真をYouTube^{TM*14}やPicasa^{TM*15}へショートカットキーから簡単にアップロードすることも可能になっている。加えて、報知情報から在圏エリアがEULに対応しているかを判別し、確認結果を表示する機能も備わっている。

3.3 L-07A

L-07Aは、ExpressCard型のEUL端末で2009年11月に発売が開始された。主な機能は前述のL-05Aと同等であるが、L-05AがUSBスロットとの接続であったのに対し、L-07AはExpressCardスロットとの接続を採用している。また別売りのPCカードアダプタL01を使用することでPCカードスロットにも対応し、さまざまなPCでのEUL通信が可能である。

4. 屋外環境におけるEULスループット特性

EUL対応端末であるL-06Aを用いた上りピークスループットおよびi-modeメール送信を用いたファイル転送時間について、EULに対応していない従来のW-CDMA端末との比較を行った。

上りピークスループットの比較結果を表3に示す。基地局からの距離が「直下、400m、800m」の3ポイントで測定を行った。スループット測定は端末をPCに接続し、コンテンツサーバにアクセスした後、FTP (File Transfer Protocol) で大容量のファイルをサーバにアップロードすることで実施し、端末ごとのTCP (Transmission Control Protocol) レイヤでのピークスループット値を比較した。

基地局直下のポイントでは、下りのRSCP (Received Signal Code Power)^{*16}が高い見通し環境であり、上りピークスループットで3.9Mbit/sが確認できた。一方、400m、800mと基地局までの距離を広げると、

2Mbit/s台後半までピークスループットが低下していることが分かる。これは、基地局から距離が離れたことにより、見通し外環境になったため、マルチパスによる上り干渉が増加し、上りリソースの割当てが制限されるためと考えられる。また、従来のW-CDMA端末は一定の品質を保つように移動端末の送信電力制御を適用しているため、いずれのポイントにおいても、ピークスループット364kbit/s程度を維持していることが分かる。本実験環境においては、従来のW-CDMA端末と比較して、見通し環境の基地局直下では約10倍、見通し外環境においても約7倍のピークスループットが得られた。

データの送信から送信完了までのユーザ体感を比較するため、i-modeメールを用いたファイル転送時間についての比較も行った。L-06Aおよび従来のW-CDMA端末のメール送信時間比較結果を図6に示す。転送ファイルサイズは100KB、500KB、1MB、2MBの4種類とし、メール送信ボタン押下からメール送信完了までの時間を比較した。

*12 GoogleTM : Google, Inc.の商標または登録商標。
*13 GmailTM : Google, Inc.の商標または登録商標。
*14 YouTubeTM : Google, Inc.の商標または登録商標。

*15 PicasaTM : Google社の提供している画像管理ソフトウェアで画像の整理、編集や写真の共有が可能。PicasaTMはGoogle, Inc.の商標または登録商標。
*16 RSCP : 移動端末で測定される信号の受信電力。移動端末の受信感度を表す指標

の1つ。

i-mode メールを用いたファイル転送の場合、送信完了までの時間に、データ送信以外のネットワークとの接続の時間、端末でのデータ送信準備期間が含まれるため、ファイルサイズが小さい100KBの場合には、EULによる高速化の恩恵が得られず、従来のFOMA端末との差がほぼないことが分かる（両端末とも送信完了まで約10秒）。しかし、転送ファイルサイズが500KB、1MBと大きくなると、EULによる上り通信の高速化効果により、転送時間が大幅に短縮されていることが分かる。また、i-modeメールの最大転送ファイルサイズである2MBにおいては、従来のW-CDMA端末が80秒ほど要するのにに対し、L-06Aは約半分の時間である40秒弱での送信が可能であることが確認できた。

5. あとがき

本稿では2009年6月よりサービスを開始した、EULの技術概要を説明するとともに、EUL対応端末の詳細について解説した。また、EUL対応移動端末として、L-06Aを用いた屋外実験結果から、従来のW-CDMA端末と比較して、上りピークスループットで最大10倍の良好なスループット特性が得られることを明らかにし、i-modeメールを用いた2MBファイル転送の場合においては、約半分の転送時間で送信可能であることを実証した。

今後は、さらなるパケット通信の高速化が実現可能なLTE（Long Term Evolution）についての検討を進める。

表3 L-06Aおよび従来のW-CDMA端末の上りピークスループット比較

基地局からの距離	下り受信品質 RSCP	L-06Aの ピークスループット	従来のW-CDMA端末 のピークスループット
直下	-59dBm	3.9Mbit/s	364kbit/s
400m	-77dBm	2.6Mbit/s	365kbit/s
800m	-89dBm	2.8Mbit/s	362kbit/s

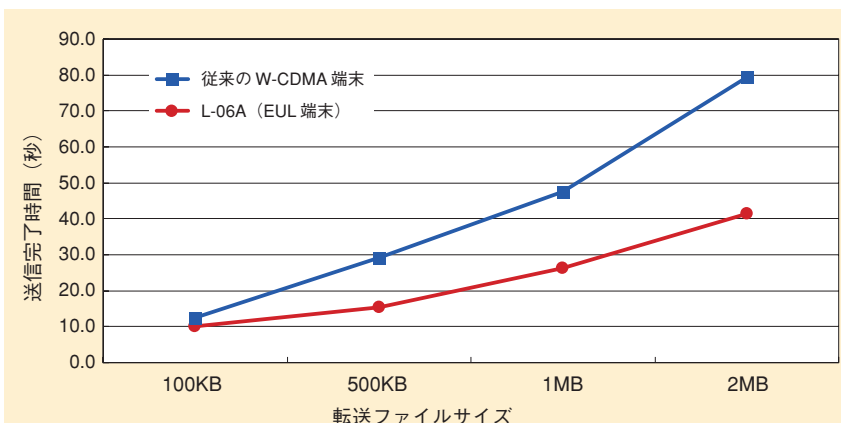


図6 L-06Aおよび従来のW-CDMA端末のメール送信時間比較

文 献

- [1] 3GPP TS25.308 V5.4.0 : “High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2,” 2003.
- [2] 3GPP TS25.211 V6.7.0 : “Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD),” 2005.
- [3] 3GPP TS25.321 V6.14.0 : “Medium Access Control (MAC) protocol specification,” 2007.
- [4] 3GPP TS25.306 V6.12.0 : “UE Radio Access capabilities,” 2007.