

CATVインターネットの裏側と 最新動向

2016年10月
シンクレイヤ株式会社

CATVインターネットの始まり

- 1990年初めから中頃にかけて、ベンチャー企業を中心に同軸ケーブルを使った様々なデータ通信機器が登場

- 『**独自型**』

- ✓LANcity (1990,米国)
- ✓COM21 (1992,米国)
- ✓Terayon (1993,イスラエル)
- ✓モトローラ

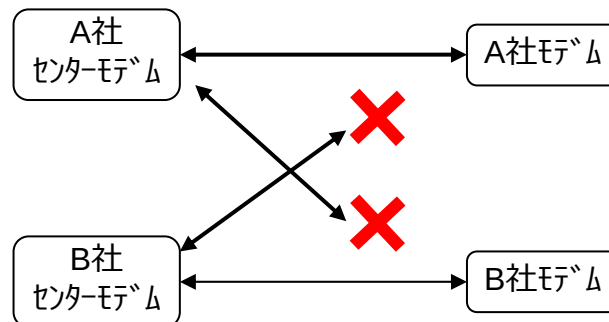


LANcity社 LCP

- 6MHz/QPSK (10Mbps) 対称型
- 約3kg

日本では、武蔵野三鷹ケーブルテレビ（東京都）とCTY（三重県）で1996年サービス開始

- 同じメーカーでないと接続できない



規格の標準化

- 北米CATV事業者は「独自型」でサービス開始していたが、規格の標準化に着手
→ 『**DOCSIS**』



DOCSISとは

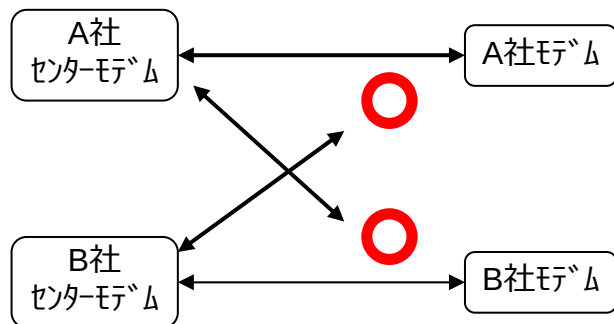
- **DOCSIS** Data-Over-Cable Service Interface Specifications
→ ケーブル上でデータ通信を行なうサービス形式の規格
- ケーブルテレビ網を利用した高速データ通信の“国際標準規格”として、
1997年にDOCSIS1.0策定
 - **MCNS** Multimedia Cable Network System Partners Limited
 - ✓ ケーブル・モデムの標準化推進団体
 - ✓ 規格・仕様の策定
 - ↓
 - **CableLabs**
 - ✓ ケーブルテレビ事業に関わる研究開発を行う非営利団体であり、
世界中の主要なケーブル事業者で構成
 - ✓ 実際の接続試験、認定、仕様の保守を行なう



DOCSIS準拠によるメリット

- 『標準規格：DOCSIS』

- インターオペラビリティ（Interoperability、相互接続性・相互運用性）



- マルチベンダ（複数の製造業者が参入）

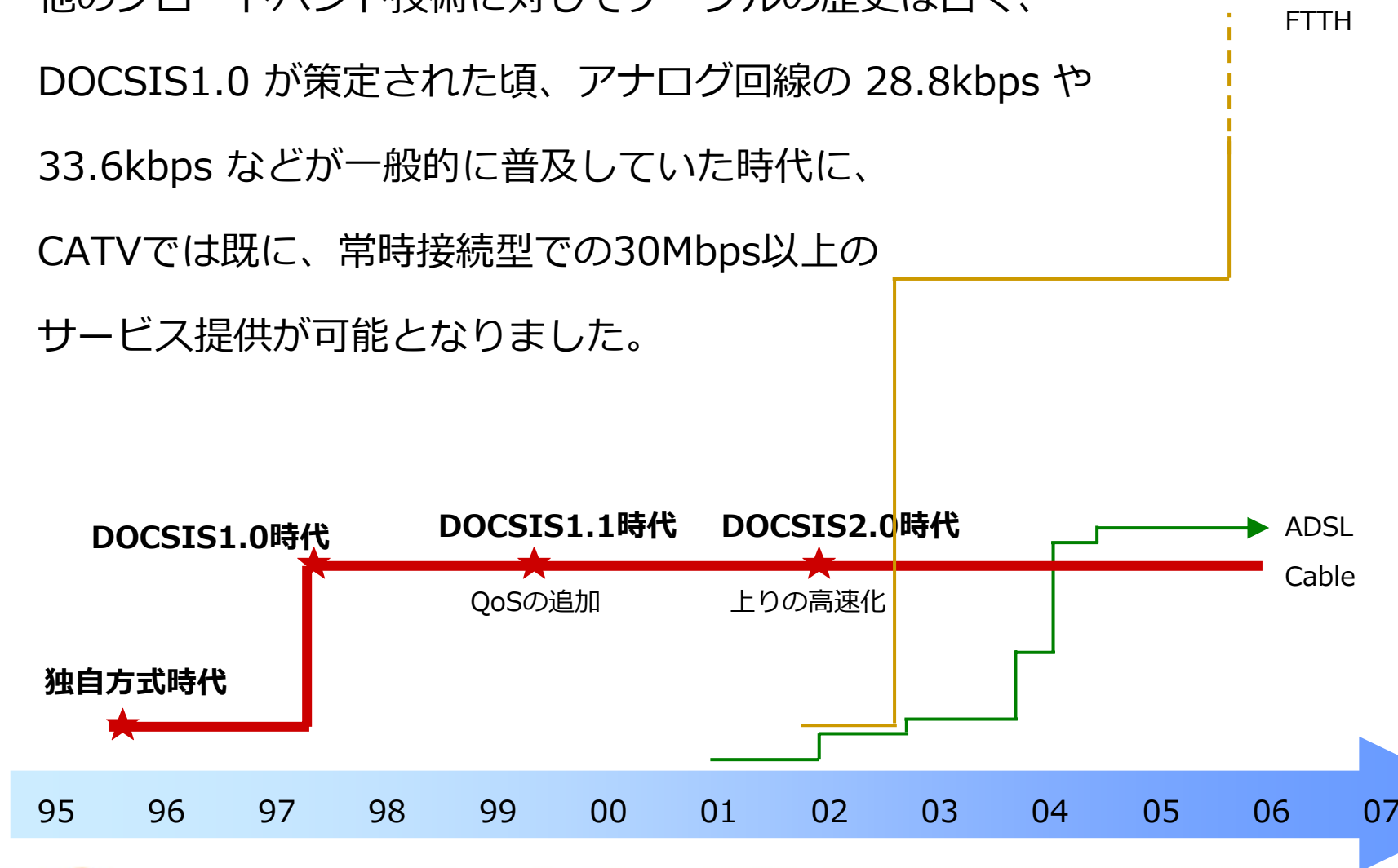
- ✓チップ共通化
- ✓コスト低減
- ✓供給安定

- 北米だけではなく、日本国内CATV事業者も採用



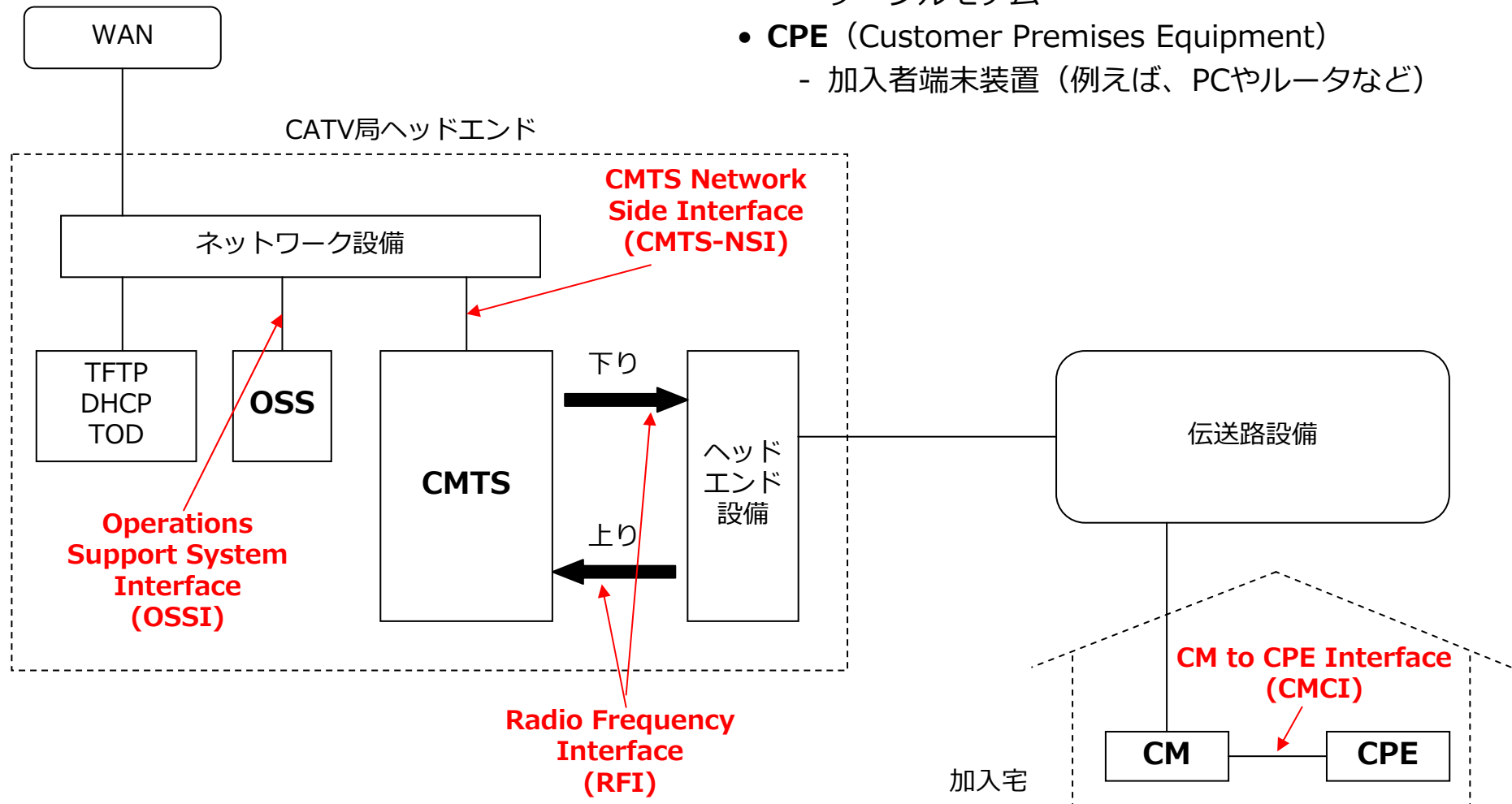
当時のインターネット通信の速度

他のブロードバンド技術に対してケーブルの歴史は古く、
DOCSIS1.0 が策定された頃、アナログ回線の 28.8kbps や
33.6kbps などが一般的に普及していた時代に、
CATVでは既に、常時接続型での30Mbps以上の
サービス提供が可能となりました。



DOCSISアーキテクチャ

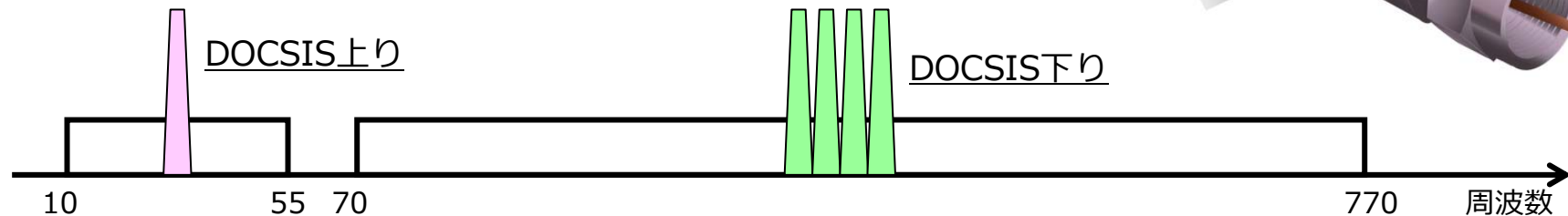
- **CMTS** (Cable Modem Termination System)
 - センターモデム、ケーブルモデム終端装置
- **CM** (CableModem)
 - ケーブルモデム
- **CPE** (Customer Premises Equipment)
 - 加入者端末装置 (例えば、PCやルータなど)



RFI : 下り信号 と 上り信号

上り : Upstream

下り : Downstream



- STM (伝送路監視)
- 上り中継

- STM (伝送路監視)
- FM
- デジタル放送 (OFDM)
- BS-TM (64QAM Annex.C)
- CS-TM (64QAM Annex.C)
- PG

- 日本と米国 周波数の違い ※代表的なケース
 - 下り 日本 70~770MHz、米国 88~860MHz
 - 上り 日本 10~55MHz、米国 5~42MHz

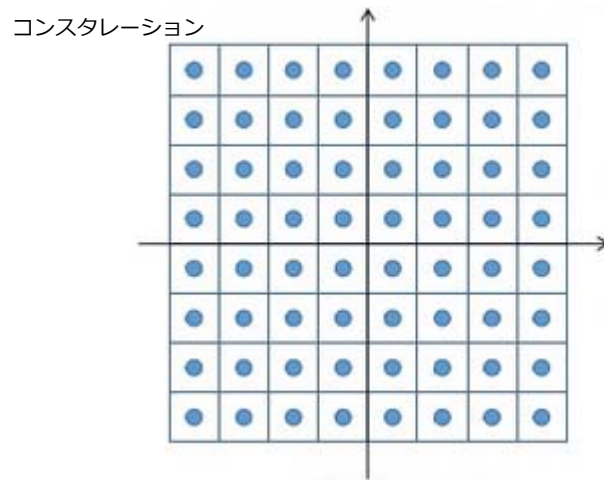


下り : Downstream

周波数範囲 (Frequency Range)	88~860MHz (米国)
周波数帯域幅 (Frequency Bandwidth)	6MHz
変調方式 (Modulation Type)	64QAM 256QAM
データレート (Data Rate)	30.342 Mbps (64QAM) 42.884 Mbps (256QAM)

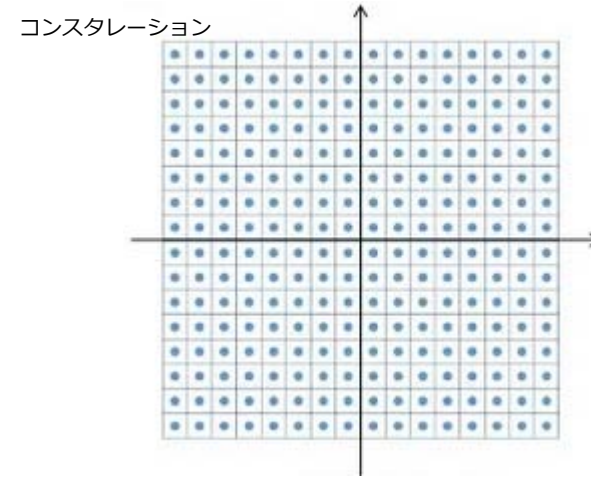
64QAM

8x8の64値のシンボル = 6ビット伝送



256QAM

16x16の256値のシンボル = 8ビット伝送



※ QAMとは日本語では直交振幅変調となります。これは、互いに直交する2つ搬送波の振幅と位相を変更・調整することによってデータを伝達する変調方式です。

データレートは何で変わってくるのか？

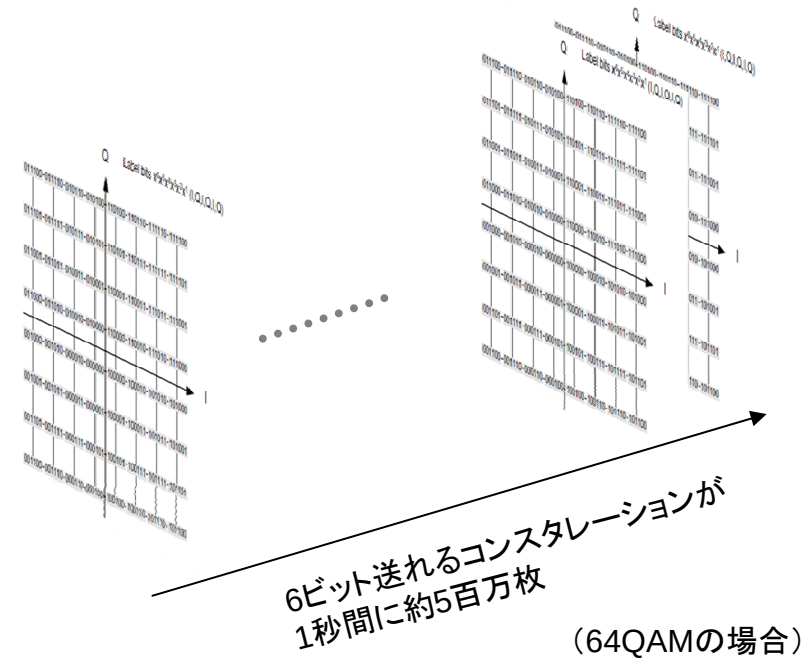
ケーブルでの物理速度は変調方式によって変わります。
それは、コンスタレーションに当てはめるシンボル数と、
シンボル数から使えるビット数により、
一度に送れるデータ量と1秒間に送ることが出来る
シンボル数から速度は計算されます。

< 64QAM >

$$6\text{bit} \times 5.056941\text{Msym/sec} = 30.341646\text{Mbps}$$

<256QAM>

$$8\text{bit} \times 5.360537\text{Msym/sec} = 42.884296\text{Mbps}$$



四方山話

物理速度に対して実効速度は遅くなります。

それはDOCSISヘッダや誤り訂正用の冗長ビットなどが付いているためです。

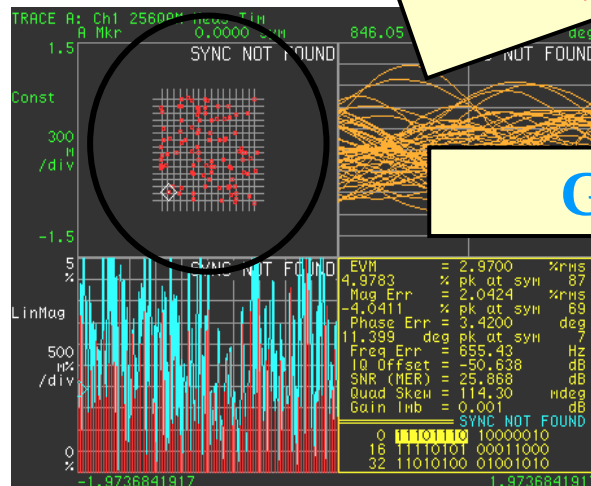
特に上りには、複数のCMがぶつからないようにするインターバルや信号を安定させるプリアンプル、
距離の違うCMを通信させるためのオフセットなどにより、物理的に伝送可能な容量の全てを
データに使えないためです。

信号品質の劣化：C/N比（CNR）とコンスタレーション

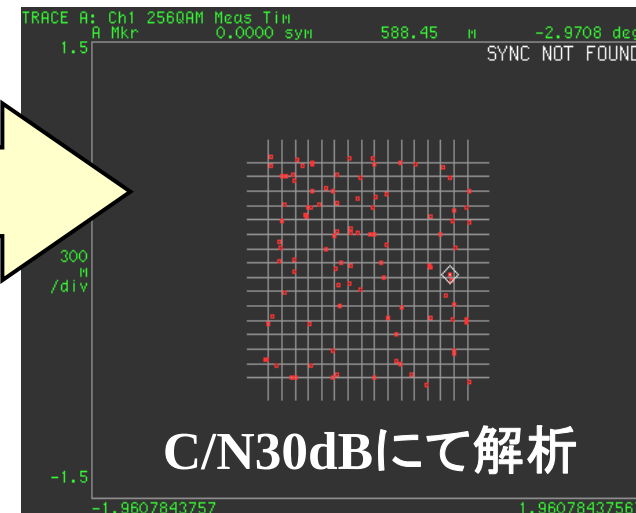
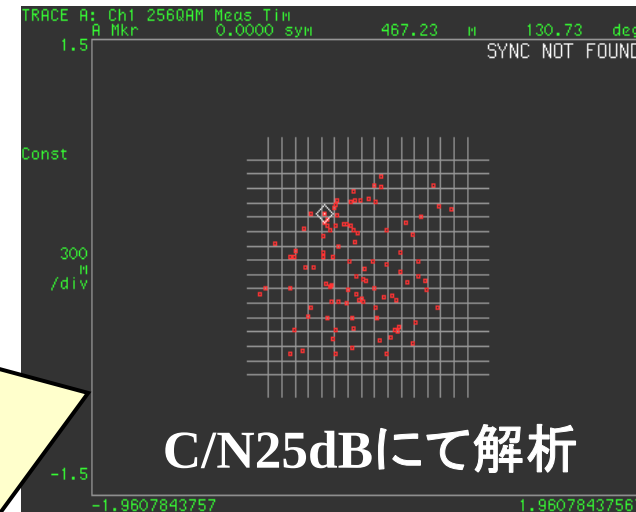
256QAM信号をベクトルシグナルアナライザで見たコンスタレーション

CN比が悪化するとノイズの影響で理想的な信号点にプロットできない。

※ CN比：Carrier to Noise ratio（搬送波と雑音の比）



(Agilent社製8941A使用)



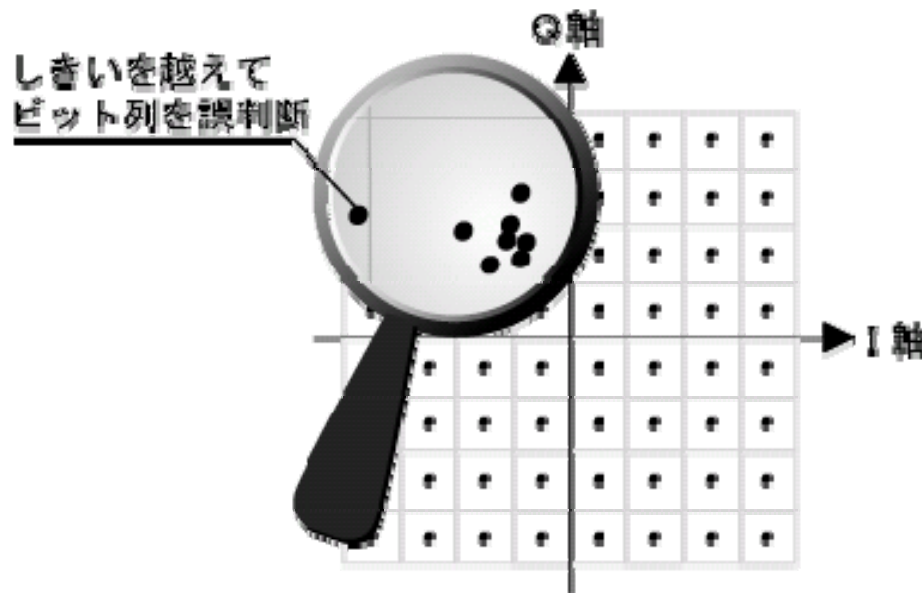
BER (Bit Error Rate)

BERとは

総伝送ビット数に対するエラービット数の比です。

ここで言うエラービットとは、受信機側に到達したQAM信号のシンボル点がしきいを越えてベクトル誤差が発生し、正しいビットとして認識できなくなることで発生します。

DOCSISの品質は Bit Error が全てです。

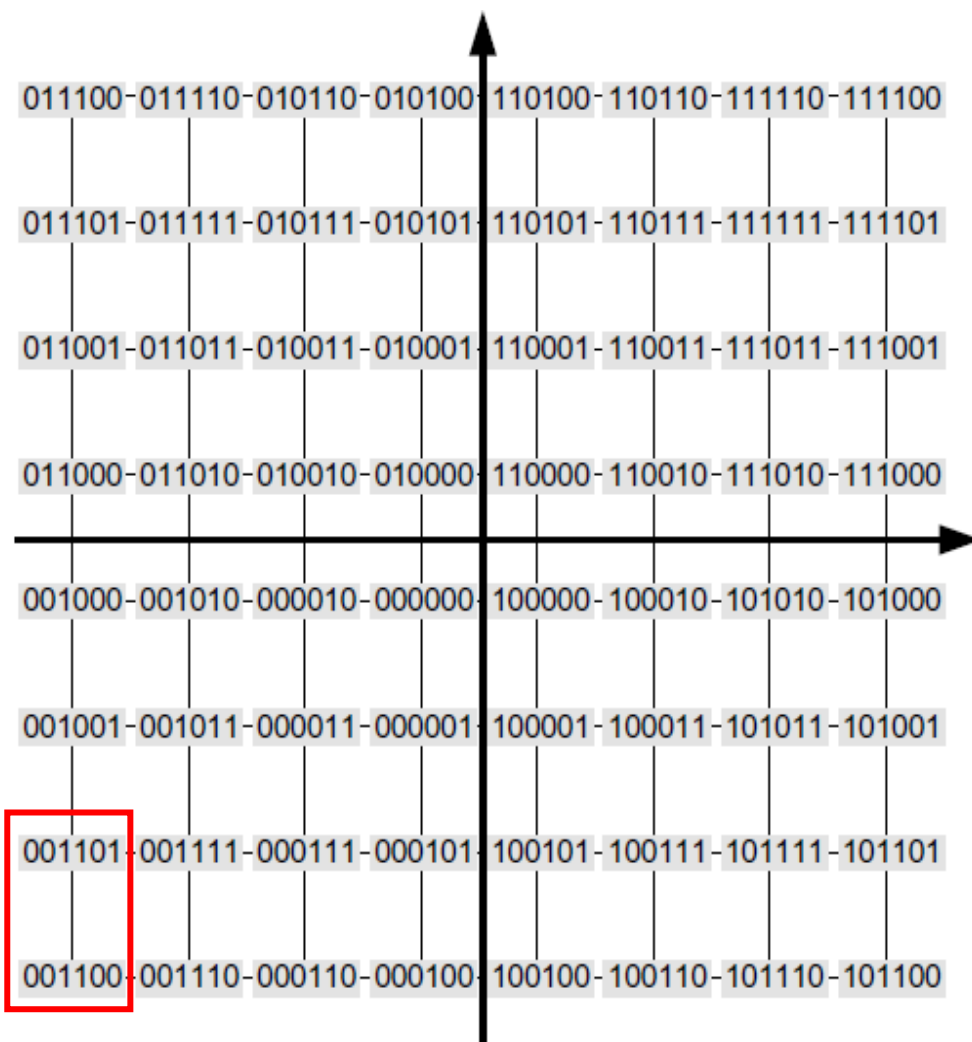
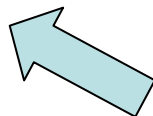


$$BER = \frac{\text{誤りビット数}}{\text{総伝送ビット数}}$$

誤りを少なくする工夫

QAM信号自身の誤りを抑制する手法として、シンボルマップのビット配列に工夫が施されています。
それはノイズなどで信号点がずれたとしても隣り合う信号点の6ビットは、1ビットしか変化が無いので、誤りが発生しても1ビットの誤りで済むようになっています。

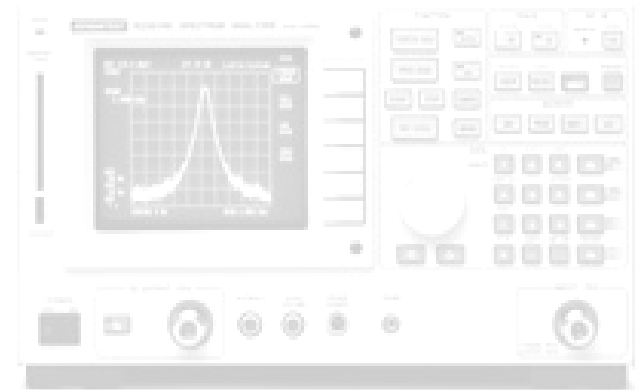
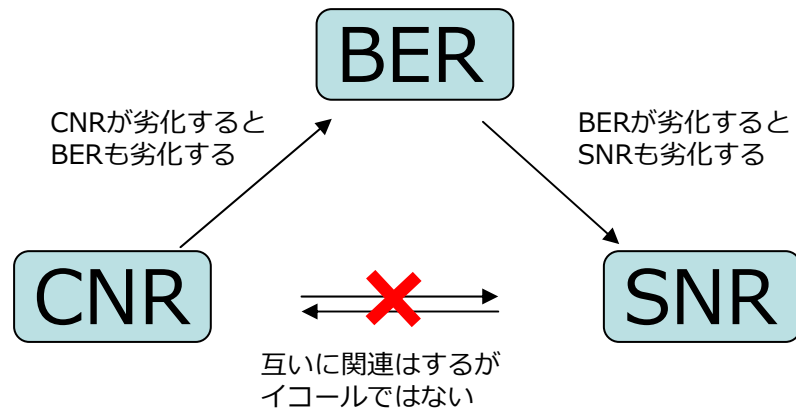
001101
001100



CNR と BER と SNR

DOCSIS の品質は Bit Error が全てであると記述しましたが、Bit Error から判りやすい数字としてモデムや CMTS では SNR (Signal to Noise Ratio) に変換して表示します。

下りや上りの波形をスペアナなどの測定器で見てもノイズが無いのに SNRが悪化している場合などでは、スペアナでは観測できない遅延や周波数特性などが悪化していることが考えられます。



上り : Upstream DOCSIS1.0/1.1

周波数範囲 (Frequency Range)	5~42MHz (米国)
周波数帯域幅 (Frequency Bandwidth)	200kHz (0.2MHz) 400kHz (0.4MHz) 800kHz (0.8MHz) 1.6MHz 3.2MHz
変調方式 (Modulation Type)	QPSK 16QAM

上り 周波数帯域幅	上り変調方式	
	QPSK	16QAM
200kHz	0.32 Mbps	0.64 Mbps
400kHz	0.64 Mbps	1.28 Mbps
800kHz	1.28 Mbps	2.56 Mbps
1.6MHz	2.56 Mbps	5.12 Mbps
3.2MHz	5.12 Mbps	10.24 Mbps

- **DOCSIS1.1** QoS (Quality of Service : 優先制御や帯域制御) 機能拡張

上り : Upstream DOCSIS2.0 (ATDMA)

上り 周波数帯域幅	上り変調方式				
	QPSK	8QAM	16QAM	32QAM	64QAM
200kHz	0.32	0.48	0.64	0.80	0.96
400kHz	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92
800kHz	1.28	1.92	2.56	3.20	3.84
1.6MHz	2.56	3.84	5.12	6.40	7.68
3.2MHz	5.12	7.68	10.24	12.80	15.36
6.4MHz	10.24	15.36	20.48	25.60	30.72

単位 : Mbps

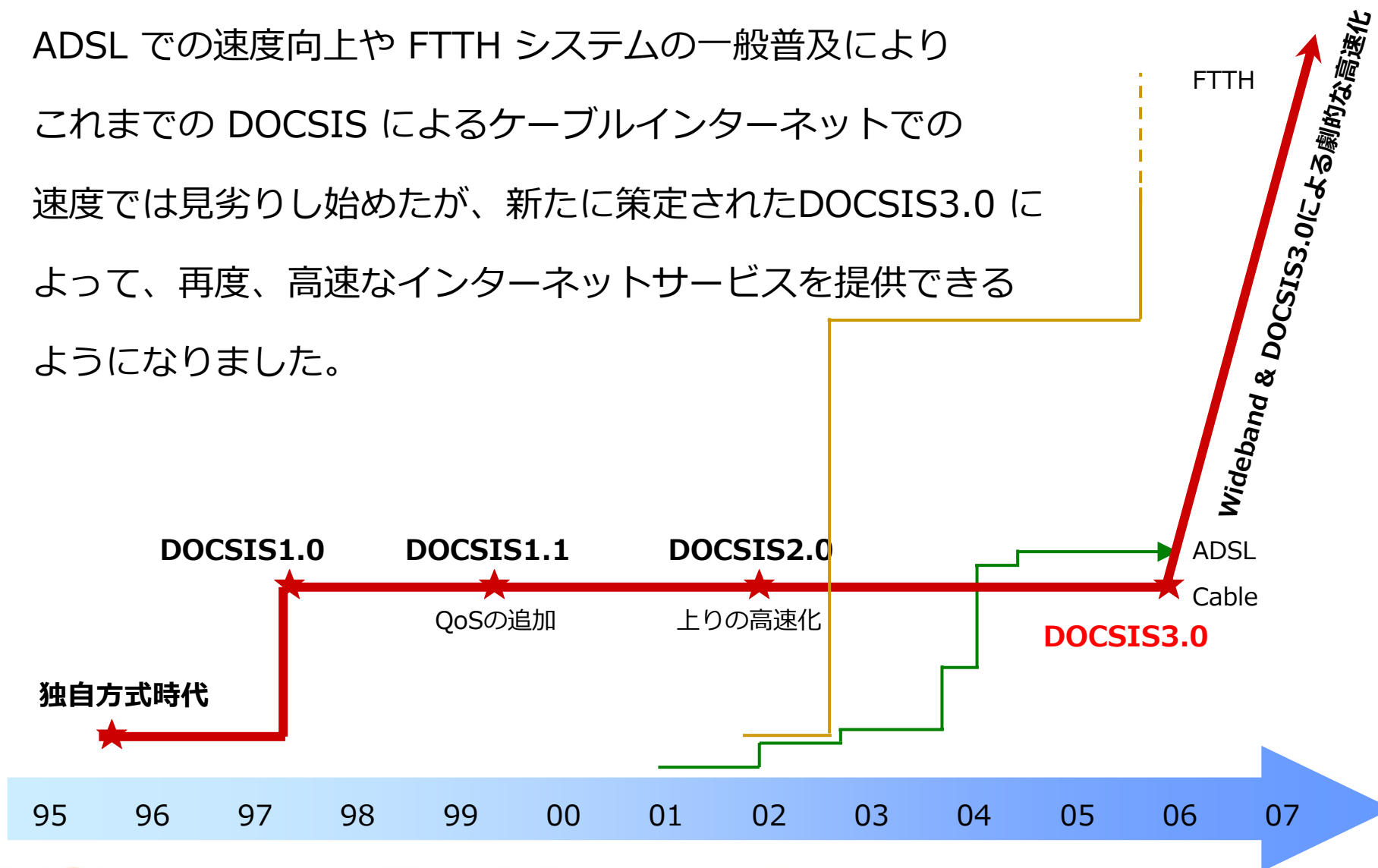
• DOCSIS 2.0

- 帯域幅 6.4MHz の追加
- 変調方式 8QAM、32QAM、64QAM の追加
- DOCSISモード ATDMA/SCDMAの追加

※TDMAの場合は、6.4MHz、8QAM、32QAM、64QAMは設定できません。

インターネット通信の速度の変化

ADSL での速度向上や FTTH システムの一般普及により
 これまでの DOCSIS によるケーブルインターネットでの
 速度では見劣りし始めたが、新たに策定されたDOCSIS3.0 に
 よって、再度、高速なインターネットサービスを提供できる
 ようになりました。

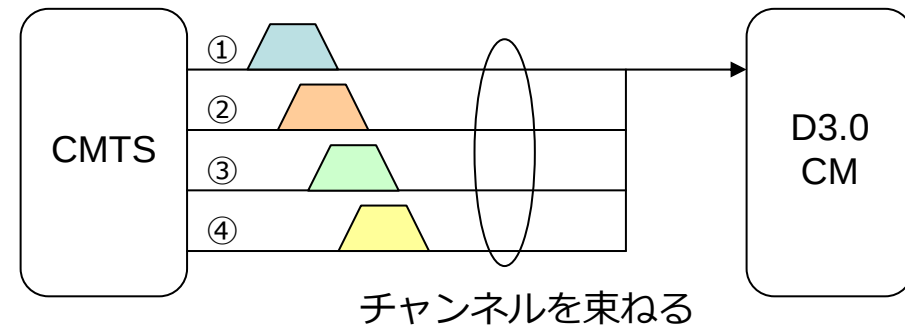


DOCSIS の速度向上

• DOCSIS 3.0

さらなる速度向上のため、チャンネルボンディング（Channel Bonding）機能の追加

- 下り : Downstream Channel Bonding
- 上り : Upstream Channel Bonding



(例) 下り @40Mbps × 4波 = 160Mbps

- 上り帯域幅 200kHz、400kHz、1.6MHzの削除
- IPv6

ケーブルクロニクル

DOCSISは市場の要求に応えるため、進化し下位互換性を保ちつつ進化を遂げてきました。
DOCSIS3.0はその集大成であり、高速化のためのチャンネルボンディングやIP枯渇問題のためのIPv6などを実装しています。

DOCSIS1.0

1997年3月 DOCSIS1.0 RFI-I01発表

DOCSIS1.1

1999年3月 DOCSIS1.1 RFI-I01発表

MAC (QoS)
BPI+
SSD
OSSI

DOCSIS2.0

2001年12月 DOCSIS2.0 RFI-I01発表

- Upstream Physical Layer Changes
 - ・ 2 modes of operation
 - Advanced TDMA (A-TDMA)
 - Direct extension of current PHY concepts
 - Synchronous CDMA (S-CDMA)
 - New technology for DOCSIS
- DOCSIS MAC-PHY Interface (DMPI)

DOCSIS3.0

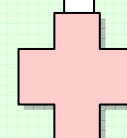
2006年8月 DOCSIS3.0 PHY-I01/MULPI-I01発表

- チャンネルボンディング
 - 下り／上り共に最低4チャンネル
 - 全チャンネルでの1.x、2.0 モデムのサポート
- 物理層
 - 上り周波数レンジ：5～42MHz（モード1）
 - ：5～85MHz（モード2）
- IPv6
 - IPv6プロビジョニング
 - IPv4とのデュアルスタック管理
 - CPEのIPv6運用
- セキュリティ
 - トラフィックの暗号化を強化
 - プロビジョニングのセキュリティ強化
- ネットワーク管理
 - CM診断の統一
 - 信号のモニタリング
 - サービス統計レポート
- IPマルチキャスト
 - Source Specific Multicast-SSM (SSM)

M-CMTS

2005年8月 Modular CMTS 発表

Downstream External PHY Interface (DEPI)
DOCSIS Timing Interface (DTI)
Downstream RF Interface (DRFI)
Edge Resource Manager Interface (ERMI)



爆発的に増加するトラフィック

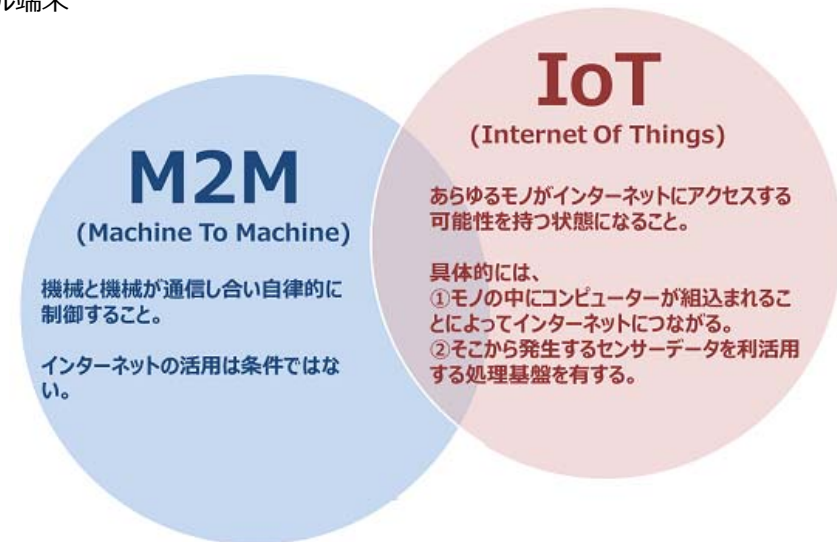
ウェアラブル端末



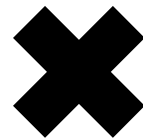
スマートフォン・タブレット



OTT（インターネット上の動画配信）



デバイス



クラウド



トラフィックの
爆発を生み出す

DOCSIS の更なる進化

• DOCSIS 3.1

さらなる速度向上のための機能追加

- 下位DOCSISをサポートし、既存の24DS・8USボンディングをサポート

- 下り帯域の拡大 ～1218MHz までをサポート

- 上り帯域の拡大 ～ 205MHz までをサポート

- 既存の 6MHz チャンネル定義の排除

- OFDM（直交周波数分割多重方式）の採用

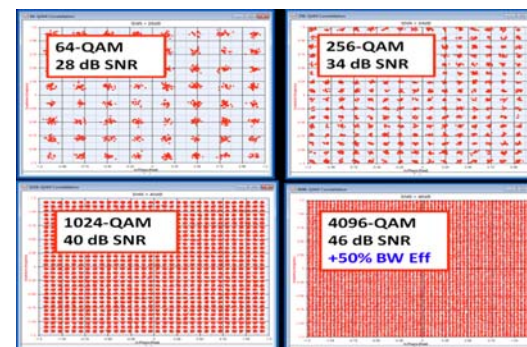
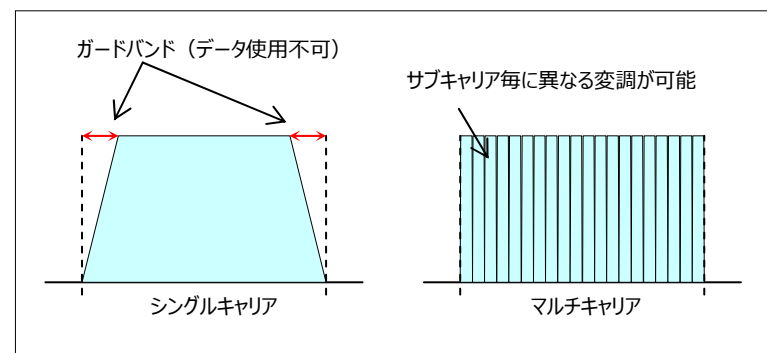
→ シングルキャリアからマルチキャリアになり、帯域利用効率が向上

- LDPC（低密度パリティ検査符号）の採用

→ より高効率な誤り訂正機能

- より高い変調方式（1024QAM、4096QAMなど）

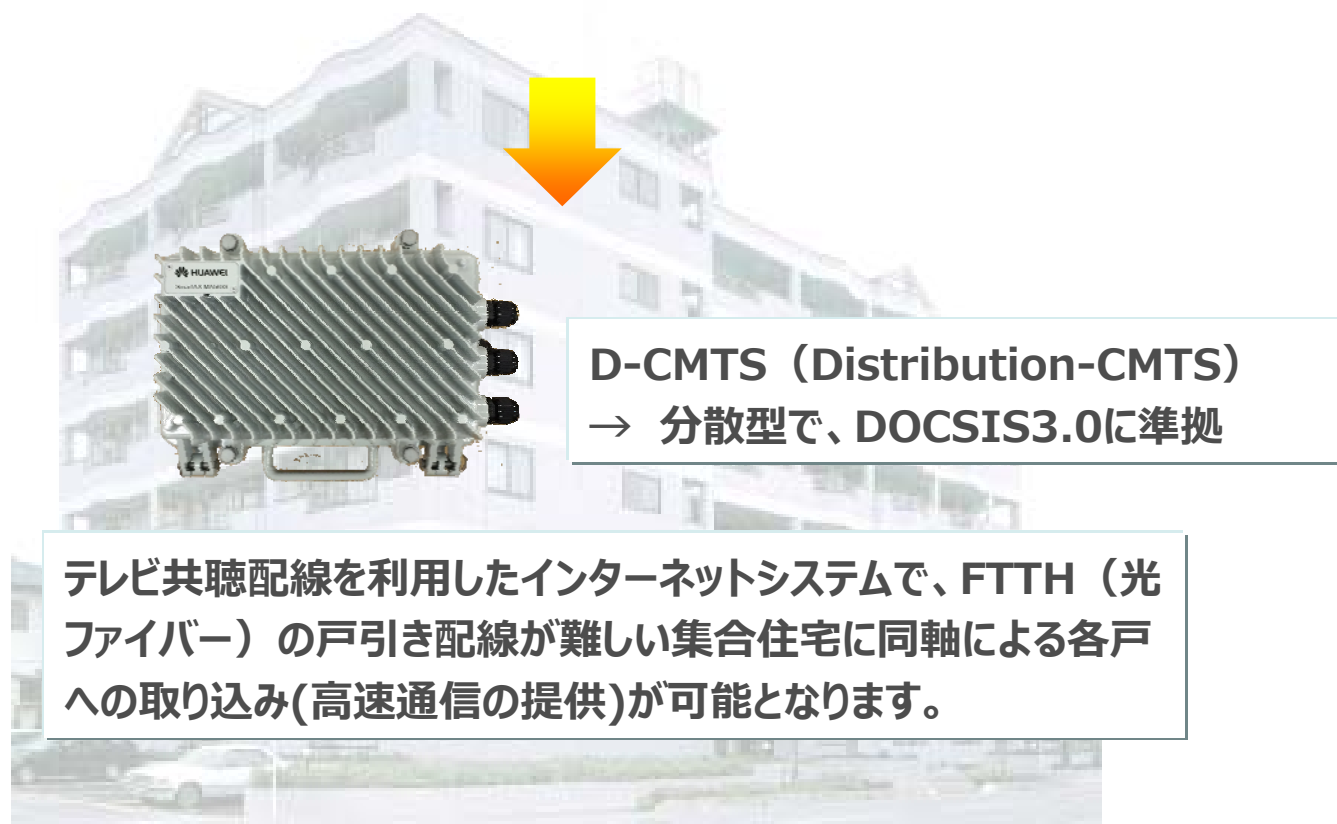
- 下りSNRなどの品質に応じて、モデム毎に異なる変調を選択可能



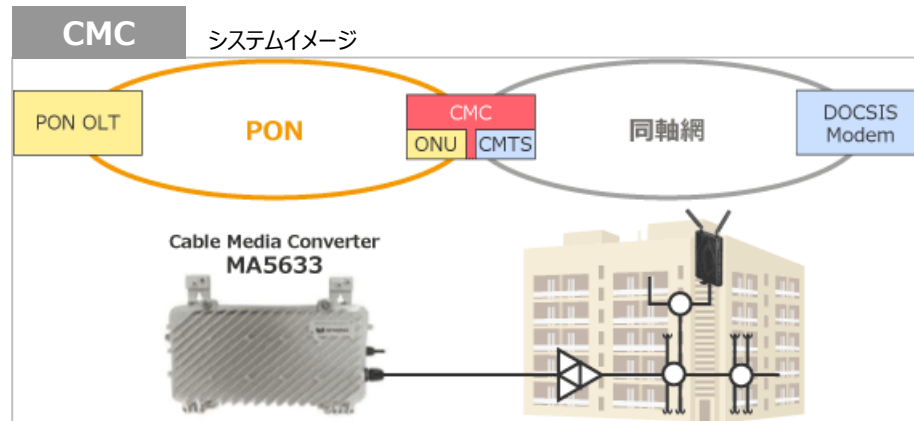
集合住宅の取り込み

- ≫ 流合雑音の問題でHFC伝送路時代、二の足を踏んでいた集合住宅 …
- ≫ 伝送路をFTTHへ更改しても、新築でも無ければファイバーの戸引きも難しい …

サービスの格差 → HFCの時よりも重要な問題



CMC (ケーブルメディアコンバータ)



MA5633設置箇所



複数の集合住宅を効率良くカバーできます

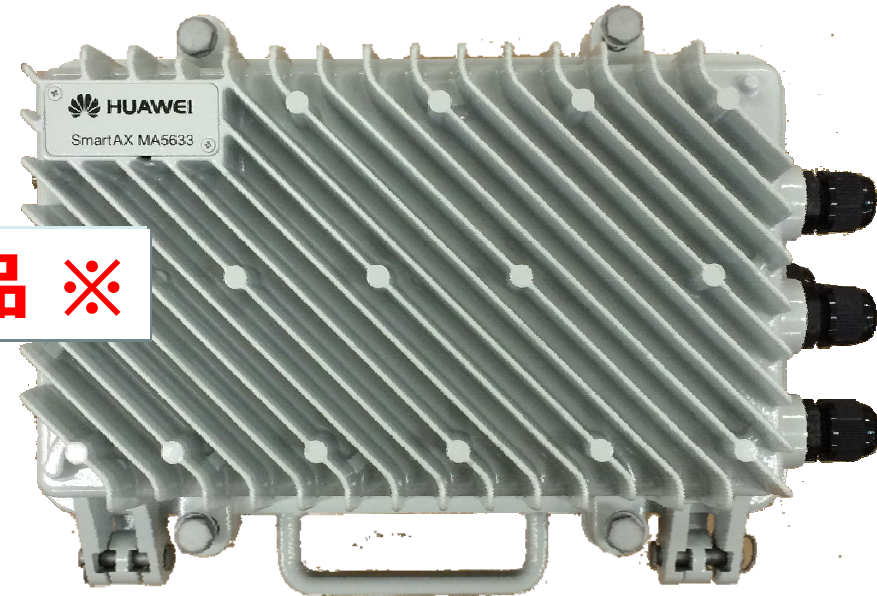


プライマリ電話サービス対応



認定品 ※

SoftBank



MA5633

米CableLabsのCW110にて認定されたCMC製品です。

CMTS + PacketCable1.5両認定済み

CableLabs®

※運用における仕様・制約はそれぞれ異なります



SYNCLAYER
MAKING POTENTIAL A REALITY

許可なく本資料の全て、または一部を
第三者へ提示、複製を行うことは禁止させていただきます。