

4K・8K放送の実用化に向けた映像伝送・コンテンツ保護技術の規格策定への取り組み

Efforts for Standardization of Video Transfer and Content Protection Technologies with Start of 4K and 8K Satellite Broadcasting

鈴木 伸明 SUZUKI Nobuaki 佐藤 順 SATO Jun

2018年12月に予定される超高精細度テレビジョン放送（以下、新4K8K衛星放送と呼ぶ）の開始に向けて、新しい伝送方式における映像伝送・コンテンツ保護技術の規格への対応が求められている。4K（3,840×2,160画素）及び8K（7,680×4,320画素）の高画質映像伝送に対応したHDMI[®]バージョン2.1規格が2017年11月に、新4K8K衛星放送番組などのデジタル伝送用コンテンツ保護技術DTCP2（Digital Transmission Content Protection 2）が同年6月に、Ultra HD Blu-ray[™]ディスクへの録画用コンテンツ保護技術AACSS2（Advanced Access Content System 2）Recordable規格が2018年1月に、それぞれリリースされた。

東芝グループは、これらの規格化にあたり、各規格化団体の創設時会員の1社として仕様の策定などに積極的に取り組むことで、実用放送開始までにライセンス提供を開始することに貢献した。

Before the start of 4K (3 840 x 2 160 pixels) and 8K (7 680 x 4 320 pixels) satellite broadcasting services in Japan scheduled for December 2018, enhanced specifications for interface technologies including video transfer and content protection technologies necessary for transmitting high-resolution video images are required. As part of the efforts to standardize these technologies, version 2.1 of the HDMI[®] specification for 4K and 8K video image transmission was released in November 2017, the Digital Transmission Content Protection 2 (DTCP2) specification that defines a cryptographic protocol offering more robust content protection for higher resolution digital video formats as well as current audiovisual formats was released in June 2017, and the Advanced Access Content System 2 (AACSS2) Recordable specification that provides content protection for the Ultra HD Blu-ray[™] Recordable format was released in January 2018.

The Toshiba Group has been making efforts to promote standardization as a founding member of the related standards organizations and is actively contributing to the establishment of these specifications for licensing before the start of full 4K and 8K satellite broadcasting.

1. まえがき

2018年12月からの新4K8K衛星放送の実用化に向けて、現行の地上波放送と衛星放送に対応したデジタルテレビで利用されているインターフェース技術の映像伝送技術やコンテンツ保護技術の拡張が必要となる。

これらの技術に目を向けると映像伝送技術の一つとしてHDMI[®]⁽¹⁾、コンテンツ保護技術としてDTCPやAACSS規格が現行放送に対応した機器で既に使われている。

東芝グループは、これら規格化団体創設時会員の1社として規格策定に貢献しており⁽²⁾、新4K8K衛星放送に対応したテレビの利用を想定し、これらの規格の改定作業も行った。

ここでは、映像伝送技術としてHDMI[®]規格、コンテンツ保護技術としてDTCP2規格とAACSS2 Recordable規格の規格化、及び東芝の規格策定への取り組みについて述べる。

2. 映像伝送技術

2.1 HDMI[®]の規格化動向

HDMI[®]規格は、当社を含め、83社の会員によって構成されるHDMI Forumにおいて策定され、ライセンス組織のHDMI LA（HDMI Licensing Administrator）によってライセンスが提供されている。

HDMI[®]規格は、機器間の映像伝送を目的とするもので、伝送路の物理仕様や、プロトコル仕様、伝送フォーマット仕様、コネクタを含めたケーブル仕様を規定している。

HDMI[®]バージョン2.0規格は、主に4K映像の伝送を目的として規格化された。バージョン2.0規格以降のバージョンによる、映像フォーマットに関する機能比較を表1に示す。バージョン2.0後は、Ultra HD Blu-ray[™]規格で採用されたHDR（High Dynamic Range）コンテンツの伝送に対応するため、バージョン2.0a規格を2015年4月にリリースした⁽³⁾。

表1. HDMI®規格のバージョンによる映像フォーマットに関する機能比較

Comparison of functions of each version of HDMI® specification related to video format

機能	HDMI®規格のバージョン			
	2.0	2.0a	2.0b	2.1
最大バンド幅 (Gビット/s)	18			48
4K対応 (最大フレームレート (Hz))	● (60)	● (60)	● (60)	● (120)
HDR (ST2084) 対応		●	●	●
HDR (HLG) 対応			●	●
ダイナミックHDR対応				●
8K対応 (最大フレームレート (Hz))				● (120)

● : HDMI®規格のバージョンが対応している項目

このHDR方式の伝送特性は、SMPTE (米国映画テレビジョン技術者協会) でST2084として規定され、その後、ITU-R (国際電気通信連合-無線部門) 勧告BT.2100でPQ (Perceptual Quantization) 方式として規定された。また、このBT.2100で規定されたもう一つのHDR方式であるHLG (Hybrid Log Gamma) 方式が、HDMI®バージョン2.0bで2016年12月に採用された。当社は、HDMI®でHLG方式に対応できるよう規格化を推進し、デジタルテレビで早期に商品化した⁴⁾。その後、新4K8K衛星放送に対応する8Kのフレームレート60 Hz及び4Kのフレームレート120 Hzに対応した、HDMI®バージョン2.1規格が2017年11月にリリースされた。

2.2 HDMI®バージョン2.1規格の新機能

HDMI®バージョン2.1規格は、フレームレート60 Hzの8K非圧縮映像伝送とフレームレート120 Hzの4K非圧縮映像伝送に対応するため、映像伝送の最大バンド幅を従来の約18 Gビット/sから48 Gビット/sまで拡張した。更に、この拡張に加え、VESA (Video Electronics Standards Association) が策定した映像圧縮技術であるDSC (Display Stream Compression) 1.2a規格を利用すると、フレームレート120 Hzの10K (10,240 × 4,320画素) 映像まで伝送可能となる。また、HDMI®バージョン2.1規格は、これまでに採用したPQ方式やHLG方式などのHDR機能を利用できる。

これらの非圧縮・圧縮映像フォーマットを区別するため、モードを定義した。例えば、リフレッシュレート60 Hzの8K非圧縮映像フォーマットに対応したモードを8K60_A、圧縮映像フォーマットに対応したモードを8K60_B、両方に対応したモードを8K60_{AB}と表し、HDMI®機器が非圧縮・圧縮映像フォーマットに対応しているかを区別できるように考慮した。

また、映像伝送の最大バンド幅の拡張に対応するため、Ultra High Speed HDMI® Cableという新ケーブルを規定した。HDMI®バージョン2.1規格にケーブル長の規定はないが、通常の、信号改善のためのICチップを内蔵しないHDMI®ケーブルで2～3 m程度と見込まれている。このケーブルは、既に商品化されたHDMI®機器と後方互換性があるが、当社も、既に市場にある従来HDMI®機器との接続は重要であると主張し、後方互換性の確保に貢献した。

更に、HDMI®バージョン2.1規格には、前述した機能のほかに以下のような新機能が追加された。

- (1) ダイナミックHDR
- (2) eARC (Enhanced Audio Return Channel)
- (3) 可変リフレッシュレート
(VRR : Variable Refresh Rate)
- (4) 自動低レイテンシーモード
(ALLM : Auto Low Latency Mode)
- (5) クイックメディア切り替え
(QMS : Quick Media Switching)

HDMI®バージョン2.0bまでに対応したHDR方式は、コンテンツごとに固定で映像の輝度情報などのHDRパラメータを設定するのにに対し、ダイナミックHDRは、コンテンツ内のフレーム又はシーンごとに、動的に設定できる。

また、従来の機能として、HDMI®映像伝送とは逆向きにテレビがアンプなどのオーディオ再生機器にHDMI®ケーブル経由でオーディオデータを伝送するARC (Audio Return Channel) がある。HDMI®バージョン2.1では、このARC機能に対し伝送帯域を約37 Mビット/sまで拡張することで高ビットレートオーディオに対応し、認証方式を簡単化した新機能をeARCとした。

更に、主にゲーム向け機能として、固定であったリフレッシュレートを可変に変更することで、ゲーム機のレンダリングタイミングに合わせて映像を伝送できるVRR、リフレッシュレートを変化させずに低遅延伝送を行うQFT (Quick Frame Transport)、理想的な遅延設定を自動で行うALLMを追加した。

そのほか、コンテンツ切り替え時にフレームレートが変化する場合、黒画像を表示することなしに切り替えをシームレスに行う機能として、QMSを追加した。

3. コンテンツ保護技術

3.1 DTCP2規格

DTCP2規格は、当社と、マクセル(株)、インテル社、パ

ナソニック(株)、ソニー(株)の5社により創設されたライセンス組織である、DTLA (Digital Transmission Licensing Administrator) によって策定され、2017年6月からライセンス提供が開始された。

DTCP2規格は、DTCP規格と同様のデジタル伝送用コンテンツ保護技術であり、これには認証・鍵交換、コピー制御情報の設定、伝送するAV (Audio Video) コンテンツの暗号化、システムリニューアビリティ(不正機器の排除)などの仕組みが備わっている。DTCP2規格は、従来のDTCP規格と比較し、以下によってコンテンツ保護を強化した。

- (1) 暗号強度の強化
- (2) 実装レベルの導入
- (3) コア機能のハードウェア実装
- (4) 実装ロバストネス検証の導入

暗号技術において、コンテンツや鍵情報の暗号化には鍵長128ビットのAES (Advanced Encryption Standard) を、デジタル署名やバス認証に使われる鍵共有には位数256ビットのだ円曲線上の暗号アルゴリズムを採用した。実装レベルとしては、レベル1 (L1) 保護実装とレベル2 (L2) 保護実装を設けた。L2保護実装では、全ての暗号化・復号化処理などの秘匿処理がハードウェア実装されていることが求められる。これに対し、L1保護実装では、コンテンツの暗号化・復号化処理を除いた秘匿処理がハードウェア実装されることが求められる。

DTCP2規格は、既存のDTCP規格との互換性はない。伝送路間のDTCPソース機器(送信側)から送信されるコンテンツは、**図1**に示すように、DTCPシンク機器(受信側)へ

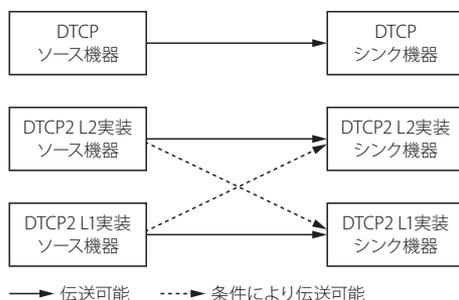


図1. DTCP規格対応機器とDTCP2規格対応機器における送受の関係

DTCP規格とDTCP2規格では互換性がない。また、DTCP2規格でも、実装レベルが異なる機器同士では、条件により伝送不可になる。

Compatibility between devices compliant with DTCP and DTCP2 specifications

伝送できるが、DTCP2シンク機器へは伝送できない。また、DTCP2ソース機器からDTCPシンク機器へも伝送できない。コンテンツに付与されたフラグの組み合わせによりL1保護実装とL2保護実装のどちらで扱えるかが決まる。DTCP2 L2実装ソース機器、及びDTCP2 L1実装ソース機器からは、同じ実装レベルのシンク機器に無条件で伝送できるが、異なる実装レベルのシンク機器へは条件により伝送可能となる。また、シンク機器の実装レベルによってコンプライアンスルールによる映像出力規定が異なる。

更に、DTCP2規格を実装する機器では、DTCP2規格実装部分がネットワークアップデートなどにより更新可能な部分は免除されるが、更新不可能な部分はロバストネスルールに従い適切に実装を行っているか第三者による実装ロバストネス検証を受ける必要がある。

DTCP規格では様々な家庭ネットワークに対応するため、適用インターフェース技術として、IEEE1394, Bluetooth®, USB (Universal Serial Bus), IP (Internet Protocol) に対応していた⁽⁵⁾が、DTCP2規格では、今日の家庭ネットワークで最も普及しているIPにまず対応し、EthernetやWi-Fi®などのLAN環境における家庭内デジタル伝送及びリモート視聴に対応する。

3.2 AACS2 Recordable規格

AACS2 Recordable規格は、当社と、インテル社、IBM社、マイクロソフト社、パナソニック(株)、ソニー(株)、ウォルトディズニー社、ワーナーブラザーズ社の8社により創設されたライセンス組織であるAACS LA (Licensing Administrator) によって策定され、2018年1月からライセンス提供が開始された。

AACS2規格は、HD (高精細)画質より高品位なUHD (超高精細)コンテンツを記録するため、Blu-ray Disc™ (再生専用型、記録型)用に開発されたコンテンツ保護システムであり、このうち、AACS2 Recordable規格は記録型用の規格である。

AACS2 Recordable規格の基本技術を以下に示す。

- (1) ビットバイビットコピーの防止
- (2) システム更新
- (3) コンテンツ暗号化
- (4) コピー制御情報の完全性確保
- (5) ディスクからのムーブのサポート
- (6) ドライブ認証

これらの基本技術のアーキテクチャーは、HD画質のコンテンツを記録するためのAACS Recordableのそれ⁽⁶⁾と変わっ

ていないが、AAC2 Recordable規格では、強度に関する必要な強化を行っている。ビット バイ ビットコピーの防止では、128ビットのメディアID（識別情報）によって、記録するコンテンツのメディアバインドを実現し、不正なデジタルコピーを防止している。システム更新では、メディア鍵ブロックと呼ばれる、不正機器を排除するためのデータ改ざん防止用の署名強度を256ビットに強化した。コンテンツの暗号化では、従来のMPEG-2 Transport Stream方式に加え、新4K8K衛星放送で新たに採用されたMMT（MPEG Media Transport）・TLV（Type Length Value）方式もサポートし、放送されたストリームフォーマットをそのまま録画できるようにした。コピー制御情報の完全性確保では、AES 128ビットベースのメッセージ認証符号によって、コピー制御情報の改ざん防止を図っている。ドライブ認証では、パソコン環境などソフトウェアアプリケーションとBlu-ray Disc™ドライブが別体になるようなアーキテクチャーにおいて、そのアプリケーションがドライブを認証して双方のペアリングを登録できるようにした。また、既存の録画用Blu-ray Disc™にAAC2 Recordable規格で記録できるようにし、AAC2 Recordable規格の録画コンテンツと混在できるようにした。

3.3 Enhanced Content Protection 対応

米国 ハリウッドの主要な映画スタジオ5社が共同で設立したMovieLabsでは、4Kを超えるコンテンツに対し、Enhanced Content Protection⁽⁷⁾というコンテンツ保護技術への要求仕様を定めている。ここで述べたDTCP2規格及びAAC2規格は、この要求仕様に合致している、若しくはその要求仕様を上回る仕様を技術規格として策定された。このため、この技術を放送コンテンツに適用する場合でも、放送事業者の承諾が得やすいものになっていると確信している。

4. あとがき

新4K8K衛星放送に対応できるインターフェース技術として、HDMI[®]バージョン2.1規格、DTCP2規格、AAC2 Recordable規格について述べた。これらの規格に基づいて開発された技術は、新4K8K衛星放送が実用化されると、それに対応する機器への搭載が期待される。

HDMI[®]バージョン2.1規格は、新4K8K衛星放送に対応したチューナーを搭載したセットボックスやハードディスクレコーダーから、4K対応テレビなどに高品位の映像を伝送するときに活用される。また、DTCP2規格は、ハードディスクレコーダーで蓄積録画された放送番組を家庭ネットワークで伝送したり、外出先からリモート視聴したりするときに活

用されることが期待される。更に、AAC2 Recordable規格は、Blu-ray Disc™レコーダーで蓄積録画した番組コンテンツをBlu-ray Disc™に記録するときに活用されることが期待される。

新4K8K衛星放送は、2018年12月に本放送の開始が予定されており、世界に先駆けて8K放送が実用化される。当社は、これに対応する機器で活用されるインターフェース技術の規格化に積極的に取り組み、本放送開始までにライセンス提供を開始することに貢献できた。

今後も、当社のこれまでの知見や知的財産を生かす活動の一つとして、規格化活動を続けていく。

文 献

- (1) 友田一郎, ほか. UHDTV インタフェース技術. 東芝レビュー. 2014, **69**, 6, p.11-14.
- (2) HDMI Licensing Administrator. "HDMI". HDMI. <<http://www.hdmi.org>>, (accessed 2018-01-26).
- (3) 阿部裕俊. テレビを取り巻く放送インフラ及び技術動向と東芝の取り組み. 東芝レビュー. 2016, **71**, 5, p.2-7. <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2016/05/71_05pdf/a02.pdf>, (参照 2018-01-26).
- (4) 三廻浩太, ほか. 4K 高画質化を実現するレグザの絵作り技術. 東芝レビュー. 2016, **71**, 5, p.16-19. <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2016/05/71_05pdf/a05.pdf>, (参照 2018-01-26).
- (5) 斉藤 健, 磯崎 宏. 家庭ネットワークにおける著作権保護. 東芝レビュー. 2003, **58**, 6, p.12-15.
- (6) 加藤 拓, ほか. HD DVDで利用されるコンテンツ保護技術. 東芝レビュー. 2007, **62**, 7, p.11-14.
- (7) MovieLabs Specification for Enhanced Content Protection - Version 1.1:2015. Motion Picture Laboratories.

- HDMIは、米国及びその他の国におけるHDMI Licensing Administrator, Inc.の商標又は登録商標。
- Blu-ray Disc™, Blu-ray™, Ultra HD Blu-ray™は、Blu-ray Disc Associationの商標。
- Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。
- Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標。



鈴木 伸明 SUZUKI Nobuaki

研究開発本部 研究開発センター
コンピュータアーキテクチャ・セキュリティラボラトリー
Computer Architecture & Security Systems Lab.



佐藤 順 SATO Jun

研究開発本部 研究開発センター
コンピュータアーキテクチャ・セキュリティラボラトリー
電子情報通信学会会員
Computer Architecture & Security Systems Lab.