

DOCSIS 最新動向
～ DOCSIS 3.1、4.0の
国際標準化に伴う国内での製品適用性 ～

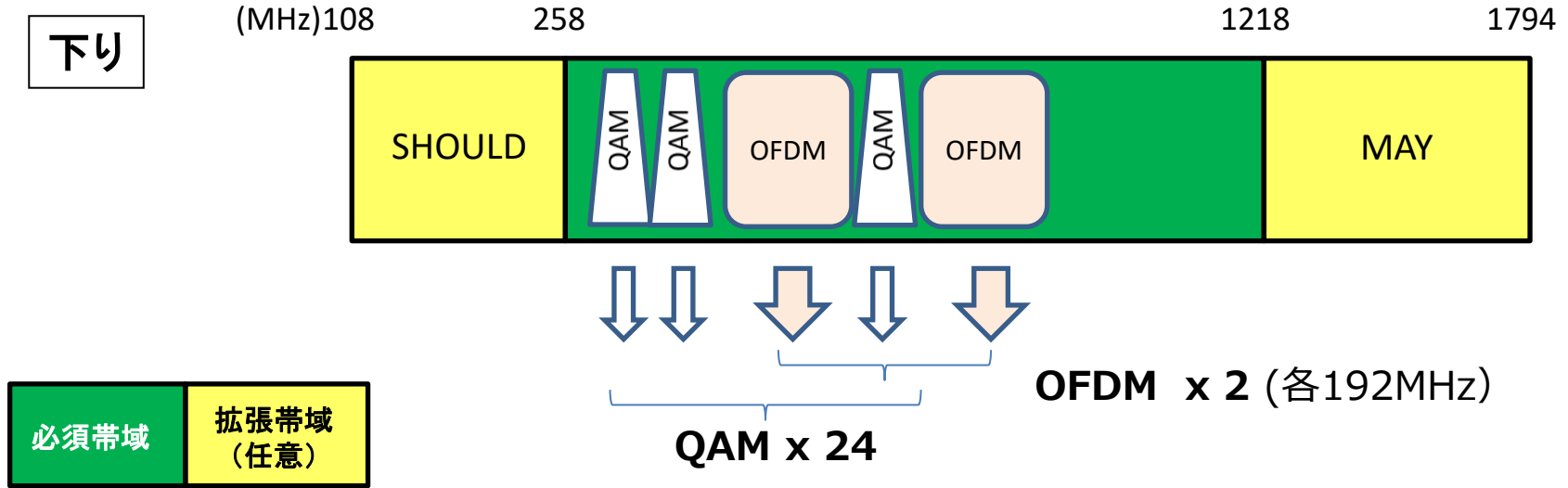
一般社団法人日本ケーブルラボ

DOCSIS仕様のITU-T勧告化

米ラボ呼称	ITU-T呼称	ITU-T勧告	備考
DOCSIS 1.0	1 st Generation	ITU-T J.112	<ul style="list-style-type: none"> •Data Over Cable System Interface Specificationの初版 •HFC上の高速データサービスのための規格
DOCSIS 1.1		ITU-T J.112 Annex B	<ul style="list-style-type: none"> •トラフィック優先度に対応したQoS機能を追加
DOCSIS 2.0	2 nd Generation	ITU-T J.122	<ul style="list-style-type: none"> •上り変調方式を追加し、周波数利用効率(b/s/Hz)を改善 •上り物理層にS-CDMAを追加
DOCSIS 3.0	3 rd Generation	ITU-T J.222	<ul style="list-style-type: none"> •チャンネルボンディングにより伝送容量を拡大 •IPv6およびMulticast QoS機能
DOCSIS 3.1	J.4GDocsis	J.225(新規)	<ul style="list-style-type: none"> •OFDM + LDPC、下りオプション帯域拡張
DOCSIS 4.0	J.5GDocsis	J.224(改訂)	<ul style="list-style-type: none"> •DOCSIS 3.1+FDX + FDD ESD (必須帯域拡張)
	新サプリメント	J. Sup.10	<ul style="list-style-type: none"> •米ラボ仕様とITU-T勧告の関係を解説

DOCSIS 3.1/4.0の日本での利用可能性

DOCSIS3.1のシステム要件(下り)



7.2.1 Downstream CM Spectrum

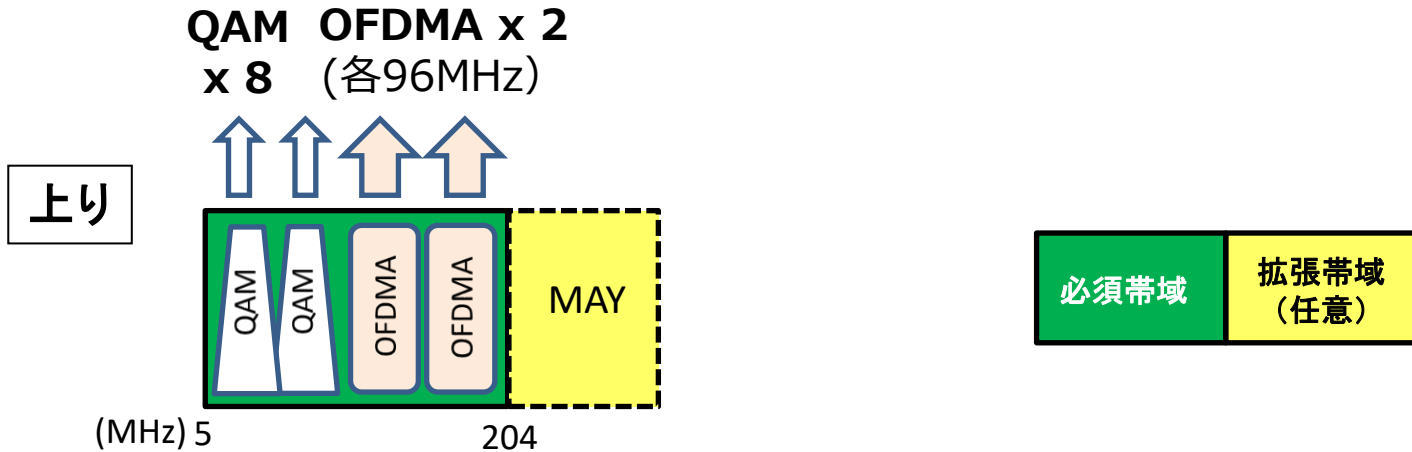
- The CM **MUST** support a minimum of two independently configurable OFDM channels each occupying a spectrum of up to 192 MHz in the downstream.
- The demodulator in the CM **MUST** support receiving downstream transmissions up to at least 1.218 GHz.
- The demodulator in the CM **MAY** support receiving downstream transmissions up to at least 1.794 GHz.

7.2.1 下りCMスペクトラム

- CMは下りで各々**最大192MHz帯域**を占有する、独立して構成可能な**最少2つのOFDMチャンネル**をサポートしなければならない(**必須**)
- CMの復調器は最低1,218GHzまでの下り信号の受信をサポートしなければならない(**必須**)
- CMの復調器は最低1,794GHzまでの下り信号の受信をサポートしてもよい(MAY)

DOCSIS3.1のシステム要件(上り)

1794



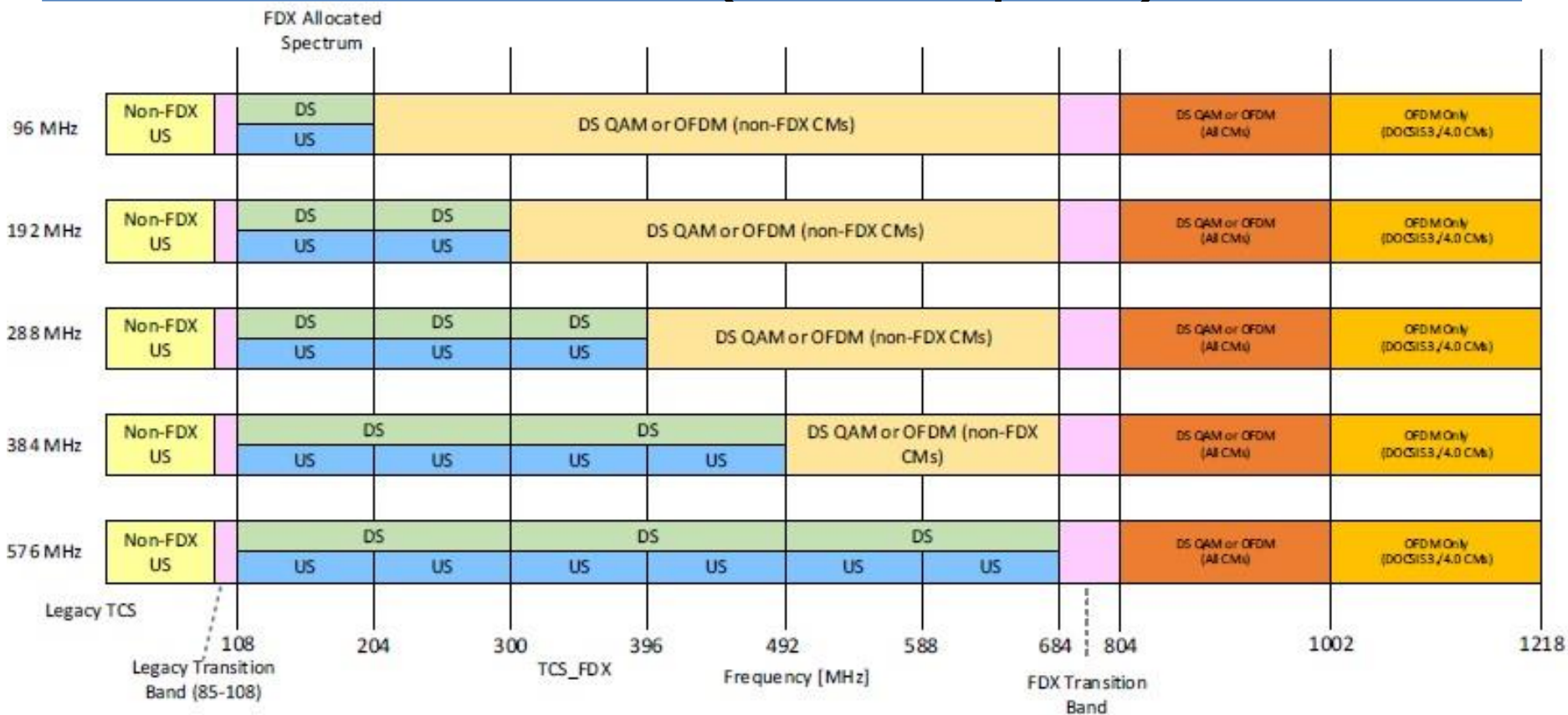
7.2.3 Upstream CM Spectrum

- The CM **MUST** support a minimum of two independently configurable OFDMA channels each occupying a spectrum of up to 95 MHz in the upstream.
- The CM **MAY** support more than two independently configurable OFDMA channels each occupying a spectrum of up to 95 MHz in the upstream.
- The CM modulator **MUST** support upstream transmissions from 5 to at least 204 MHz and agile placement of the OFDMA channels within that range.

7.2.3 上りCMスペクトラム

- CMは上りで各々**最大95MHz帯域**を占有する、独立して構成可能な**最少2つのOFDMAチャンネル**をサポートしなければならない(**必須**)
- CMは上りで各々最大95MHz帯域を占有する、独立して構成可能な3以上のOFDMチャンネルをサポートしてもよい(MAY)
- CMの変調器は5MHzから最低204MHzまでの上り送信とその帯域内でのOFDMAチャンネルの迅速な割当てをサポートしなければならない(**必須**)

DOCSIS4.0のFDX(Full Duplex)周波数プラ



7.2.2.5.5 Full Duplex Channel Band Rules

- The Full Duplex Band is defined as extending from 108 MHz to 684 MHz regardless of whether FDX channels occupy the whole band.

7.2.2.5.5 フル・デュプレックスチャンネル帯域ルール

- フル・デュプレックス帯域はFDXチャンネルが全帯域を占有するしないに関わらず108 MHz から684 MHz までを定義する。

DOCSIS4.0のFDX周波数プラン(続き)

The FDX Node MUST support the configuration of the following bandwidths for the FDX Allocated Spectrum and the sub-band options:

- 96 MHz: Occupying 108 MHz to 204 MHz. Supporting 1 sub-band; composed of a 96 MHz FDX US channel and a 96 MHz FDX DS channel.
- 192 MHz: Occupying 108 MHz to 300 MHz. Supporting 2 sub-bands. Each sub-band is configured to be 96 MHz wide, composed of 1 FDX US channel and 1 FDX DS channel.
- 288 MHz: Occupying 108 MHz to 396 MHz. Supporting 3 sub-bands. Each sub-band is configured to be 96 MHz wide, composed of 1 FDX US channel and 1 FDX DS channel.
- 384 MHz: Occupying 108 MHz to 492 MHz. Supporting 2 sub-bands. Each sub-band is configured to be 192 MHz wide, composed of 2 FDX US channels and 1 FDX DS channel.
- 576 MHz: Occupying 108 MHz to 684 MHz. Supporting 3 sub-bands. Each sub-band is configured to be 192 MHz wide, composed of 2 FDX US channels (96 MHz wide each) and 1 FDX DS channel.

FDXノードはFDX割当てスペクトラムとサブ帯域オプションについて以下の構成をサポートしなければならない (MUST)

- 96 MHz: 108～204 MHzを占有;1サブ帯域をサポート; 96 MHz FDX 上り 1 chと96 MHz FDX 下り1ch
- 192 MHz: 108～300 MHzを占有; 2サブ帯域をサポート; 各々96 MHz幅; FDX 上り 1 chとFDX 下り1ch.
- 288 MHz: 108～396 MHzを占有; 3サブ帯域をサポート; 各々96 MHz幅; FDX 上り 1 chとFDX 下り1ch.
- 384 MHz: 108～492 MHzを占有; 2サブ帯域をサポート; 各々192MHz幅で、FDX 上り 2chとFDX 下り 1ch.
- 576 MHz: 108～684 MHzを占有;. 3サブ帯域をサポート; 各々192MHz幅で、FDX 上り 2chとFDX 下り 1ch.

D4.0におけるFDX(原文)

7.2.2.1 Downstream FDX CM Spectrum

- The FDX CM's demodulator **MUST** support receiving downstream full duplex channels from 108 MHz to 684 MHz.

7.2.2.3 Upstream FDX CM Spectrum

- The FDX CM modulator **MUST** support upstream transmissions from 5 MHz to 85 MHz and from 108 MHz to 684 MHz. Upstream transmission between 85 MHz and 108 MHz is not required.

Item	Device	OFDM/OFDMA	SC-QAM
Downstream Channel Support	CM	5 total OFDM channels; 3 channels capable of FDX operation; All channels capable of non-FDX operation up to 1218 MHz	32
	CMTS	6 total OFDM channels; 3 channels capable of FDX operation; All channels capable of non-FDX operation up to 1218 MHz	32
Upstream Channel Support	CM	At least 7 total OFDMA channels; 6 channels capable of FDX operation; 2 channels capable of non-FDX operation within the legacy diplexer configuration. (Some channels can be configurable to support either FDX or non-FDX operation. When supporting 6 FDX OFDMA channels, only 1 non-FDX OFDMA channel is required.)	4 (or 8) SC-QAM channels, operating within the legacy diplexer configuration
	CMTS	8 total OFDMA channels; 6 channels with FDX operation; 2 channels capable of non-FDX operation based on operator deployment requirements.	4 (or 8) SC-QAM channels, operation dependent on operator deployment requirements

DOCSIS4.0 FDXの概要

7.2.2.1 FDX下りCM

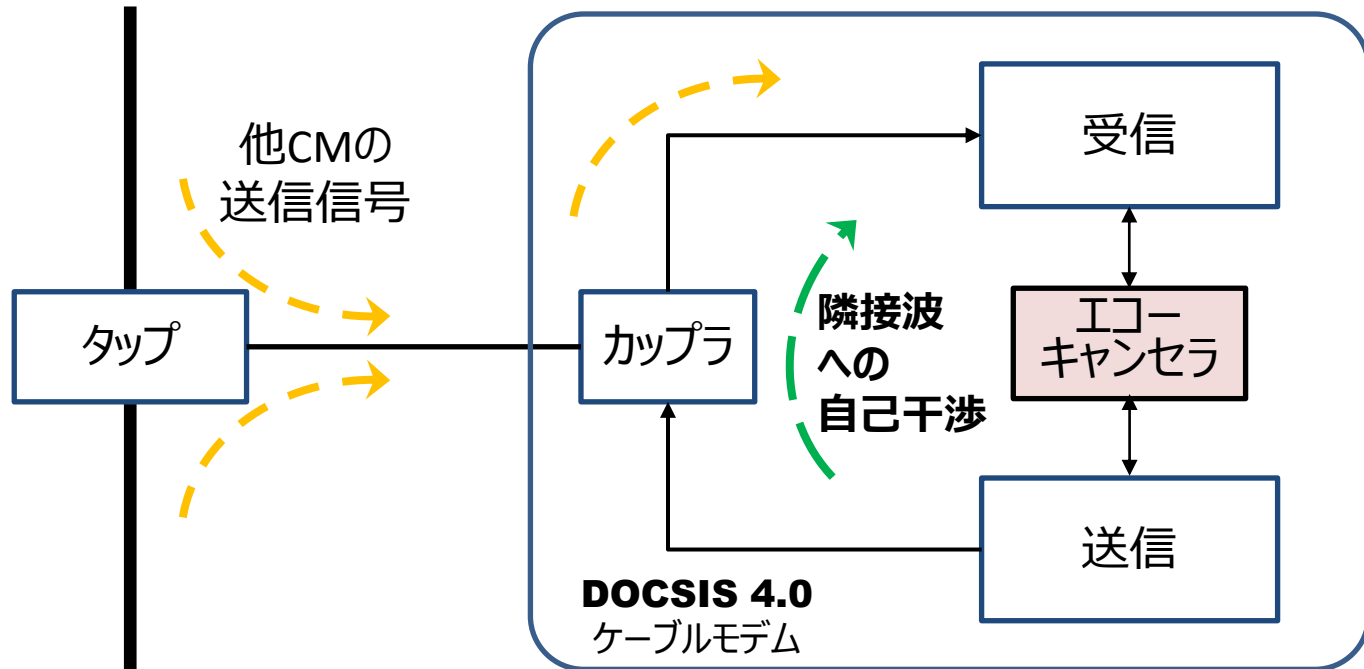
- FDX対応CMの復調器は、108MHz～684MHzのFDX下りチャンネルの受信をサポート(必須)

7.2.2.3 FDX上りCM

- FDX CM変調器は5～85MHzと108～684MHzの上り送信をサポート(必須)
85～108MHz帯域では上り送信は必要ない。

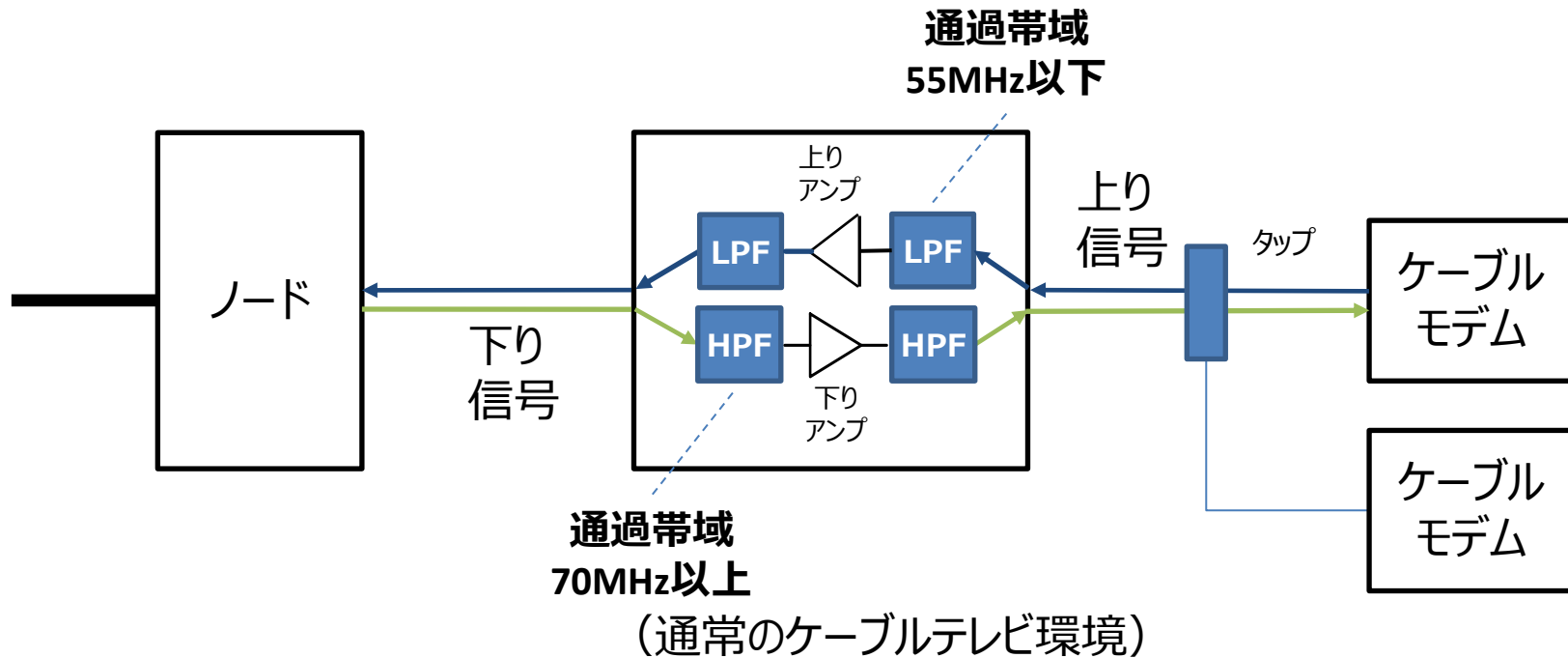
項目	装置	OFDM/OFDMA	SC-QAM
下りチャンネル数	CM	OFDMチャンネル合計5 (1チャンネル=最大192MHz帯域幅) 3チャンネルはFDX運用可能 全てのチャンネルは1218MHzまでの帯域で非FDX運用が可能	32
	CMTS	OFDMチャンネル合計6 (1チャンネル=最大192MHz帯域幅) 3チャンネルはFDX運用可能 全てのチャンネルは1218MHzまでの帯域で非FDX運用が可能	32
上りチャンネル数	CM	OFDMAチャンネル最少7 (1チャンネル=最大96MHz帯域幅) 6チャンネルはFDX運用可能 従来のDiplexer構成で2チャンネルは非FDX運用が可能 (いくつかのチャンネルは、FDXか非FDX運用の選択が可能。FDX OFDMAを6チャンネルサポートする場合は、非FDX OFDMAチャンネルは1で可)	4(オプションで8) 従来のDiplexer構成で運用
	CMTS	OFDMAチャンネルは合計8 (1チャンネル=最大96MHz帯域幅) 6チャンネルはFDX運用可能 事業者の要件によっては2チャンネルは非FDX運用が可能	4(オプションで8) 事業者の要件による運用

FDXの原理



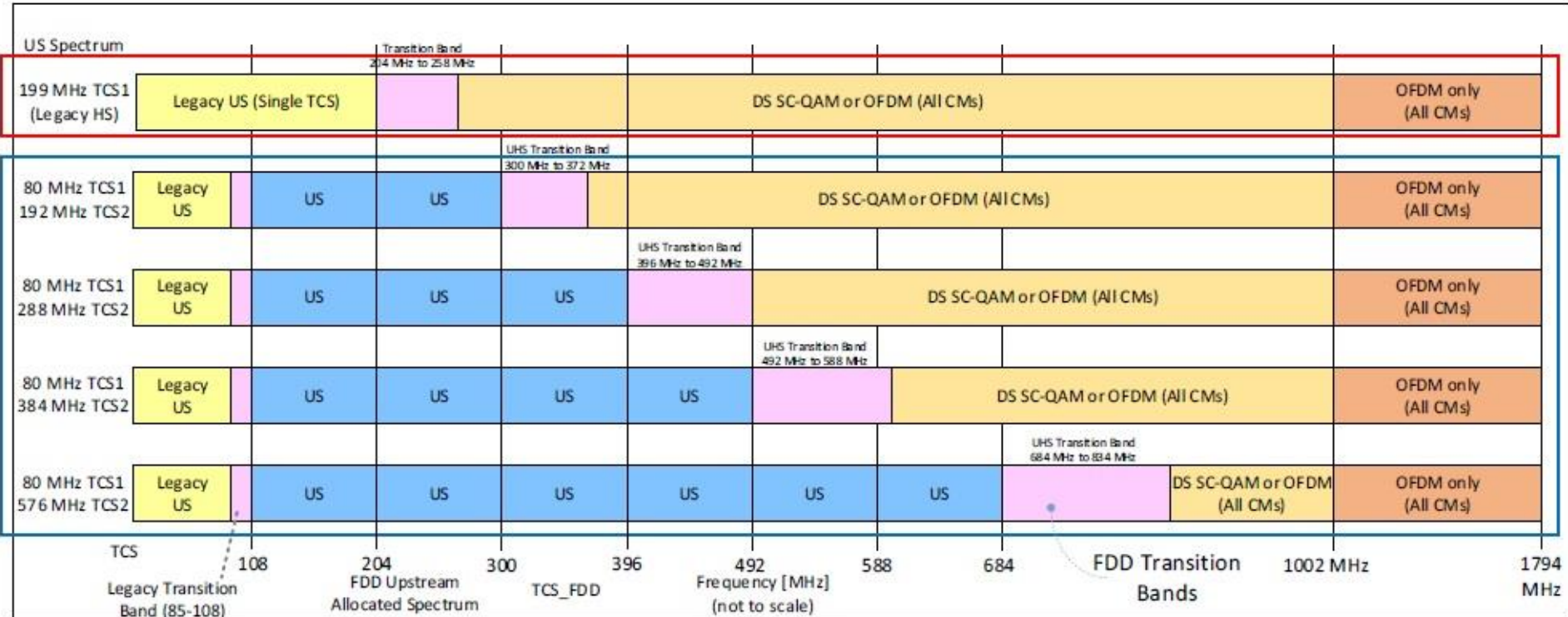
- 同じCMの上りと下りはFDX帯域(108～684MHz)内の異なる周波数を割当てる
- CMの上り送信信号に付随する帯域外スプリアス信号の自身の受信機への回り込み（隣接チャンネルへの漏れ・干渉）はエコーキャンセラで除去
- CMの上り信号が他のCMの下り信号受信に干渉するか否かを事前に検証し、干渉するCMのグループを干渉グループ(IG)と定義
 - あるCMが送信中は、そのCMが属するIG内の他のCMに、同じ周波数を下り用に割当てない
- CMTSは常時、全帯域を上り・下り同時に利用するので、エコーキャンセラで干渉を除去

アンプがある環境でFDXが利用できない理由



- 通常のケーブルシステムでは、上図のように上り信号は55MHz以下、下り信号は70MHz以上を使用し、それぞれの方向の信号に対応するアンプで信号を増幅
- FDX帯域(108～684MHz)では、上り・下りの両方の信号を通すためにフィルタはなく、このため、例えば上りアンプの出力が下りアンプ⇒再び上りアンプへと回り込んで発振状態となる。
- このように単線である同軸ケーブル上で方向性のあるアンプを使用する場合は、フィルタで帯域を分ける必要があるが、FDXではこれができないので、アンプのある環境では利用できない

DOCSIS4.0のFDD(周波数分割)周波数プラン



DOCSIS 3.1 高スプリットモード
(上り204MHzまで拡張)

DOCSIS 4.0 モード

- DOCSIS 4.0対応CMは1,794MHzまでの下り周波数への対応が**必須**(DOCSIS 3.1対応CMでは1,218MHz~1,794MHzの対応はオプション)
- DOCSIS 4.0モードでは、FDX用帯域を上りに使用可能

D4.0におけるFDD(原文)

7.3.2.1 Downstream CM Spectrum

- The demodulator in the FDD CM **MUST** support receiving downstream transmissions to at least 1794 MHz.

7.3.2.3 Upstream CM Spectrum

- The FDD CM modulator **MUST** support upstream transmissions from 5 MHz to 204 MHz in a single (legacy) TCS, including the frequency range from 85 MHz to 108 MHz when using a 204 MHz diplex filter and the transmit power requirements in [DOCSIS PHYv3.1].
- The FDD CM modulator **MUST** support upstream transmissions from 5 MHz to 85 MHz (legacy TCS) and from 108 MHz to the upstream upper band edge (TCS_FDD) when using any of 300 MHz, 396 MHz, 492 MHz or 684 MHz diplex filter options; in these cases, upstream transmission between 85 MHz and 108 MHz is not required

Item	Device	OFDM/OFDMA	SC-QAM
Downstream Channel Support	CM	5 OFDM channels	32
	CMTS	6 OFDM channels	32
Upstream Channel Support	CM	7 OFDMA channels	4 upstream SC-QAM channels, operating within the diplex filter configuration. Optional support for up to 8 SC-QAM channels
	CMTS	8 OFDMA channels	4 upstream SC-QAM channels, operation dependent on operator deployment requirements. Optional support for up to 8 upstream SC-QAM channels.

DOCIS4.0 FDDの概要

7.3.2.1 下りCMスペクトラム

- FDD CMの復調器は最小1794MHzまでの下り伝送信号をサポート**(必須)**

7.3.2.3 上りCMスペクトラム

- FDD CMの変調器は、204MHzのダイプレクスフィルタとDOCIS 3.1の送信電力要件を用いる場合、85～108MHz帯域を含む5～204MHzの単一のTCS (Transmit Channel Set)で上り送信をサポート**(必須)**
- FDD CM変調器は5～85MHzの従来のTCS (Transmit Channel Set)で上り送信をサポート**(必須)**、また300、396、492または684MHzのダイプレクスフィルタを用いる場合は、108MHzから上り帯域上端(TCS_FDD)までの帯域で上り送信をサポート**(必須)**。この場合、85～108MHz帯域では上り送信は必要ない。

項目	装置	OFDM/OFDMA	SC-QAM
下り チャンネル数	CM	OFDMチャンネル合計5 (1チャンネル=最大192MHz帯域幅)	32
	CMTS	OFDMチャンネル合計6 (1チャンネル=最大192MHz帯域幅)	32
上り チャンネル数	CM	OFDMAチャンネル最少7 (1チャンネル=最大96MHz帯域幅)	4(オプションで8) 従来のDiplexer構成で運用
	CMTS	OFDMAチャンネル8 (1チャンネル=最大96MHz帯域幅)	4(オプションで8) 事業者の要件による運用

ベンダヒアリング結果

DOCSISベンダに、日本国内でのDOCSIS 3.1/4.0の運用上の制約を問合せた結果。

- DOCSIS3.1モデムは日本の周波数に対応。上りは65MHzまでのMidSplit製品を使えば、回り込みは無い
- 下り周波数は、1GHz以上はBS信号とマンションで混在運用した場合に、回り込みによる影響を受けるため、1GHzまでとして、MOCAフィルター内蔵したものが必要になる（1.2GHz対応製品）
- 日本の周波数テーブルスキャン（起動時の下りの周波数スキャンに日本の周波数テーブルを組み込む）ソフトウェア対応で比較的容易
- 電源コードやアダプターにPSE対応。本体にVCCI認定：事業者様によっては、電源コードに火災防止のトラッキング対応が要求される
- 雷対策（電源ポートはアダプターで対応、イーサネットポートはイーサネットスイッチ基盤で対応、同軸ケーブルはダイプレクサーで対応）日本の事業者様は世界で一番雷対策要求が厳しい。HW変更が必要
- 事業者様によっては、JATEの認定を必要とされるケースがある（郵送交換ができるようにするため）

結論

1. DOCSIS 3.1の必須周波数(～1.218GHz)のうち、1GHzまでは日本のケーブルシステムでの利用上、問題ない
 - 1GHz以上はBS信号とマンションで混在運用した場合に、回り込みによる影響を受けるため、1GHzまでの運用として、MOCAフィルターで影響を回避
 - BS-IFを利用しない環境、特に戸建て住戸では1GHz以上が利用可能
2. DOCSIS 4.0の拡張帯域(1G～1.8GHz)の利用も3.1と同様の状況
3. ただし、1GHz以上の周波数を利用しない場合、DOCSIS 4.0 CMは対応周波数的にはオーバースペックなので価格的に非効率
4. FDX(Full Duplex)運用の前提となるN+0(増幅器なし)環境は日本では少ない (将来的にFiber Deepが進めば、N+0環境は増加する可能性あり)