



連載 3回シリーズ CATVにおける4K/8K 最終回

ITU-T SG9における4K/8K関連標準化動向

KDDI株式会社 メディア企画部 部長 みやじ さとし
ITU-T SG9 副議長 宮地 悟史



1. はじめに

前々回、前回では、ケーブルテレビにおける4K/8Kの技術動向、並びに、伝送路高度化技術を紹介した。最終回となる本稿では、これらケーブルテレビ関連技術のITU-Tにおける標準化動向を紹介する。現在、ITU-Tでは、11の研究グループがあるが、その中で、ケーブルテレビを所掌としているのが、第9研究グループ(SG9)である。以下、ITU-T SG9における4K/8Kに関する標準化動向を紹介する。

2. ITU-T SG9の概要

ITU-T SG9は、映像・音声伝送をその研究所掌とするITU-TのSGで、今から遡ること55年、1960年に設立された。より正確には、かつて、ITU-T及びITU-Rは、それぞれCCITT、CCIRと呼ばれており、1960年当時、CCITTとCCIRの合同研究グループCMTTとして発足した。その後、1992年、CCITTとCCIRがITU-T及びITU-Rの形となると同時に、ITU-T SG9と改称されて現在に至る。関連するグループとして、ITU-Tにおいては、品質を扱うSG12、符号化やマルチメディアを扱うSG16、及び、ITU-Rの放送を所掌とするSG6があり、互いにリエゾン関係を構築している。

かつてのITU-T SG9は、放送局間の中継や国際テレビ中継などの有線ネットワーク上での映像・音声伝送が主要な研究テーマであったが、ケーブルテレビのデジタル化が進められた1990年代の後半から、SG9においてもケーブル

テレビに関連した勧告策定が数多く行われるようになった。図1に、1997年以降の各研究会期におけるSG9の主要勧告の一覧を示す。

ITU-T SG9が策定した勧告の中で、ケーブルテレビという観点では勧告J.83が最もベースとなるもので、20年以上にわたり世界中で広く使われているほか、現在においても、勧告J.83をベースとした4K/8Kケーブルテレビ伝送方式(5章で後述)が開発されている。J.83は、デジタル映像信号をケーブルテレビ網で伝送するための方式で、64QAMまたは256QAMの変調と、畳み込み及びリードソロモン誤り訂正符号とを組み合わせたものとなっている。また、J.83は、放送信号の配信のみならず、ケーブルテレビ網上でのIP通信(DOCSISケーブルモデム)においても、その初代バージョン1.0 (ITU-T J.112)、2.0 (同J.122) から3.0 (同J.222シリーズ) に至るまで、ダウンストリーム信号の変調方式として用いられている。

なお、J.83には、各地域の放送方式に合わせて複数のAnnexが規定されており、表に、Annex A～Annex Cの3方式の主要諸元を示す。

3. 4K/8K関連標準化の経緯

ITU-T SG9では、今から約12年前より、4K/8Kに関連した技術標準化を行ってきた。当時は、家庭用受信機が4K/8K解像度になることはあまり想像されておらず、映画上

1997 - 2000	MPEG-2標準化 (1995)
ケーブルテレビのデジタル化とIP技術の登場 J.83 (1995): デジタルケーブル変調伝送方式 J.90 (1998): ケーブルEPG、J.94 (1997): SI	J.112 (1998): ケーブルモデムDOCSIS1.0 J.132 (1998): SDH網によるMPEG-2伝送
2001 - 2004	H.264登場 (2003)
DOCSIS2.0・ケーブルVoIPの実用化、光アクセス映像伝送 J.122 (2002): ケーブルモデムDOCSIS 2.0 J.144 (2001): Full Reference客観画質評価 J.160～J.179: ケーブルVoIP (MGCP方式)	J.185, J.186: 光アクセス (FTTH) 映像配信 J.190 (2002): HNアーキテクチャ J.200～J.202: デジタル放送双方向アプリ
2005 - 2008	NGN・IPTV全盛
DOCSIS3.0、次世代映像メディア登場、IPTV対応 J.83改訂 (2007): Annex Cに256QAM追加 J.210～J.214, J.222.0～J.222.3: DOCSIS3.0 J.360～J.370: ケーブルVoIP Ver.2 (3GPP SIP方式)	J.601 (2005): 4K/8K (exLSDI) の伝送 J.700 (2007): IPTV要求条件とフレームワーク J.901 (2008): 自由視点テレビ伝送要求条件
2009 - 2012	放送・通信融合の時代
ハイブリッド放送、ハイブリッド端末 J.205, J.206 (2012, 2013): ハイブリッド放送 J.249 (2010): Reduced Reference客観画質評価 J.295, J.296 (2012): ハイブリッドBox	J.380.1～8, J.706, J.707: ターゲット広告 J.381 (2012): 次世代伝送方式要件 J.603 (2011): 4K/8Kリアルタイム符号化構成

■ 図1. ITU-T SG9で策定された主な勧告



■表. J.83の主要諸元

	J.83 Annex A	J.83 Annex B	J.83 Annex C
主な採用地域	欧州、南米	北米	日本
通称	DVB-C		ISDB-C
変調方式	16/32/64/128/256QAM	64/256QAM	64/256 QAM
誤り訂正	RS (204, 188)	RS (128, 122) + 畳み込み符号	RS (204, 188)
帯域幅	8MHz	6MHz	6MHz
シンボルレート	6.89Mbaud	5.057Mbaud (64QAM) 5.36Mbaud (256QAM)	5.274Mbaud
物理レート	41.34Mbps (64QAM) 55.12Mbps (256QAM)	30.34Mbps (64QAM) 42.88Mbps (256QAM)	31.64Mbps (64QAM) 42.19Mbps (256QAM)
情報レート	38.10Mbps (64QAM) 50.80Mbps (256QAM)	26.97Mbps (64QAM) 38.81Mbps (256QAM)	29.16Mbps (64QAM) 38.88Mbps (256QAM)

映をデジタル化する(デジタルシネマ)技術を中心に検討が行われていた。ITUでは、当時広く使われていた用語「デジタルシネマ」を、汎用的な位置付けにすべく「大スクリーンデジタル映像(英語名: Large Screen Digital Imagery)」として呼称した(以下、LSDI)。SG9の最初の取組みは、このLSDIを、HD解像度で、かつ、MPEG-2圧縮方式でネットワーク伝送(ケーブルテレビ回線、IP網、PDH/SDH回線等)するための勧告の策定で、J.600として2004年に発行された。その後、2005年11月には、LSDIを4K/8Kに拡張した、拡張解像度LSDI (extended hierarchy LSDI、以下exLSDI)の伝送に関する勧告J.601が策定された。J.601では、画像圧縮方式として当時最新のH.264やJPEG2000を採用した。ただし、これらの規格上の最上のプロファイルレベルを用いても、フレームレートは30fps止まりであった。

この課題を解決すべく、exLSDIの画面を複数に分割して、それぞれの領域を同時並行的に圧縮を行う「パラレルエンコーディング」方式の研究が進められた。2008年、パラレルエンコーディングに関するネットワーク運用事業者に求められる要求条件を規定した勧告J.602が策定された。この時代になると、高速CPUが身近なものとなり、画像圧縮もリアルタイムであってもソフトウェアで行うことが現実的となった。4K/8Kに対しても、ソフトウェアエンコーダを複数同時に走らせる画像圧縮システムの実用化の目処が立ったため、2011年には、これを活用したexLSDIのリアルタイム伝送システムの構成(アーキテクチャ)を定義する勧告J.603が策定された。これは現在の4K/8K符号化システムの主流なアーキテクチャとして実用化されるに至っている。

更に、4K/8Kのスケーラブル伝送の研究が進められ、2014年には、ケーブルテレビ網上でのスケーラブル伝送のための要求条件勧告J.604が策定された。4K/8Kの普及の

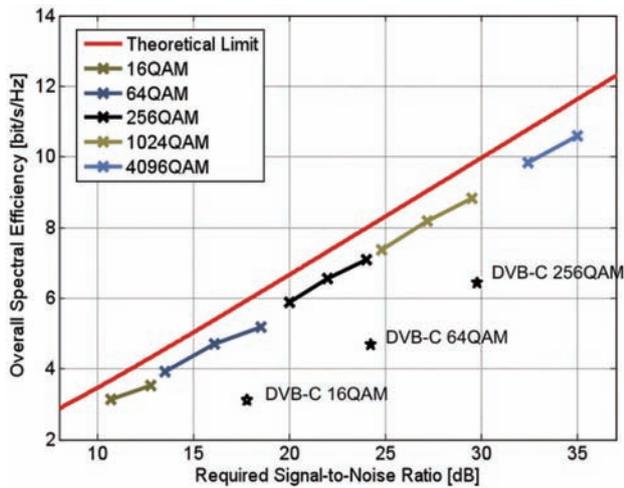
過程においては、利用できるネットワーク環境や端末能力に応じて、最適な信号を選択できることが望まれる。勧告J.604では、例えば、4K/8Kを階層符号化し、4Kの基本レイヤをケーブルテレビのRF信号(64QAM等)で伝送し、ビットレートの高い8Kの拡張レイヤを柔軟性の高いIP伝送手段を用いて、ハイブリッドで伝送することも可能となる。

4. 高効率ケーブルテレビ伝送方式J.382 (DVB-C2)

今研究会期(2013-2016)に入ると、ケーブルテレビ伝送方式の高効率化の検討が欧州の標準化機関DVBで進められた。

このような状況の中、2014年、欧州の次世代ケーブルテレビ伝送方式(DVB-C2: ETSI EN 302 769)がITU-T SG9においてJ.382として勧告化された。J.382(DVB-C2)は、高度な誤り訂正(LDPC及びBCH)を用いることにより、従来のJ.83と比較して伝送効率を大きく改善するとともに、変調方式としてOFDMを導入することで、帯域幅を柔軟に設定することを可能としている。例えば、6MHzケーブルシステム(日本や北米)においては、J.382の1帯域は5.71MHzであるが、これを最大338MHzの連続帯域として利用可能となっている。これは、従来のJ.83の伝送帯域を複数束ねた場合、帯域の両脇にあるガードバンドは残ったままとするのに対し、J.382(DVB-C2)では、隙間の無い連続帯域の使用が可能で、その分も効率改善として得られる。

なお、ITU-T SG9において、J.382の勧告策定に関する議論を開始した当初、欧州方式、北米方式、韓国方式の3方式が組上に載せられた。当時、これら3地域の合意事項として、共通仕様を勧告本体に、個別差分をAnnexにそれぞれ記載することで検討が進められていた。欧州方式は、



■図2. DVB-C2の伝送効率 (出典: ETSI DVB-C2 Fact Sheet)

DVB-C2そのものであり、北米方式については、米国ケーブルラボが開発中の最新ケーブルモデム方式「DOCSIS 3.1」の変調方式をベースとしたものが、韓国方式はETRIで検討されている独自方式が、それぞれ採択される予定であった。なお、DOCSIS 3.1の変調方式は、DVB-C2をベースとしたものとなっている。その後、米国からの提案が具体化せずJ.382に採用されなかった。また、韓国方式についても提案が具体化せずに終わった。その結果、J.382はDVB-C2方式のみをITU-T勧告として規定する形となった。なお、前述の3地域に、日本が入っていないことが懸念されるかもしれないが、日本は、DVB-C2の技術仕様の策定やLSIチップ開発に深く関わっており、その貢献度は少なくない。

図2に、J.382 (DVB-C2) の伝送効率を示す。ほぼシャノン限界に近づいていることが分かる。同じ雑音環境において、J.83に対して、伝送速度が最大50%程度向上していることが分かる。

J.382 (DVB-C2) による伝送方式の高度化と、H.265/HEVCのような高効率画像圧縮方式とを組み合わせることにより、例えば、4K番組 (30 ~ 40Mbps) であればケーブルテレビの1帯域 (日本や米国では1帯域=6MHz) で十分収まり、8K番組 (100Mbps程度) なら2帯域 (12MHz) で伝送することが可能である。

5. 複数搬送波伝送方式

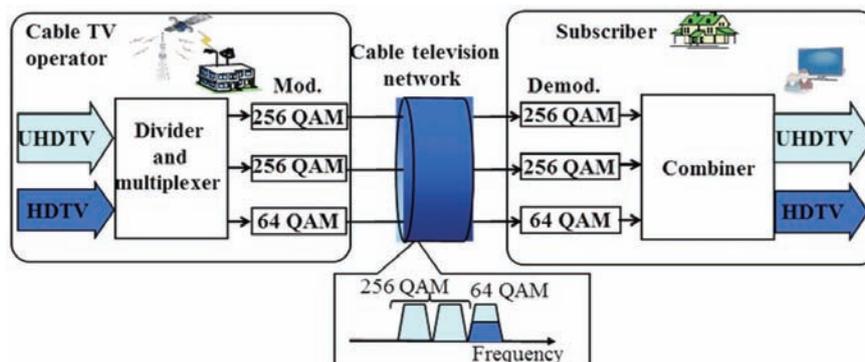
前章で紹介したJ.382 (DVB-C2) が伝送効率、すなわち、同一雑音環境下における1Hzあたりの伝送ビットレートの向上を目指したものであるのに対し、本章で紹介する「複数搬送波伝送方式」は、これまでに広く普及したJ.83伝送方式をベースに、伝送帯域を複数束ねて4K/8K伝送を実現するものである。

この複数搬送波伝送方式の特徴は、次の点にある。第2章で紹介した通り、J.83の1帯域 (6MHz) では、64QAMを用いた場合約30Mbps、256QAMを用いた場合で約40Mbps (ただし、より低雑音環境が必要となる) であり、100Mbps程度の8K番組を伝送するには2帯域では収まらず、3帯域必要となる。

複数搬送波伝送方式は、異なる変調方式を混在させながら複数帯域を束ねることができることに加えて、帯域を束ねた後に残る隙間を有効利用することが可能となっている。例えば、256QAMを2帯域、64QAMを1帯域、計3帯域確保したとすると、スループットは

$$40\text{Mbps} \times 2 + 30\text{Mbps} = 110\text{Mbps}$$

となる。ここに8K信号を入れた場合、実際には3帯域を8K信号で埋め尽くしているわけではなく、帯域に隙間が残ることが考えられる。複数搬送波伝送方式は、このような隙間を、従来のHDTV番組伝送に利用できるとともに、(複数搬送波伝送方式に対応しない) 従来のケーブルテレビ受



■図3. J.183revによる複数搬送波伝送方式 (出典: ITU-T draft revised Rec. J.183)



信機 (STB) が、この従来の信号だけを取り出して受信することが可能という後方互換性を備えたものとなっている。これを図3に示す。

現在SG9では、複数搬送波方式の実現に向け、以下三つの勧告策定が行われている。

一つ目は、J.83に複数のMPEG TSを格納して伝送するための勧告J.183 (BS放送のケーブルテレビ再放送で使われている方式) を、複数搬送波に対応するための改訂である。現行のBS放送では、一つの衛星中継器 (トランスポンダ) に含まれる複数の放送番組を、ケーブルテレビで再放送することを考えた場合、一つの中継器に含まれる放送番組全てを一つのケーブルテレビ帯域に収めることができない。これを解決するのがJ.183で、一つの中継器に含まれる複数の放送番組をMPEG TS単位で複数のケーブルテレビ帯域に振り分けて伝送することが可能となる。今回、複数搬送波伝送方式では、このJ.183を基に、一つの中継器が一つの8K番組で占有されている場合等に、これを複数のケーブルテレビ帯域に振り分けて伝送できるように改訂した。

二つ目は、多重制御情報 (SI: Service Information) に関する勧告J.94に、複数搬送波の制御情報「有線複数搬送波伝送分配システム記述子」を追加するための改訂である。

三つ目は、J.183で規定される多重伝送方式を、従来のMPEG TSのみならず、TLVパケット (4K/8K番組の多重化方式として新たに採用されたMMT信号を伝送するためのパケット形式) にも対応するためのフレームフォーマット

に関する勧告案J.tlv-packの策定である。図4にJ.183とJ.tlv-packとの関係を示す。J.tlv-packはJ.183の上位に位置付けられ、TLVパケットを188バイトの固定長パケットに分割し直して、MPEG TSパケットとの形式に見えるよう変換するものである。

6. その他ワークアイテム

その他、4K/8Kに関連した標準化ワークアイテムとして、現在SG9では下記の2件が検討されている。

- ・Ultra HD画像の品質評価方式 (勧告案J.q-uhd)
- ・4Kに対応したケーブルテレビSTB (勧告案J.4k-stb)

6.1 J.q-uhd

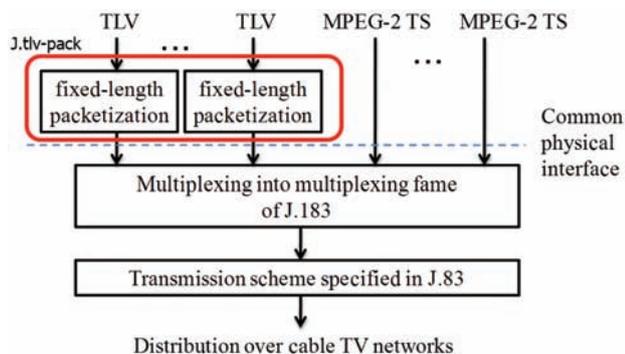
勧告案J.q-uhdは、韓国の提案により2014年9月のSG9会合で作業が開始されたもので、Ultra HD (=HDを超える解像度) 画像に対する品質評価方法を規定することを目的とする。主観評価、及び、客観評価の双方を検討対象とする。また、純粋なUltra HD画像のみならず、HDをアップスケールしたUltra HD画像も評価の対象とするほか、Ultra HDディスプレイの画面サイズ (大画面) を考慮した評価手法の検討が行われている。2016年内の勧告化を目指す。

6.2 J.4k-stb

勧告案J.4k-stbは、4Kに対応するケーブルテレビSTBの要求条件と機能仕様を規定することを目的としたもので、前回のSG9会合 (2015年6月開催) で作業開始が合意された。4Kケーブルテレビ放送のRFのみならずIPによる受信もサポートする。

7. まとめ

本稿では、ITU-T SG9における4K/8K関連標準化動向を紹介した。国内では、2015年にケーブルテレビ4K自主放送が開始され、8Kについては、2016年には試験放送が、2018年には実用化放送がそれぞれ開始されようとしている。SG9では、既存システムとのコンパチビリティを優先させた複数搬送波伝送方式 (J.183revほか) と、伝送効率を追求した方式 (J.382) の2方式を標準化し、4K/8Kのタイムリーな実用化と、将来的な効率化の双方を支えている。



■ 図4. 勧告案J.tlv-packの位置付け
(出典: ITU-T draft new Rec. J.tlv-pack)