

地上デジタル放送 1/3セグ用 OFDM-LSIの開発

赤堀 博次

市川 武志

2006年12月、日本国内において携帯・移動体向けの地上デジタル放送サービス（通称：ワンセグ）が開始され、地上デジタルラジオ放送の試験放送が開始された。本放送方式は従来のアナログ放送と異なり、劣化やゴーストを抑え、高品質の映像・音声が届けられることが特徴となっている。しかしアンテナを定位置に設置した固定受信となる従来のテレビジョンとは異なり、携帯・移動体に用いられるため非常に厳しい電波伝搬状況にて受信可能となる受信器が求められている。

今回ワンセグおよびデジタルラジオ用OFDM-LSIであるML7107（写真1）を開発した。本LSIの概要および移動体端末に必要な受信特性（所用CNR、フェージング特性、長遅延特性）の他社比較結果を示し、本LSIの優位性を説明する。

地上デジタル放送用OFDM-LSIの概要

今回開発した地上デジタル放送用OFDM-LSI(ML7107)は、地上デジタルテレビジョン放送（ISDB-T）規格ARIB-STD-B31の「ワンセグ」（1セグ）および地上デジタル音声放送（ISDB-T_{SB}）規格ARIB-STD-B29（1/3セグ）に準拠している。

ISDB-TはUHF帯を用いた放送であり、従来の地上アナログ放送にて問題となるゴーストを抑えるべくOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplex）方式を採用している。OFDMとは、複数の搬送波を用いこれらを直交した周波数位置に配列した変調方式であり、GI（Guard Interval）を付加することでゴーストを発生させるマルチパスに強い性質を持つ。ISDB-Tでは、このOFDMを採用することでゴーストを抑えた高品質な映像・音声を実現することが可能となっている。

ワンセグとは、ISDB-Tの放送波を周波数方向に13分割した「セグメント」のうち、中心の1セグメント（1セグ）を用いて放送するサービスである。現在の運用（2007年2月現在）では残りの12セグメントはハイビジョン放送に使用されている。ハイビジョン放送に使用される12セグ

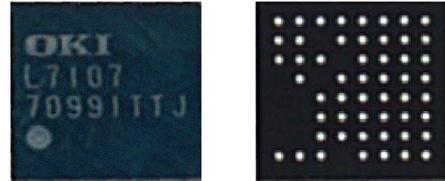


写真1 ML7107チップ

メントが高伝送速度を可能にする64QAMを使用しているのに対し、ワンセグではノイズ耐性に優れたQPSKにより携帯・移動体を考慮した放送パラメータを用いている。

ISDB-T_{SB}はVHF帯を用いた放送であり、ISDB-Tのワンセグ同様1セグメントのみによる放送と、連続する3つのセグメント（3セグ）を用いた放送がある。これらも携帯・移動体を考慮した放送パラメータを用いる。

今回開発した地上デジタル放送用OFDM-LSIのブロック構成を次項、図1に示す。

各ブロックの概要を以下に示す。

(1) ADC/DAC

本LSIは、アンテナおよびチューナLSIと組み合わせ使用することでUHF/VHFの地上デジタル放送を受信可能とする。チューナLSIとは、アンテナより受信した放送信号を本LSIに搭載されるADCがサンプリング可能な低い周波数の信号（Low-IF信号）に変換するLSIである。本LSIは前段のチューナLSIから出力されるLow-IF信号を入力とし、ADCによりデジタル信号に量子化を行う。

チューナLSIは受信電力に適した利得制御を行う必要がある。DACはチューナLSI内のVGA（Voltage Gain Amplifier）制御に用いる。

(2) 復調処理

復調処理ではOFDM復調およびデマッピングにて放送信号を復調する。同時に放送パラメータ等の情報を示すTMCC（Transmission and Multiplexing Configuration

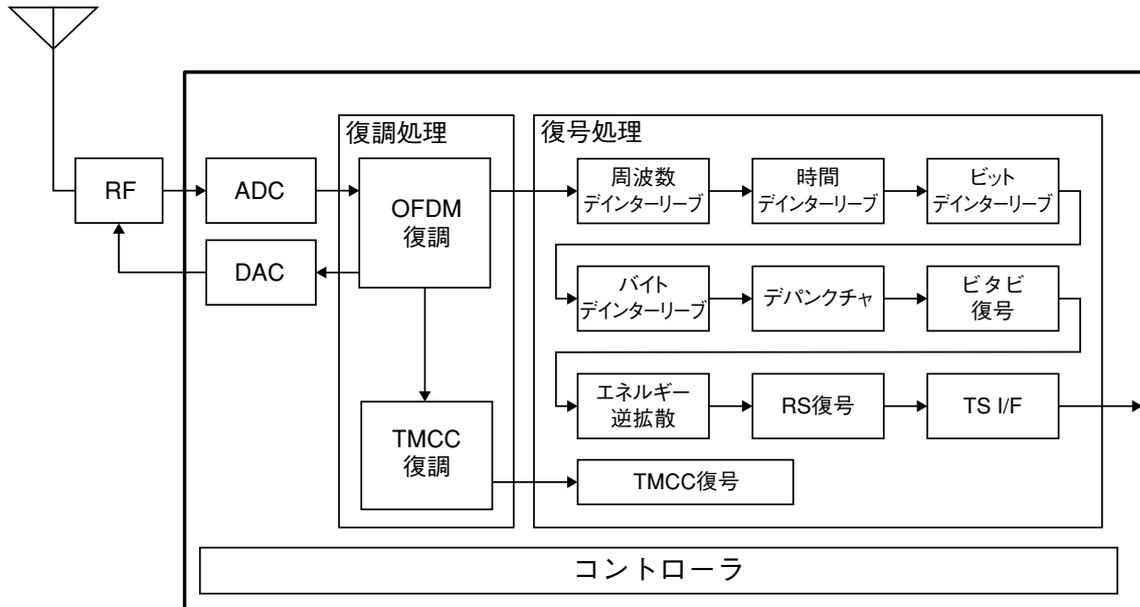


図1 ML7107ブロック図

Control) 復調も行う。デマッピングとは変調信号の複素座標位置に対応した復調信号に変換する機能であり、TMCCとは復調・復号に必要な放送パラメータ等の情報信号である。ISDB-T/ISDB-T_{SB}の1/3セグでは、放送信号の変調にQPSK/16QAMを用いることが可能であるが、現在の運用（2007年2月現在）ではすべてQPSKを用いている。

本LSIは、高い受信性能を実現するため、OFDM復調に弊社独自の方式を採用している。

(3) 復号処理

復号処理は周波数インターリーブ、時間インターリーブ、ビットインターリーブ、バイトインターリーブ、デパンクチャ、ビタビ復号、エネルギー逆拡散、RS復号（Reed-Solomon復号）、TSインタフェースの順で処理を行い、また、TMCC復号も行う。インターリーブとは誤り訂正復号の誤り入力信号を分散させるためのもので、ISDB-T/ISDB-T_{SB}にて規定される規則性に準じた順番並べ替えを行うものである。周波数インターリーブはOFDMのサブキャリアの順番を並べ替えるものである。時間インターリーブは復調された信号の順番を入れ替えるものである。ビットインターリーブ、バイトインターリーブはそれぞれビット単位、バイト単位で順番を入れ替えるものである。デパンクチャとは送信側にて予め間引かれた冗長性のある信号領域に暫定値を挿入するもので、間

引き方法はISDB-T/ISDB-T_{SB}にて規定される。ビタビ復号とは誤り訂正復号の一種で冗長性のある誤り訂正符号化された信号の誤り訂正を行うものである。エネルギー逆拡散は信号極性の偏りを無くしランダム性を持たせるもので、送信側にて掛け合わせた擬似雑音系列を逆に掛け合わせ元に戻すものである。RS復号とはブロック誤り訂正復号の一種で誤り訂正検出および誤り訂正復号を行うものである。TSインタフェースとはRS復号の出力信号を映像・音声の再生を行う後段のデコーダーに合ったインタフェースに変換するものである。これらの復号処理過程はISDB-T/ISDB-T_{SB}により規定されている。3セグ受信では、中心の1セグメントによるA階層受信と、両側の計2セグメントによるB階層が含まれ、時間インターリーブまでの処理は共有し、ビットデインターリーブ以降の処理はA/B階層それぞれ独立して行う。

(4) コントローラ

コントローラは、復調/復号処理の設定だけでなく、チューナLSIの設定や、受信開始前の放送波スキャン（チャンネルサーチとも言う）を制御する。放送波スキャンは信頼度と高速性を要求される機能であり、本LSIでは高い信頼度と高速性を実現している。

要求される受信性能

ワンセグに求められる代表的な受信性能を以下に示す。

(1) 受信エリアの拡大

従来の定位置に設置するタイプのアンテナは、放送波の受信方向が変化することが無いため、指向性の高いアンテナを放送局の見通しの良い位置に設置することで、高い受信電界を得ている。しかしワンセグでは、携帯・移動体端末本体に付属するアンテナにて放送波を受信するため、アンテナの受信利得が低く見通し外伝搬となり、高い受信電界を得ることが困難となる。そのため、受信装置には低い受信電界でも良好に映像・音声再生できることが強く要求される。

本事象に対する地上デジタル放送用OFDM-LSIの性能指標として、所要CNRが用いられる。所要CNRとは希望電力と擬似白色雑音電力（以後雑音電力）の比を表すものであり、値が小さいほど雑音電力の割合が大きいことを表す。所要CNRの値が小さいほど優れた受信性能を有することとなる。

(2) 高速移動受信

地上アナログ放送では、マルチパスやフェージングに弱いという点で、電車や自動車等の移動受信が困難であった。マルチパスとは、放送波が複数の伝搬路を通過し、受信アンテナに到来することを言う。伝播路の経路長が異なるほど受信アンテナに到来する時間に差が生じ、地上アナログ放送では映像が重なる「ゴースト」が現れる原因となる。フェージングとは電波伝搬上の物理現象で、マルチパスによる複数の経路を通った放送波の合成が受信アンテナの移動や時間経過に伴い位相やレベルが変動することである。特に移動速度が速い場合はこれら変動も早くなり、適切な受信が困難になる。ワンセグでは、携帯・移動体端末による電車や自動車等の移動受信を想定しており、インターリーブ等の技術が放送方式として盛り込まれている。フェージングによる受信レベルの一時的な落ち込みにより復調信号の誤りが生じてもインターリーブにて誤り信号を分散し、後段の誤り訂正復号の訂正効果を高められるためである。

しかしOFDM方式は、マルチパスに強い反面、移動時にICI (Inter carrier interference) 等により受信品質劣化が生じる。ICIとはOFDMの各サブキャリアの直交性が崩れ、不要なサブキャリアの信号成分が雑音成分となって回線品質を劣化させることを言う。特に高速鉄道等の高速移動時に生じるこれら受信品質の劣化は大きく、映

像・音声の再生をより困難にする。

本事象に対する地上デジタル放送用OFDM-LSIの性能指標として、フェージング特性を用いている。放送周波数と移動速度からフェージングに用いられるドップラー周波数が換算され、ドップラー周波数が高いほど移動速度が速くなる。

(3) SFN

前述のように、マルチパスは伝播路の経路長が異なるほど受信アンテナに到来する時間に差が生じ、地上アナログ放送では映像が重なる「ゴースト」が現れる原因となる。

地上デジタル放送では、GI (Guard Interval) を用いたOFDM方式を採用している。GIを用いることでマルチパスによる影響を軽減することが可能となる。この性質を生かし地上デジタル放送では、電波資源の有効活用のため、中継局が本放送局もしくは親となる中継局と同一の周波数にて放送波を送出する方式 (SFN: Single Frequency Network) が採用されている。

本放送局からの放送波を受信し中継局を生成するSFN中継局の送出タイミングは、本放送局から中継局までの伝搬遅延および受信・送信処理により遅延が生じる。さらに親となるSFN中継局から放送波を受信するSFN中継局は、本放送局からの送出タイミングに比べさらに遅延が加わることとなる (図2)。

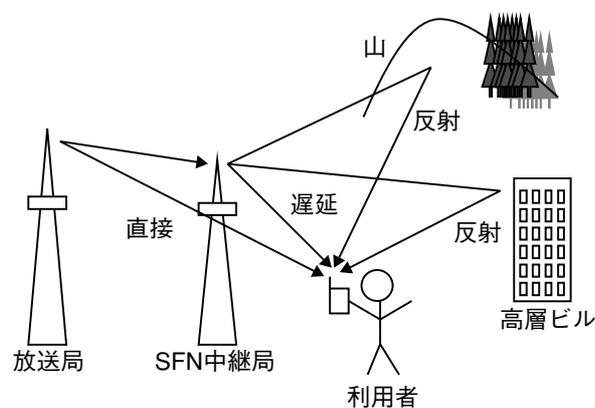


図2 遅延パス

ワンセグ受信装置は、受信する場所によりこれら本放送局・SFN中継局からの伝搬遅延も加わり、地上アナログ放送では生じ得ない非常に長い遅延を持ったマルチパス受信となる場合が起こりうる。この遅延時間はGIを越える場合も起こりうると考えられている。

表1 特性比較

項目	評価基準	ML7107	A社	B社	C社	単位
所要CNR	映像が途切れる	4.3	5.2	4.4	4.8	dB
	映像が止まる	4.1	5.0	4.3	4.6	dB
フェージング特性	映像が途切れる	150 以上※	100	100	100	Hz
	映像が止まる	150 以上※	110	110	110	Hz
長遅延特性	映像が途切れる	200	120	210	210	us
	映像が止まる	230	140	220	220	us

※ ML7107のフェージング特性は測定器制約により150Hzで評価中止

本事象に対する地上デジタル放送用OFDM-LSIの性能指標として、長遅延特性を用いている。等電力となるパスの時間間隔が遅延時間に相当する。

性能比較

他社ワンセグ搭載携帯端末3機種と弊社開発のML7107を用いた映像再生評価系を用い、この4つの映像を目視にて確認した。評価方法はA)映像が途切れ始める若しくは乱れ始める、B)映像が止まる、の2つの状態における各評価環境の値で比較した。

評価結果を表1に示す。本評価は運用されている放送パラメータを用いた。

これら性能比較結果により、今回開発した地上デジタル放送用OFDM-LSIは他社と同等以上の性能であることが分かる。特にフェージング特性は優れており、高速移動時の受信を実現している。東京タワーにて放送される放送周波数において、ドップラー周波数150Hzは時速約300km/hに相当する。

今後の展開

地デジおよび当社が開発したワンセグおよびデジタルラジオ用OFDM-LSI LSI (ML7107) についての説明は上記の通りである。今般、携帯機器に多く適用され、低消費電力化、小型化を求める声が高くなってきている。そこでさらに市場競争力を高めるため、今後はOKIの得意とするCMOS-RF技術を適用しチューナLSIとOFDM LSIの1チップ化に取り組んでいく。 ◆◆

● 筆者紹介

赤堀博次：Hiroji Akahori. シリコンソリューションカンパニー
通信・車載システムビジネス本部 通信LSI設計第一部

市川武志：Takeshi Ichikawa. シリコンソリューションカンパニー
通信・車載システムビジネス本部 通信LSI設計第一部