特集 デジタル放送サービスの最前線

5. アナログ放送終了後の電波利用

5-4. 移動通信(730~770MHz)

(正会員) 高田 潤一[†]

キーワード ■ 移動通信, IMT-Advanced, イメージ干渉, FDD

1 ま え が き

アナログテレビ放送の終了によって開放される周波数帯のうち、730~770MHzの40MHz帯域は、移動通信システムに割当てられることとなった。本稿では、これまでの議論の経緯、この周波数帯がもつ性質、デジタル放送との干渉、IMTとの関係について述べる。

2 議論の経緯

UHFアナログテレビ放送終了後の周波数利用方法については、すでに2003年6月の情報通信審議会答申『「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「800MHz帯における移動業務用周波数の有効利用のための技術的条件」』において言及されている。現在多数の業務に細分化されて割当てられた800MHz帯の再編と併せて、テレビ放送のデジタル化に伴って開放される715~768MHzを905~958MHzの190MHz間隔の周波数ブロックとともに、ペアバンドとして割当てることが適当であるとしている。この時点では、地上デジタル放送の上限周波数が710MHzになるか722MHzになるかは未決定で、ITSへの割当ても想定されていなかった。

情報通信審議会の電波有効利用方策委員会は、2006年4月に活動を開始した¹⁾。これと前後して総務省総合通信基盤局電波部電波政策課が「VHF/UHF帯に導入を計画または想定している具体的システムの提案募集」を行っており、100者149件の提案があった。これらの提案者はすべて同委員会の作業班メンバとして招かれ、周波数利用に関する議論に直接参加している。筆者は自営通信の作業班メンバであったため、電気通信の作業班に関する議論の経緯には明るくないが、第1段階のスクリーニングでは、二つのTDDシステム(Mobile WiMAX等の広域モバイルブロードバンドIPネットワーク, TD-CDMA MBMSシステム)、一つのFDDシステム(第3世代移動通信システムおよび高度化シス

テム)の合計三つのシステム案にまとめられている。UHF帯をITSと電気通信が使用することが決まると、次に具体的な周波数の割当てに関して検討が行われた。今回割当ての対象となっている710~770MHzのすぐ下は、地上デジタル放送、すぐ上は、放送FPU(Field Pickup Unit)が使用しており、これらの既存業務との相互干渉を生じないような周波数配分およびガードバンド設定が検討された。FPUとITSの伝送路が車間を主とするのに対し、放送と電気通信基地局はいずれも広域をカバーすることを勘案すると、FPUとITSの間、放送局と電気通信基地局との間はそれぞれ自由空間伝搬となる可能性があり、両者の離調周波数を大きく取ることが周波数有効利用上望ましいとされた。電気通信とFPUとのガードバンドについては、FPUがマラソン中継などの臨時利用であり、運用局数も少なく運用調整により干渉が回避できることから、ガードバンドを不要とする方策を検討することとされた。電気通信とITSとのガードバンドについては、携帯電話端末とITSとの間の相互干渉が大きいことが指摘され、いずれも移動局であることから確率的な評価が行われた結果、干渉発生確率を3%許容した場合の必要ガードバンドが10MHzとなることが示されている。しかし、許容干渉発生確率をより大きくするとともに、ITS側への指向性アンテナの導入が奨励され、ガードバンドを5MHz以内として周波数有効利用を図ることとされた。その結果、最終的には730~770MHzの40MHz帯域が電気通信に割当てられることとなったが、ガードバンドについては今後実システム導入のための検討段階で微調整を行うことが適当であるとしている。なお本報告の中では、この40MHz帯域をFDDで使用するかTDDで使用するかには言及しておらず、将来の検討に委ねた形となっている。

3 当該帯域の特徴

前出の800MHz帯再編に当たっては、2004年8月に携帯電話事業への新規参入を希望する事業者が総務省に対して行政訴訟を起こしたことで話題になった。総務省が800MHz帯を既存事業者に割当て、新規参入を希望する事業者には1.7GHz帯、2GHz帯などのより高い周波数を割当てるという

[†] 東京工業大学 大学院 理工学研究科 国際開発工学専攻
 "Mobile Communication Services (730-770MHz)" by Jun-ichi Takada
 (Department of International Development Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)

方針を不服として、割当ての実施差し止めなどを同省に求める内容であった。その後の経緯については省略するが、周波数が低いほどセル半径を大きくできる、建物内への進入損失が小さい、その結果低コストでの事業展開が可能になるという理由が挙げられていた。このときほど電波伝搬の周波数特性が世の中を騒がしたことはなかったと思われるが、この例から明らかのように、現在移動通信用に使用されている周波数帯の中ではもっとも低い周波数となることから、訴訟理由に挙げられた電波伝搬上のメリットを享受できる帯域であるといえる。ただし、周波数が低くなるほど基地局も端末も同じ特性を満足するために必要なアンテナが大きくなる点には留意する必要がある。さらに、この周波数帯を900MHz帯とペアで使用する場合、現在もしくは再編後の800MHz帯、あるいはその他の周波数帯に比べてペアバンドの周波数間隔が非常に広がることから、端末側のアンテナ設計はより困難となることが予想される。

4 システム間干渉の検討例

700MHz帯をIMT-2000の上り回線として使用したときに、ISDB-Tとの間で生じる相互干渉の影響については、電波産業会が総務省の委託を受けて検討した例がある²⁾。この検討では、IMT-2000携帯端末がISDB-T受像機に与える影響、ISDB-T放送局がIMT-2000基地局に与える影響について、それぞれ検討を行っている。

IMT-2000携帯端末がテレビ放送受像機に与える干渉については、イメージ周波数干渉と隣接周波数干渉が検討されているが、ITSへの周波数割当により後者は適用されないため、前者の検討例を紹介する。ISDB-T受像機の間周波数が f_{TVIF} であるため、イメージ周波数 $f_{TVimage}$ は、携帯端末の送信周波数 f_{IMTMS} に対して、

$$f_{TVimage} = f_{IMTMS} - 2 \times f_{TVIF} \quad (1)$$

で表される。実際のISDB-T受像機では $f_{TVIF}=57\text{MHz}$ なので $f_{IMTMS}=730\sim 770\text{MHz}$ に対しては、 $f_{TVimage}=616\sim 656\text{MHz}$ 、すなわち、37～43chに対応する。これらのチャンネルは、携帯端末からのイメージ周波数干渉を受ける可能性があるといえる。

干渉が最悪となる条件として、ISDB-T受像機がサービスエリア端で受信を行い、受信アンテナから至近距離でIMT-2000携帯端末が送信した場合を考え、このときのD/U（希望信号対干渉信号電力比）を推定する。表1には干渉検討に用いた各パラメータの数値を示す。この条件下におけるD/Uの最悪値は、オープンループで-44dB、クローズドループで-23dBとなる。

ISDB-T受像機にはイメージ干渉に関する仕様が決められていないので、2004年当時市販されていた9社9種類の受像機、さらに地上デジタル放送用ブースタ3種の実機を使用してD/Uの影響を評価している。具体的には、ISDB-TおよびIMT-2000の標準信号と雑音を重畳し、D/Uをパラメ

表1 IMT-2000携帯端末がISDB-T受像機に与える干渉評価の条件²⁾

ISDB-Tサービスエリア端法定電界強度	60dB $\mu\text{V}/\text{m}$
携帯端末・受信アンテナ間距離 d	10m
携帯端末・受信アンテナ間伝搬モデル	自由空間
人体損失	6dB
IMT-2000端末オープンループ時最大送信電力	23dBmW
IMT-2000端末クローズドループ時最大送信電力	2dBmW

タとして、ブロックノイズが画面で認められない最小のC/N（所要C/N）を求め、所要C/Nが1dB劣化するD/Uの値を耐干渉D/Uとして用いている。ISDB-T信号にはmode-3 13セグメント、FEC3/4を使用している。実機評価の結果は、耐干渉D/Uが受像機単体では-34～-45dB、ブースタ使用時には-31～-44dBとなった。すなわち、オープンループ時には、ISDB-T受像機への影響が発生する可能性があることと結論付けられている。このことは、将来的に受像機側へのイメージ抑圧フィルタが必要となる可能性を示唆している。その一方、オープンループ制御は通常1秒以内に終了すること、また実際のフィールド試験でのオープンループ制御の最大出力電力は、表1の値より約20dB小さかったこと、などが指摘され、現実的な影響が極めて軽微であると予想された（表1）。

5 IMTとの関係

2007年10月から11月にかけて、ITU-RがWorld Radio-communication Conference 2007 (WRC-07)を開催した。WRCは世界的な周波数の割当てに関する議論が行われることで知られているが、WRC-07では、IMT-2000およびその後継システムであるIMT-Advancedの周波数割当（両者は周波数割当の上では区別されていない）が議論され、本周波数に係る無線通信規則（Radio Regulations: RR）の改定が行われた^{3) 4)}。第3地域（アジア・太平洋地域）の周波数割当区分中、610～890MHzには1次業務として固定、移動、放送の3業務が割当てられているが、移動業務に対して新たな脚注として、「698～790MHzまたはその一部の帯域は、バングラデシュ、中国、韓国、インド、日本、ニュージーランド、パプアニューギニア、フィリピン、シンガポールにおいては、当該主管庁によりIMT用周波数として割当てられる（後略）」の一節が追記されている。すなわち、今回開放される730～770MHzがIMT用に割当てられることは確実である。ただし、IMT-Advancedに割当てられるには帯域幅が充分とはいえず、既存のIMT-2000方式で運用されるのではないかと予想される。

6 む す び

アナログテレビ放送の終了によって開放される周波数帯のうち、移动通信システムに割当てられることとなった730

～770MHzの40MHz帯域について説明した。カバレッジの観点から有望視されている帯域でもあり、割当てに際しては激しい競争が繰り広げられるのではないかと想像する。

なお、本稿は主として公式発表された情報を元に執筆したが、著者の主観に基づく誤解が含まれている可能性があることをご容赦いただくとともに、今後の審議・検討次第で変更が生じる可能性があることをご理解頂きたい。

(2008年3月27日受付)

【文 献】

- 1) 情報通信審議会情報通信技術分科会電波有効利用方策委員会：“情報通信審議会情報通信技術分科会電波有効利用方策委員会報告（案）”，総務省（June 21, 2007）
- 2) 携帯電話用周波数の有効利用のための移動業務用周波数の高能率利用に関する調査検討会：“携帯電話用周波数の有効利用のための移動業務用周波数の高能率利用に関する調査検討報告書”，総務省調査委託業務報告書，pp. 49-76，電波産業会（Mar. 2005）

- 3) "2007 World Radiocommunication Conference Provisional Final Acts", International Telecommunications Union (Nov. 16, 2007)
- 4) "Partial Corrigendum to Specific parts of the Provisional Final Acts World Radiocommunication Conference 2007 (WRC-07)", International Telecommunications Union Radiocommunication Sector (Nov. 27, 2007)

たかだ じゅんいち

高田 潤一 1987年，東京工業大学工学部電気電子工学科卒業。1992年，同大学理工学研究科電気電子工学専攻博士課程修了。千葉大学助手，東京工業大学助教授を経て，2006年より，東京工業大学理工学研究科国際開発工学専攻教授。2003年～2005年，NICT UWB結集型特別グループ研究員。2006年～2008年，同医療支援ICTグループ研究員兼務。現在，電波伝搬，コグニティブ無線に関する研究のほか，情報通信技術の活用に係る国際開発プロジェクトに従事。正会員。

2008年6月号 予定目次

【ふぉーかす】-----宇都宮大 湯山一郎

【小特集】 バイオニックヒューマン-生体機械融合インタフェース-

1. 人間と機械の融合-----東大 伊福部達
2. 人工視覚デバイス-----奈良先端大 太田 淳
3. 自律型筋電義手に向けてのアプローチ-----東大 北佳保里・加藤 龍・横井浩史
4. 前庭電気刺激を利用した平衡感覚インタフェース
-----NTT/CREST 安藤英由樹，NTT/さきがけ 渡邊淳司，阪大/CREST 前田太郎
5. ブレインコンピュータインタフェース-----ATR 佐藤雅昭・川内光男
6. 脳深部刺激療法-----近畿大 中野直樹・加藤天美

【講座】 次世代デジタルカメラ-デジタルムービーを予測する-

(第6回) ねらった被写体を逃さない-追尾技術- -----中部大 藤吉弘亘

【知っておきたいキーワード】

(第30回) カプセル内視鏡 -----大阪電通大 越後富夫

【私の研究開発ツール】

(第12回) DirectX -----北陸先端大 高橋誠史

【フレッシュアイズ-映像研究現場紹介】

(第18回) 千葉大学 富永・堀内研究室 -----千葉大 小池芳明・奥田広志

【小特集論文】 バーチャルリアリティ技術とその応用

等身大仮想環境における力覚提示可能な組立作業システム -----東工大 橋本直己・木村耕一郎・佐藤 誠

仮想現実空間による映画制作のローケーションハンティング

-----NEC 山本 遼，NECソフト 遠藤大輔，新潟大 菅原彩子・山本正信
複数のハンディカメラの協調利用による遮蔽物体除去映像のオンライン生成 -----慶大 榎本暁人・斎藤英雄

【論文】

Adaptive Slot and Bit Allocation Method for OFDMA Transmission Systems

-----Mie Univ. Fang Wang・Yuanrun Teng・Katsuhiro Naito・Kazuo Mori・Hideo Kobayashi
地上デジタルテレビ放送波の長距離光ファイバ伝送実現のための検討およびフィールド実験

-----精工技研 鳥羽良和，NHKアイテック 小谷 孝・尾崎泰己，広島市大 生岩量久
画像の平均輝度レベル，観視者の年齢，照明環境を考慮した液晶ディスプレイの輝度制御

-----成蹊大 窪田 悟・羽原 亮，三菱電機 中村芳知，三菱電機リサーチ 野本弘平，リサーチ 山川正樹
(起業工学) 新技術創成型コンソーシアムによるプラズマテレビの開発成功要因分析

-----松下電器 青砥宏治，コンサルタント 倉重光宏
輝度値のヒストグラムによる領域分割に基づく画像高解像度化手法 -----長崎大 今村弘樹・藤村 誠・黒田英夫

【これすばんでんす】

提示画像の解像度と写角が両眼立体における奥行き知覚に及ぼす影響 -----九大 崔 正烈・長村健太郎・志堂寺和則