

衛星デジタル音声放送 対応移動端末の開発

衛星デジタル音声放送「モバHO！TM*1」に対応した移動端末「FOMA D851iWM」の開発を行った。D851iWMは、「モバHO！」受信機能のみならず、FMラジオ受信機能、市販の音楽CDの曲をパソコンから転送して再生する機能など、音楽機能に特徴を持つ移動端末である。

やまもり おさむ うちだ もとゆき いしい こうじ
山森 修 内田 基之 石井 孝治

1. まえがき

放送のデジタル化に伴い、衛星デジタル音声放送サービスとして2004年10月より「モバHO！」が開始された。

地上デジタル放送には、NHKや民放など多くの放送事業者があるが、衛星デジタル音声放送サービスは、衛星を韓国と共同運用し偏波面を変えるなどの国別の独自規格を設けて、日本国内ではモバイル放送㈱、韓国ではSKテレコム傘下のTu Media Corporationによりサービスが提供されている。衛星デジタル音声放送の基本仕様を表1に示す。

これまで衛星放送は、パラボラアンテナを設置して受信する方法が一般的であったが、「モバHO！」では、衛星からの出力を高めることで従来のBS (Broadcasting Satellite) やCS (Communications Satellite) と比較し、小型なアンテナで受信できるように考慮されている。

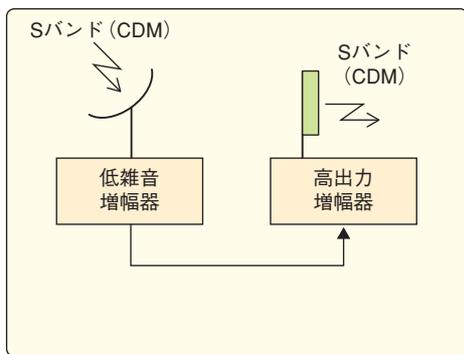
また、衛星からの電波が届きにくい都市部のビル陰や車両など、圏外となりやすい対象に向けてサービスを提供するため、衛星からの放送波を中継し再送信する設備「ギャップフィラー (GF: Gap Filler)」をビルの屋上などに設置し、サービスを補完する施策が行われている。GFの概要を図1に示す。GFには2種類あり、衛星から移動端末に送信されるSバンド (2.6GHz帯) の放送波を直接増幅して移動端末に送信するリピータ方式と、衛星からKuバンド (12GHz帯) で送信された中継用信号をGFにていったん復調し、Sバン

*1 モバHO！TM：モバHO！およびそのロゴは、モバイル放送㈱の商標または登録商標。

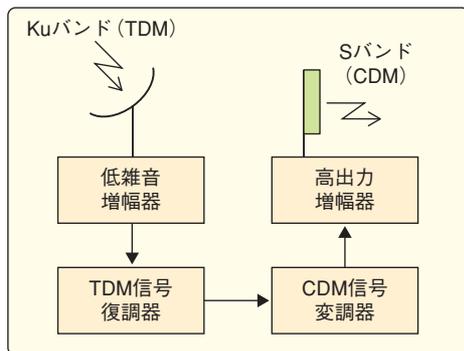
表1 衛星デジタル音声放送の基本仕様

周波数	2,630～2,655MHz (25MHz帯域)
変調方式	CDM変調方式
拡散方式	Walsh符号および短縮型M系列
データレート	7Mbit/s以上 (30コード多重)
映像符号化方式	H.264
音声符号化方式	MPEG-2 AAC
多重化方式	MPEG-2 System
放送内容	映像放送, 音声・音楽放送, データ放送

Walsh符号：擬似乱数の1つで、チャンネルを分割するために使用される。
 短縮型M系列：擬似乱数の1つで、マルチパス解析に使用される。
 MPEG-2 System：MPEG-2で規定されている、複数のデータを1つの伝送チャンネルで同時に伝送する信号多重方式。
 H.264：動画データの符号化方式の1つ。



(a) リピータ方式



(b) 再生中継方式

TDM (Time Division Multiplexing)：時分割多重

図1 GF概要

ドに変換して移動端末に送信する再生中継方式がある。

GF経由の信号レベルは、衛星からの直接波の信号レベルよりも強いので、小型の受信用アンテナを使用可能であることから、D851iWMの開発においては、FOMAの基本機

能に「モバHO！」受信機能を付加した小型軽量の移動端末を目指した。

2. D851iWM 端末概要

D851iWMは、以下のコンセプトで開発を行った。

- ・「モバHO！」のサービスでは、映像番組やデータ放送も提供されているが、「音楽ケータイ」としての位置付けを明確にし、音声番組を受信する機能に特化して開発する。
- ・FOMA 902iシリーズで用いたハードウェアとソフトウェアを極力流用することで、品質の早期安定化とコスト削減を図る。
- ・外部デザイナーのアイデアを採用して筐体などを設計する。移動端末としてのデザインに遜色のないように容量や質量を収めるため、アンテナが突出するような構造は避けて本体に内蔵する。

D851iWMの外観を写真1、基本仕様を表2に示す。D851iWMでは、「モバHO！」の以下の技術に対応した新規のハードウェア・プラットフォームを実装している。

①変調方式

「モバHO！」では、デジタル変調方式として4位相偏移変調 (QPSK：Quadrature Phase Shift Keying)^{*2}、伝送路符号化方式として直接拡散符号分割多重 (DS-CDM：Direct Sequence-Code Division Multiplex)^{*3}を採用している。DS-CDM方式はマルチパス伝搬路においてフェージングなどの受信品質を劣化させる要因



写真1 D851iWM外観

*2 4位相偏移変調：デジタル変調方式の1つで、4つの位相にそれぞれ1つの値を割り当てることにより、同時に2bitの情報を送信可能。
 *3 直接拡散符号分割多重：ユーザごとに異なる拡散符号を用いて、広帯域に拡散し、複数ユーザの信号を同一の周波数帯域・時間スロットで多重する方式。

表2 D851iWMの基本仕様

	D851iWM	D902i
サイズ	109×50×24mm	109×50×19.5mm
質量	約136g	約116g
連続待受時間	静止時：約420時間 移動時：約320時間	静止時：約550時間 移動時：約380時間
連続通話時間	音声：約170分 テレビ電話：約90分	音声：約165分 テレビ電話：約90分
連続再生時間	CDリッピングファイル：約20時間 モバイル放送録音ファイル：約6時間	
連続聴取時間	モバイル放送：120分 FMラジオ：約25時間	
液晶ディスプレイ	約2.8インチ(400×240ドット)	約2.8インチ(400×240ドット)
カメラ	メイン：有効30万画素(CMOS)	メイン：有効200万画素(CCD) サブ：有効30万画素(CMOS)
その他の機能	モバイル放送聴取機能(音声のみ) CDリッピングファイル再生機能 FMラジオ機能	FeliCa® プッシュトーク

FeliCa®：ソニー(株)の登録商標。

を軽減することが可能であり、また、高速移動中においても安定した受信品質を確保できることから、移動受信に適した方式であるといえる。

②符号化方式

音声符号化方式としては、MPEG-2 (Moving Picture Experts Group phase 2)^{*4} AAC (Advanced Audio Coding)^{*5}を使用する。MPEG-2 AAC方式は、MPEG-2 BC (Backward Compatible)^{*6}方式と比較して圧縮効果が高く、また、MP3 (MPEG Audio Layer-3)^{*7}など、他のフォーマットと比較して低ビットレートでの高品質化が可能である。さらに、「モバHO！」用の音声符号化方式には、低ビットレートでの音質を改善するためにSBR (Spectral Band Replication)^{*8}の処理が含まれている。なお、MPEG-2 AACは、地上デジタル放送の音声符号化方式にも採用されている。

また、D851iWMではその他の機能として、以下の機能にも対応し商品性の向上を図っている。

①CDリッピングファイル再生機能

音楽ケータイとしてCDリッピングファイル再生機能に対応している。対応フォーマットはATRAC3TM (Adaptive TRansform Acoustic Coding 3)^{*9}、ATRAC3

plus^{TM*10}、AAC、MP3である。また、音楽再生専用ICを搭載することでCDリッピングファイル再生時の低消費電力化を達成し、約20時間の連続再生時間を可能とした。なお、CDからのリッピングファイル作成ならびに、D851iWMへのリッピングファイルの転送は専用のソフトウェアを利用することにより実現している。

②FMラジオ聴取機能

FMラジオ聴取機能に対応しており、約25時間の連続再生が可能である。

③メディア切替機能

音楽ケータイとして、「モバHO！」聴取機能、音楽再生プレイヤー機能およびFMラジオ機能をワンタッチで切り替えることができる専用キーを実装している。

④1Gバイト内蔵メモリ

音楽ファイルを保存するために、音楽ファイル保存専用のメモリを1Gバイト搭載した。本メモリにはCDリッピングファイルおよび「モバHO！」録音ファイルが保存される。

3. 衛星デジタル音声放送視聴機能概要

D851iWMに搭載した「モバHO！」聴取機能について以下に説明する。

*4 MPEG-2：動画データの符号化方式の1つで、DVDなどの蓄積メディアや衛星放送に利用されている。
*5 AAC：音声符号化方式の1つ、映像符号化方式MPEG-2またはMPEG-4で使用され、圧縮効率が低い。
*6 MPEG-2 BC：音声符号化方式の1つ、MPEG-2で使用されMP3(*7参照)と同じ圧縮方式を採用しているが、MP3とは異なり5.1chのサラウンドサウンドに対応している。
*7 MP3：MPEG-1で規定されている音声圧縮技術の1つ、音楽CDと同等の

音質を保つ場合、データ量を音楽CDの約1/10に圧縮することができる。
*8 SBR：再生帯域を拡大して主に低ビットレートでの圧縮効果を大幅に向上させる技術。
*9 ATRAC3TM：音声圧縮技術の1つ、著作権保護機能に対応し、音楽CDと同等の音質を保つ場合、データ量を音楽CDの約1/10に圧縮することができる。ATRAC3およびそのロゴは、ソニー(株)の日本国およびその他の国における商標または登録商標。

3.1 無線部の技術課題と解決方法

(1) CDM (Code Division Multiplex) チューナの消費電力

「モバHO！」では、無線区間における変調方式としてCDMを用いており、地上デジタルテレビ放送で用いているQPSK/16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation)^{*11}-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^{*12}とは異なる。「モバHO！」に用いるCDMチューナは、国内製品では消費電力が大きく、移動端末に実装すると本来の通話時間が大きく制約される恐れがあった。しかし、CDMチューナの消費電力を補うために電池部を大きくすることは、移動端末の商品性に合わず現実的ではなかった。

そこで、衛星デジタル音声放送対応の移動端末が商品化されている韓国を調査したところ、複数メーカーによってCDMチューナが開発されていた。その一部には、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)^{*13}チップによる低消費電力化を特徴とするCDMチューナが含まれており、日本規格での輸入が可能であったため、品質や機能などの特性評価を行った。

その結果、消費電力が既存の国内製品の約半分で、受信感度もほぼ同等レベルであったことから、移動端末の電池を特別に大きくすることなく商品化することが可能であると判断した。

(2) コンテンツ保護

「モバHO！」は、契約者を限定した有料サービスであり、かつコンテンツの不正なデジタルコピーを防止する目的から放送暗号がかけられている。移動端末で復号後に音楽番組を録音するためには、移動端末において新たにコンテンツを保護するための機構を設ける必要があると判断した。

そこで、移動端末内のメモリに記録する場合には、独自に暗号をかけたうえで録音することとした。

(3) 所要入力レベル

移動端末では、アンテナを筐体に内蔵するために小型のアンテナを用いる必要があり、受信レベル向上策とは逆の設計を進めなければならない。既存の「モバHO！」専用受信機に搭載されているアンテナと比較して小型であるため、所要の利得が得られず、特にGFから距離的

に離れたところでは入力レベルが不足し、放送圏外になってしまう懸念があった。

そこで、まず内蔵アンテナの設計においては、移動端末を手で持ったときやポケットに入れたときのように端末が保持される条件が異なる状態を予測し、アンテナは2系統を設けて筐体の離れた位置に配置し、利得が高い方のアンテナを活かすようにした。アンテナ種別の選定では、ヘリカルチップアンテナ^{*14}や逆F型アンテナ^{*15}など数種類を試験し、小型で利得の高いヘリカルチップアンテナを選定することにした。ただし、内蔵アンテナのみによって得られるチューナへの入力レベルは、既存の「モバHO！」専用受信機の入力レベルと比較すると13dB以上の差異があった。この結果、内蔵アンテナのみでは強電界エリア以外では実用的でないため、外部アンテナを用いて利得を向上させる方策を併用する必要があると判断した。

そこで、ヘッドホン部に衛星用パッチアンテナ^{*16}と低雑音増幅器 (LNA: Low Noise Amplifier) を内蔵させたアンテナ内蔵ヘッドホンを準備することとした。アンテナ内蔵ヘッドホンを写真2に示す。

「モバHO！」受信部を図2に示す。1系内蔵アンテナ、2系内蔵アンテナ、LNA、フィルタ、RF (Radio Frequency) 回路部、外部インタフェースコネクタなどから構成される。外部インタフェースコネクタには、アンテナ付きヘッドホンを接続する。ヘッドホンに内蔵されたLNAへの電源は移動端末からケーブルを介して供給される。



写真2 アンテナ内蔵ヘッドホン外観

*10 ATRAC3plusTM: 音声圧縮技術の1つ。ATRAC3を改良したもので、音楽CDと同等の音質を保つ場合、ATRAC3と比較して約2倍の圧縮率を得ることができる。

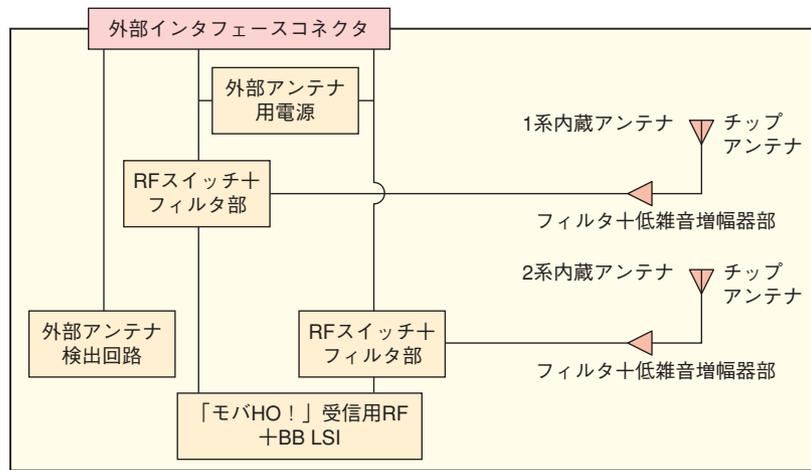
ATRAC3plusおよびそのロゴは、ソニー(株)の日本国およびその他の国における商標または登録商標。

*11 16QAM: 16値直交振幅変調。デジタル変調方式の1つで、振幅と位相の異なる16通りの組合せに対して、それぞれ1つの値を割り当てることにより、同時に4bitの情報を送信可能。

*12 OFDM: 直交周波数分割多重。デジタル変調方式の1つであり、マルチパス干渉への耐性を高めるため、高速な伝送レートの信号を多数の低速な狭帯域信号に変換し周波数軸上で並列に伝送する方式。高い周波数利用率での伝送が可能である。

*13 CMOS: 半導体回路の一種で、定常状態では電流がほとんど流れないため低消費電力である。

*14 ヘリカルチップアンテナ: アンテナの種類の1つで、アンテナ素子らせん状にすることで外形を小さくしたチップ状のアンテナ。



BB (Base Band) : ベースバンド回路部

図2 「モバHO！」受信部

この専用ヘッドホンにアンテナを内蔵したことで違和感なく外部アンテナと移動端末を接続する受信構成をつくりあげた。その結果、所要入力レベルが大幅に向上し、フィールド試験において検証した結果、移動端末に期待する技術仕様を満たすことができた。

なお、アンテナは「モバHO！」の弱電界エリアにおけるGFからの電波到来角度とアンテナの指向性から、地面に垂直になるように配置している。

以上の評価結果から、移動端末への実装においても利用することが可能であると判断した。

3.2 受信レベル表示機能

D851iWMでは、P901iTVと同様に放送波の受信レベルを圏外・弱・強の3段階でピクト^{*17}を画面上に表示し、ユーザが視覚的に放送受信状態を把握できるようにしている。受信レベルのピクトのデザインを図3に示す。

デジタル放送の特性上、受信状態は以下の3つの状態に区分されることが、フィールド試験などの分析結果より判明した。

- ・しきい値を超えた受信ストリームのビットエラーが多く、データを正常に復号できない状態 (図3(a))



図3 受信レベル表示ピクト

- ・弱電界やマルチパスフェージング^{*18}などによりビットエラーが散発的に発生し、音声がかかる状態 (図3(b))
- ・エラー訂正により、データを正常に受信できる状態 (図3(c))

これらの状態に合わせたパラメータのしきい値を定義することで、受信レベルを3段階で表示することとした。

3.3 番組表機能

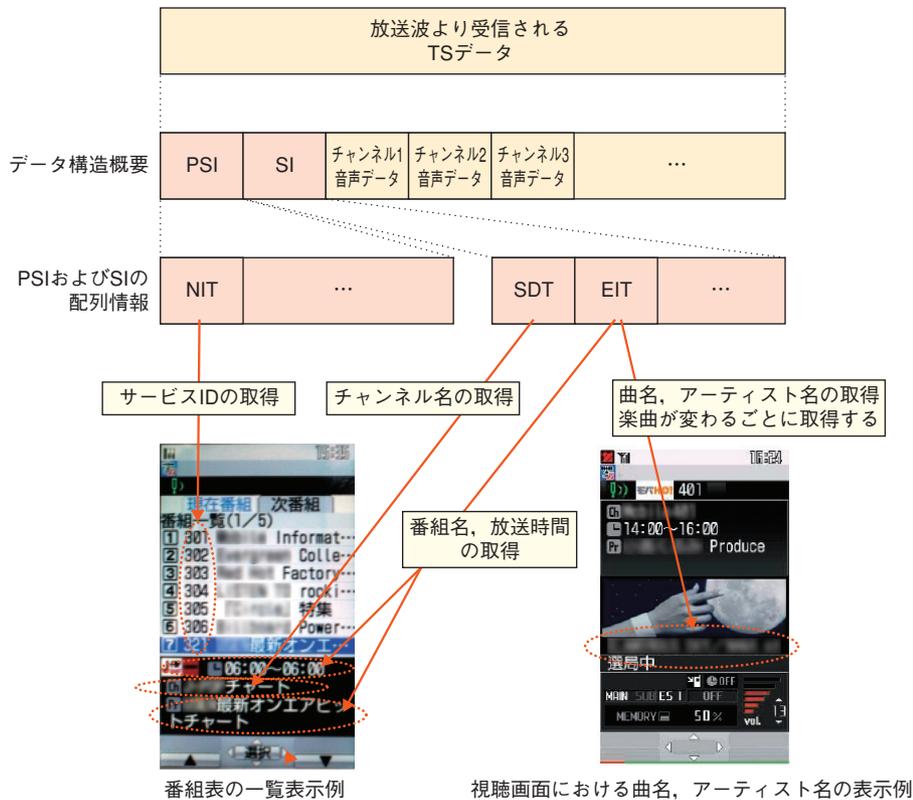
「モバHO！」は、映像チャンネルと音楽チャンネルなど、併せて40以上のチャンネルでサービスを展開している。これらのチャンネルは、単一の放送波に多重化されて伝送されている。「モバHO！」の複数の音楽チャンネル情報の閲覧と簡易な選局を可能とするために、番組表機能を実装した。番組表機能の概要を図4に示す。「モバHO！」における番組表機能は、移動端末にて再生可能なチャンネル名の一覧および番組名や放送時間などの番組情報を表示

*15 逆F型アンテナ：アンテナの種類の一つで、アンテナ素子の形状がアルファベットのFを逆にした形になっている平面状のアンテナ。

*16 パッチアンテナ：アンテナの種類の一つで、平面的な形状のアンテナを指す。線状アンテナに比べ面積が必要になるが、アンテナ素子を薄く作成できるため、移動端末の薄型化に有利となる。

*17 ピクト：文字ではなくアイコンなどの絵で表示されたものを指す。ドコモの移動端末においては、i-modeマークや、アンテナマークなどがある。

*18 マルチパスフェージング：電波が地形や建物によって反射や回折を繰り返して、複数の電波となって受信機に到達する現象。



SDT (Service Description Table)：サービス記述テーブル。チャンネル名など、当該チャンネルに関する情報を記載。

図4 番組表機能概要

することが必要となる。

「モバHO！」では、複数のチャンネルが多重化された放送波よりユーザが選局した番組を構成するデータを受信機が取得し再生するために、番組特定情報 (PSI：Program Specific Information) と番組配列情報 (SI：Service Information) が放送波に多重化されて伝送される。PSIは多重化信号と番組情報との関係を示す制御情報などで主に構成され、各チャンネルに割り当てられた番号であるサービスIDなどを含む。SIはユーザに提示するための番組情報などで主に構成され、チャンネル名、番組名、番組詳細情報などを含む。つまり、PSIは多重化信号より選局したチャンネルを復調し再生するために用いられ、SIはユーザに提示するための補完情報として用いられる。

番組表機能は、通信を用いて外部から取得するのではなく、放送波に多重化されて伝送されるSIおよびPSIを取得する。SIおよびPSIより、サービスID、チャンネル名、番組名

および放送時間を取得し一覧表示を行う。番組は、現在放送中の番組と次の番組までを取得し表示を行う。さらに、番組表から希望の番組を選択することで、選局可能としている。

また、番組の聴取中にSIのイベント情報テーブル (EIT：Event Information Table)^{*19}に配置される拡張イベント記述子を取得することで、放送される楽曲の曲名、アーティスト名を随時表示している。

これらの番組表機能により、多チャンネルであっても容易にチャンネル情報の閲覧を可能とし、ユーザ利便性の向上を図った。

3.4 選局機能

「モバHO！」において番組を選局するためには、PSIに含まれるネットワーク情報テーブル (NIT：Network Information Table)^{*20}を取得する。その後、NITに含まれる

*19 イベント情報テーブル：聴取中の番組名、放送日時、番組内容などの番組に関する情報が記載されている。

*20 ネットワーク情報テーブル：TS (*21参照)内に多重化されており、変調周波数などの伝送路情報、サービス形式、サービスIDなどの情報が記載されている。

情報の中から対応するサービスIDを指定することで希望の番組を取得する。選局方法として以下の機能を実装した。

①UP/DOWN選局機能

聴取中に十字キーの左右キーを短押しすることで、サービスIDを1つずつ昇順または降順し順次選局する。

②ダイレクト選局機能

聴取中に移動端末の数字キーを押下することにより、サービスIDを直接指定して選局する。

③ラストチャンネル選局機能

直前に聴取していたチャンネルを履歴として保持し、次回起動時に選局操作がなくとも自動的に直前に聴取していたチャンネルを選局する。

3.5 録音機能

録音機能は、「モバHO！」聴取中の番組を録音する機能であり、約20時間分の録音が可能な1Gバイトのメモリを搭載している。保存時にMPEG-2システムで規定されるトランスポート・ストリーム（TS：Transport Stream）^{*21}と呼ばれる形式を用いることにより処理量の削減が可能で、録音時のCPU負荷を抑えることができる。さらに録音ファイル再生時に「モバHO！」聴取機能の音声処理ブロックをそのまま活用することで、実装の効率化を図っている。また、録音を実施した移動端末でのみ録音ファイルの再生を可能とすること、および録音ファイルの不正な二次利用を防止するため、録音ファイルの暗号化機能を搭載している。録音ファイルを常時暗号化した状態で端末内部に格納することにより、録音ファイルの著作権を保護し安全性を向上させている。

録音ファイルを暗号化するためのアルゴリズムは任意のものを使用することが可能であるが、選定の考え方として端末実装メモリ容量を多く必要とせず、かつ高速処理が可能なものを選定した。これにより、暗号化／復号化処理の効率化を図り、録音時および録音ファイル再生時のCPU負荷を低減している。

なお、録音ファイルは著作権保護の観点から、着信メロディ設定、コピーおよび編集については非対応としている。

3.6 電源管理機能

「モバHO！」の聴取は消費電力が大きいいため、連続聴取によってバッテリーを比較的早く消耗してしまうという課題がある。そこで、バッテリー容量が規定値以下となると、アラーム通知を行うことで、ユーザが意図しないままバッテリー切れとなってしまうことを回避している。

3.7 外部スピーカ接続機能

音楽ケータイというコンセプトをさらに拡張させるため、「モバHO！」聴取アプリケーション、音楽再生プレイヤー機能およびFMラジオ機能の音楽アプリケーションで再生される音声を、卓上クレードル経由で外部スピーカにステレオ出力する機能を実現した。利用イメージを図5に示す。

卓上クレードルに配置したステレオ音声出力端子には、φ3.5ステレオミニジャックを採用することで、多様な外部スピーカに対応できるよう汎用性を確保した。

また、リモートコントロール信号の入力を同端子にて実現し、外部スピーカからD85liWMの音楽アプリケーションの制御を可能とした。

これら機能の追加により、簡易的なオーディオ機器としてD85liWMを利用可能とし、移動中だけでなく、家庭内においても音楽を楽しむことができる。

3.8 「モバHO！」聴取オンライン登録機能

「モバHO！」は有料放送であり、放送番組は暗号化されている。「モバHO！」を聴取可能とするためには、移動端末に実装されたCA（Conditional Access）モジュール^{*22}



図5 外部スピーカ利用イメージ

*21 トランスポート・ストリーム：複数番組における映像、音声、データをそれぞれパケットに分割し、番組などを識別する情報を付加し順次並べた1本のデータ列のこと。

*22 CAモジュール：放送の受信の可否を判断するために受信機に実装されたモジュール。

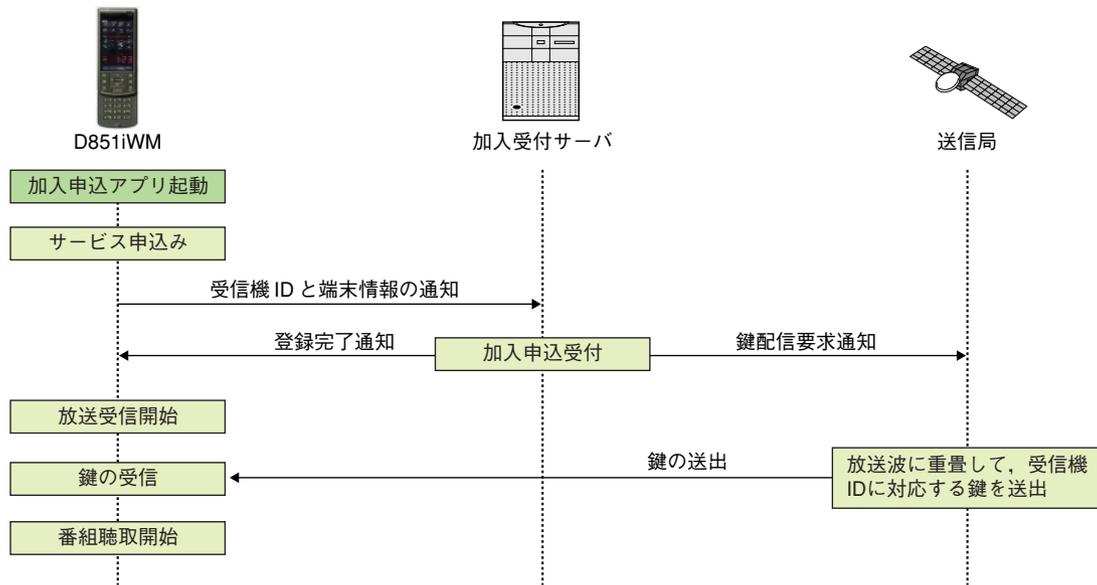


図6 オンライン加入申込フロー

に記録されている受信機IDをモバイル放送(株)に通知し、契約締結のうえで放送番組を復号するための鍵を放送波経由で取得する必要がある。

従来は、ユーザが受信機IDを電話もしくはインターネット経由でモバイル放送(株)に通知し、加入申込手続きをする必要があり煩雑であった。そこで、「モバHO!」を聴取するための加入申込手続きをiアプリで実現した。

iアプリは、受信機IDを移動端末情報とともに、モバイル放送(株)が設置したサーバに送信する。サーバへの登録完了後、自動的に放送波に重畳された鍵が伝送され、「モバHO!」の聴取が可能となる(図6)。

このように簡易な手続きで加入申込を可能とするとともに、契約手続きをi-mode上で実現できるようにしており、ユーザの利便性を図った。

4. あとがき

本稿では、今回開発したD851iWMについて「モバHO!」受信機能を中心とした開発内容を述べた。今後はユーザインタフェースの向上、小型軽量化、省電力化によ

る長時間再生などについても、さらなる検討を進めていく予定である。