

より豊かなマルチメディア体験をもたらす HDMI 2.0

著者

Manmeet Walia

Product Marketing
Manager, Synopsys

Luis Laranjeira

R&D Manager,
Synopsys

はじめに

HDMI搭載機器の累計出荷台数はすでに世界中で30億台を超え^[1]、デジタル・ホーム/モバイル・マルチメディア機器の事実上の標準インターフェイスとなっています。このように急成長を遂げたHDMIテクノロジーは、今やデジタル・ホーム機器だけでなく、携帯電話やタブレットなどのモバイル機器、車載インフォテインメント、デジタル・サイネージや監視カメラなどの商業用機器、プロジェクタなどのオフィス機器をはじめ、幅広い分野のアプリケーションに浸透しています(図1)。Gartner社の2012年の調査によると、HDMI市場の成長率は有線インターフェイス市場全体の3倍以上にも達しています^[2]。

先ごろ発表されたHDMI 2.0は、HDMIとして初めて多数の企業の参加によって策定されたもので、性能、信頼性、シンプル性というHDMIの理念をさらに強化した規

格となっています^[4]。2002年末に登場したHDMI規格はこれまで何度かメジャー・バージョンアップを繰り返してきましたが、それぞれに目玉となる機能強化がありました(図2)。たとえばHDMI 1.3ではDeep Colorモードに対応するために帯域幅が拡大され、HDMI 1.4では3Dモードとオーディオリターン・チャンネル(ARC)がサポートされました。HDMI 2.0では帯域幅が10.2Gbpsから18Gbpsへと2倍近く拡大し、フレームレート60Hzの4Kビデオ・フォーマットをサポートするなど、デジタル・テレビでHDを超えた「Ultra HD」の映像体験が実現します。

HDMI 2.0は消費者に究極のホームシアター体験を提供するだけでなく、産業用途やオフィス、ゲームなど多くのアプリケーションでの採用を促す新しい機能が数多く追加されており、システムオンチップ(SoC)設計者はこれらの機能を十分に理解しておく必要があります。

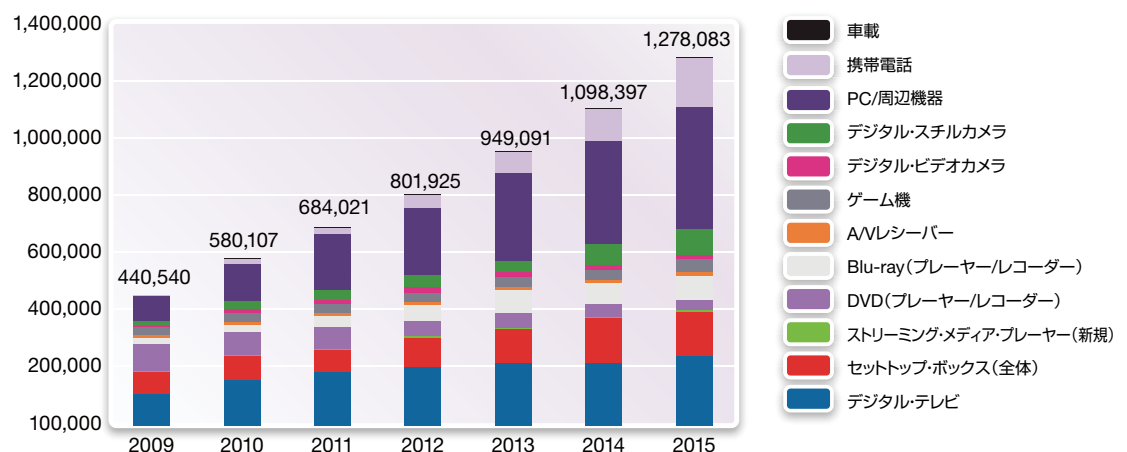


図1：HDMI搭載機器の増加(2009~2015)^[3]

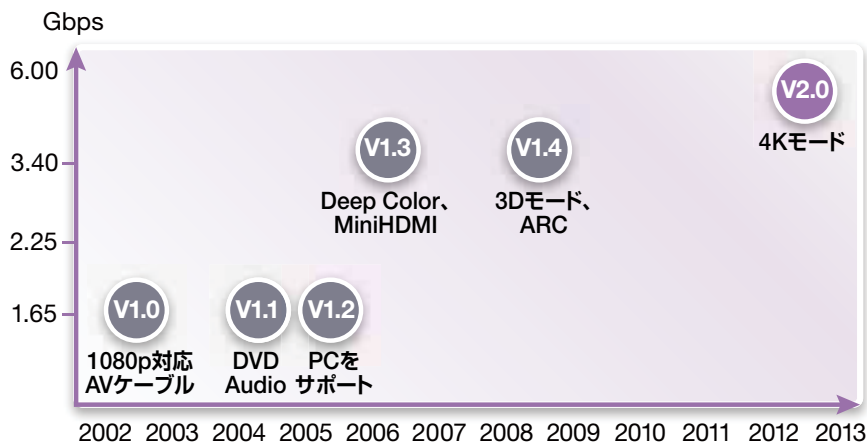


図2：HDMIの進化

4K テレビに対する期待

HD (High Definition) とは720pまたは1080p (フルHD) と定義されていますが、どちらの場合もSD (Standard Definition) フォーマットよりも多くの画像情報を伝送します。画素数が増えると画像のより細部まで明瞭に見え、曲線や斜線もより滑らかに表示されます。Ultra HDは、現在のフルHDの1920 x 1080ピクセルから4096 x 2160ピクセルへと画素数が4倍以上に増え、さらに精細な表示が可能です。

画素数が増えると大きな画像でも高い画質が維持されるため、テレビの大画面化という現在のトレンドにマッチします。デジタル・シネマの世界ではすでにUltra HDの採用が広がっており、主要なハリウッド映画やテレビ番組はほとんどすべて4Kで撮影されています。

当然、体感上の画面解像度 (映像品質) は視聴距離と画面サイズに左右されます。高解像度の4K画像は、画面の近くから見ても画面サイズが大きくなっても1080pよりもインパクトのある映像として楽しめます。ピクセル密度が高まるにつれ、画面の近くからでもピクセルの境界が目立たなくなります。

HDMI 2.0 が求められる理由

HDMI 2.0の規格化で最大の目的となったのが、4096 x 2160ピクセルのUltra HD体験をサポートすることでした。この4K解像度をサポートすれば、非常に大型の画面であっても細部まで明瞭に映像を表示できるようになります。しかしそのためには、帯域幅、TMDS (Transition-Minimized Differential Signaling) スクランブル、カラリメトリ・フォーマットなど多くの技術的課題を解決する必要がありました。

また、HDMIに技術的変更を加える場合は過去10年以上にわたって出荷されてきた機器との互換性も考慮する必要があります。現在、デジタル・ホームで使われているマルチメディア機器は、ほぼ全製品がHDMIインターフェ

HDMI Forum 設立の経緯

HDMI Licensing, LLCは7社の設立メンバーと1,000以上のアドプター (採用企業) で構成される標準化団体で、HDMIバージョン1.4まではこれら7社の設立メンバーによって非公開で規格が策定されていました。

2011年10月、HDMI設立メンバーはHDMI規格の今後のバージョン開発に業界全体の幅広い参加を促すため、非営利団体のHDMI Forumを設立しました。その後の2年間でHDMI Forumの会員数は約30から約80へと増え、その大半はPC、家電、半導体の大手企業が占めています。このほか、小売業者やコンテンツ・プロバイダも会員として参加しています。

HDMI Forumはテクニカル・ワーキング・グループ (TWG) とマーケティング・ワーキング・グループで構成され、両者が次世代HDMIの仕様定義に積極的に関与しています。HDMI Forumの運営と管理は理事会が行っています。

イスを内蔵しています。つまり、消費者の間には膨大な数のレガシー機器が出回っており、最新のHDMI技術に対応した機器は従来のHDMI技術を採用したこれらの機器とうまく共存する必要があります。こうした点を考慮してHDMI 2.0には後方互換性を維持するためのメカニズムが用意されており、HDMIソースからHDMIシンクで映像を送信する際に、両方の機器がサポートする最高の品質が得られるようになっています。

HDMI 2.0は従来のHDMI規格と同じハードウェア・コネクタを採用しているため、HDMI 1.4以前と互換性があります。大きな違いは、このコネクタを通じて伝送される信号の帯域幅が18Gbpsに拡大しているという点です。

HDMI 2.0の新技术と特長

後方互換性を維持しながらUltra HD体験を実現することを前提として策定されたHDMI 2.0は、より豊かなユーザー体験を提供するために次のような新機能を導入しています。

- ▶ 全体の帯域幅が10.2Gbpsから18Gbps（レーン当たり3.4Gbpsから6Gbps）へ拡大し、Ultra HDビデオ・フォーマットに対応した4K x 2Kモード（60Hz、24ビット・カラー）をサポート
- ▶ 10.2Gbpsを超えるデータ・レートで電磁妨害（EMI）の発生を防ぐTMDSスクランブル

- ▶ 半分の帯域幅でロスレス画質のUltra HD体験を実現するYCbCr 4:2:0などの新しいカラリメトリ・フォーマット
- ▶ リモコンを一元化してユーザーの使い勝手を改善するCEC（Consumer Electronic Control）2.0
- ▶ ケーブル特性に合わせた伝送を可能にする低レベル・エラー検出
- ▶ 本物のシネマ体験をもたらす新しい21:9フレーム・フォーマット
- ▶ ハイエンドのホームシアター・システムをサポートする最大32チャンネルのオーディオ
- ▶ ゲームやインフォテインメント・システムに新しい利用法をもたらすデュアル表示とマルチストリーム・オーディオ
- ▶ HDCP（High-bandwidth Digital Content Protection）2.2によるデジタル著作権管理

帯域幅の拡大によりHDを超えた映像体験をサポート

HDMI 2.0は60Hzのフレーム・レートで24ビット・カラーの4K x 2Kビデオ・フォーマットをサポートし、Ultra HD体験を実現します。4Kフレームは、1080pフレームの4倍以上のピクセルで構成されます（図3）。

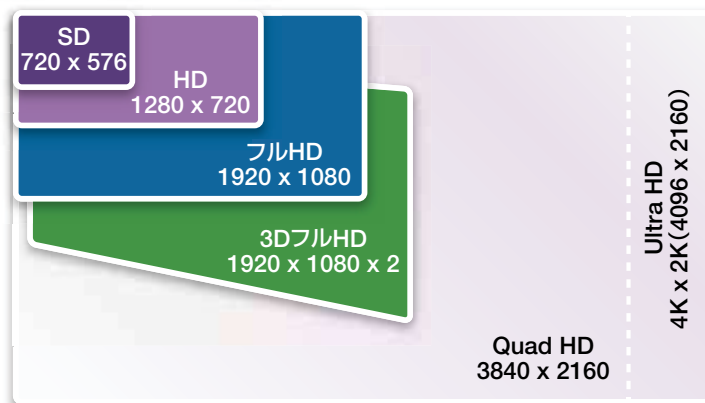


図3：4K x 2Kの1フレームの画素数はフルHD（1080）の4倍以上

次式および図4に示すように、4K x 2Kフレームには合計で17.82Gbpsの帯域幅が必要です。

$$\text{帯域幅} = \text{水平ピクセル} \times \text{垂直ピクセル} \times \frac{\text{フレーム}}{\text{秒}} \times \frac{\text{カラー・ビット}}{\text{ピクセル}} \times \frac{10}{8} \text{ TMDS符号化}$$

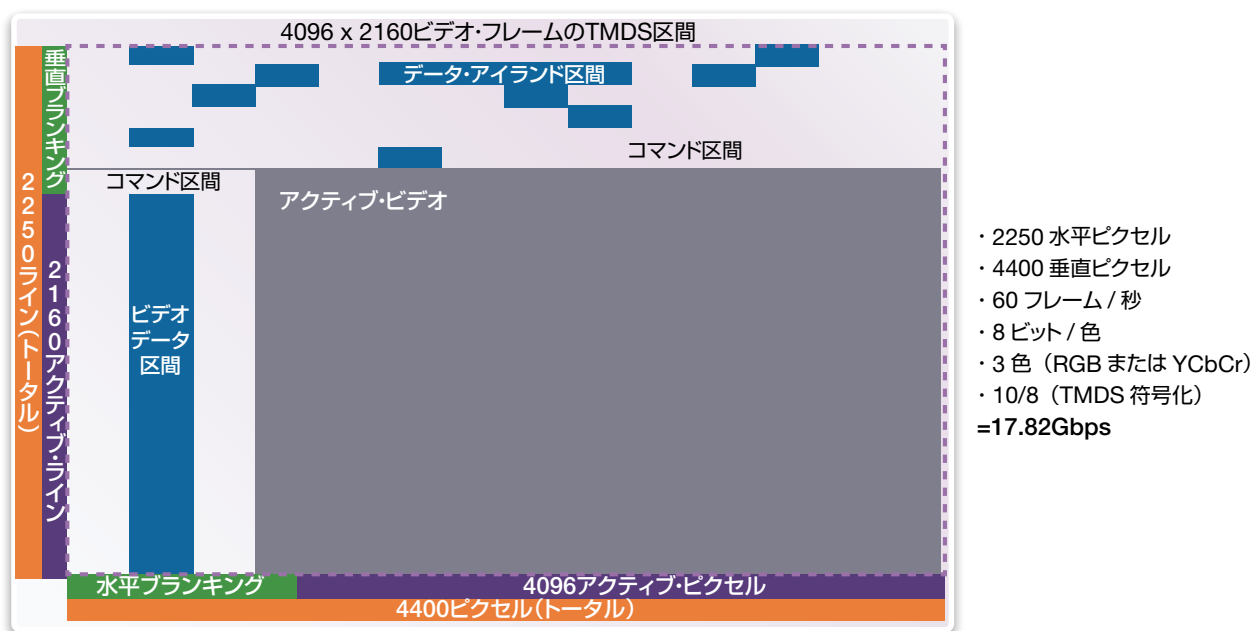


図4：4K x 2Kビデオ・フレームの帯域幅

なお、4Kビデオ・フレームとQuad HDフレームは区別が必要です。4Kフレームとは解像度4096 x 2160ビデオ・ピクセルのフレームを指します。ほとんどの4Kビデオはこの解像度で録画されています。Quad HDのフレームは解像度が3840 x 2160ビデオ・ピクセルで、フルHDの解像度1920 x 1080のちょうど4倍に相当します。したがって、4Kフレームより画素数はやや少なくなります。

帯域幅の拡大は、4Kフレームだけでなく3Dサポートの改良という効果ももたらしています。

4Kビデオ・フレーム自体は2009年のHDMI 1.4でサポートされていましたが、HDMI 1.4の最大帯域幅は10.2Gbpsであったため、フレーム・レートは30Hzに制限されていました。しかし30Hzのフレーム・レートでは人間の目には連続した映像に見えず、画面のちらつきを感じてしまいます。このため、スポーツ番組のようなコンテンツには十分に対応できないという問題がありました。HDMI 2.0で帯域幅が18Gbpsに拡大したことで、フレーム・レートを30Hzから60Hzへ引き上げることが可能になり、動きの速いコンテンツへの対応も大幅に改善されました。

TMDSスクランブル化によるEMIの低減

HDMIはバージョン1.0の当初から、3つのDC結合データ・チャンネルと1つのクロック・チャンネルで構成されています。データ・チャンネルはTMDS方式で8b/10b符号化したデータを伝送します。原理上、8b/10b符号化したデータには繰り返しデータ・パターンが含まれ、これが原因で高いエネルギー・バンドが生じ、EMIが発生します。HDMI 2.0では1データ・チャンネル当たりの帯域幅が3.4Gbpsから6.0Gbpsに拡大するため、EMIの問題はさらに深刻になり、シグナル・インテグリティの問題も発生します。このためTMDSデータをスクランブル化してエネルギー・ピークを解消し(図5)、EMIとシグナル・インテグリティの問題を緩和しています。

少ない帯域幅でロスレス画質のUltra HDを実現する新しいカラリメトリ・フォーマット

人間の目は輝度の違いは敏感に見分けることができますが、色の違いはそれほどでもありません。この性質を利用してビデオ・データの伝送量を削減する一般的な手法が、クロマ・サンプリングです。HDMI 2.0は、Blu-rayディスクで広く使われているYCbCr 4:2:0を

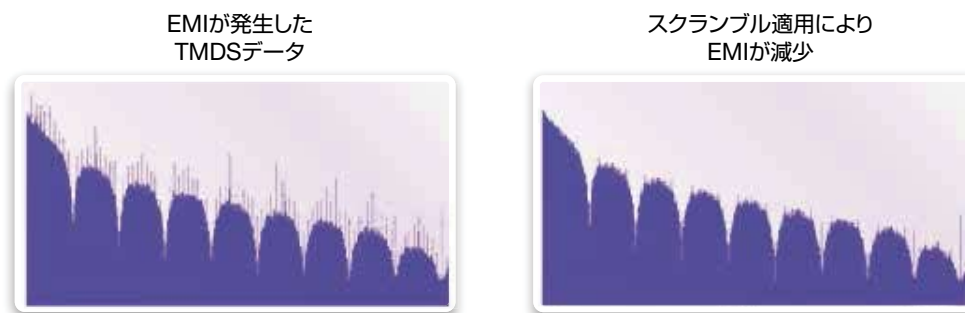


図5：スクランブル適用前と適用後のTMDSデータ

サポートしています。ほとんどのコンテンツはYCbCr 4:2:0フォーマットで保存されており、従来のHDMI規格で採用されていたYCbCr 4:4:4に比べ、YCbCr 4:2:0では見た目の画質がほとんど変わらずデータ量は半分に抑えられます。HDMI 2.0では、コンテンツを元のフォーマットでHDMIシンク（デジタル・テレビ）へ転送し、そこでフルカラーにアップサンプリングしてからディスプレイに表示します。

リモコンを一元化するCEC 2.0

HDMI規格には、HDMIケーブルで接続した機器同士でコントロール機能を交換するためのプロトコルとしてCECが定義されています。CECを利用すると、AVレシーバーのリモコンでデジタル・テレビやBlu-rayプレーヤーの機能を制御するといった使い方ができます。しかし異なるメーカーの機器を接続した場合は、利用できる機能が大きく制限されるという問題がありました。

HDMI 2.0は、従来のCECを拡張したCEC 2.0を採用しています。CEC 2.0は必須の機能を増やすことによって異なるメーカーのHDMI機器間の連携とインターオペラビリティを改良しており、ユーザーは複数の機器をシームレスに操作でき、利便性が大幅に向上します。

ケーブル特性に合わせた伝送を可能にする低レベル・エラーの検出

低レベル・エラーの検出は、ケーブル特性に合わせた伝送を可能にする画期的なメカニズムです。これまでの一般的なHDMIリンクでは、シンク側のEDID（Extended

Display Identification Data）を利用してシンクとソースの両方がサポートする最も高い解像度/フレーム・レート/色深度を選択していました。通常はこれで問題ありませんが、帯域幅が拡大してくるとHDMIケーブルでの伝送中にシグナル・インテグリティの問題によってHDMI信号の品質が大きく低下する場合があります。するとシンク側でビット・エラーが発生し、画質が低下するか、映像がまったく表示されなくなることもあります。

この問題に対処するため、HDMI 2.0ではシンク機器がデータ・エラーの発生回数をカウントしてソース機器へ報告する低レベル・エラー検出をサポートしています。シンク側でのエラー発生回数が多いと、シンクはソースとのネゴシエーションによって帯域幅（解像度、フレーム・レート、色深度）を制限します。帯域幅/周波数を低下させるとシグナル・インテグリティが改善し、全体的な信号の忠実度が回復します。つまり、低レベル・エラー検出はケーブル特性の範囲内で常に最高品質の映像を転送する機能と言えます。

本物のシネマ体験をもたらす21:9フレーム・フォーマット

現在の市場ではアスペクト比16:9のテレビが主流ですが、一部のメーカーからはHDMI 2.0の発表に先がけて21:9のテレビが発売されています。このアスペクト比では、シネマ・フォーマットで記録されたコンテンツを画面の上下に黒い帯を表示することなく再生できます。元々16:9のコンテンツは、まず画像を水平方向に引き伸ばしてから上下を

カットして黒い帯を取り除き、垂直方向に引き伸ばして画面全体に表示します。こうすることでシネマ・フォーマットに近い表示が得られますが、スケーリング処理が発生するため画質は向上しません。

HDMI 2.0規格で参照しているCEA-861-F規格には、アスペクト比64:27のフォーマットも含まれます。マーケティング用語で「21:9」と呼ばれるこのフォーマットでは、コンテンツを元の21:9フォーマットのままHDMIケーブルで伝送し、テレビ側でのイメージ処理なしに表示することができます。

ハイエンドのホームシアター・システムを実現する 32チャンネル・オーディオ

HDMI 2.0ではオーディオ機能も拡張され、3Dオーディオがサポートされるようになりました。通常、5.1/7.1オーディオではスピーカーを2次元の平面に配置しますが、3Dオーディオではスピーカーの高さを変えた配置が可能です。たとえば22.2サラウンド・サウンドでは24台のスピーカーを3段階の高さに配置し、これまでよりはるかに豊かなオーディオ体験を実現します。HDMI 2.0は最大32チャンネルのオーディオをサポートしており、10.2、22.2、30.2などのサラウンド・サウンドを楽しめます。

デュアル表示とマルチストリーム・オーディオ

HDMI 2.0には、ゲームおよび車載機器の新しい利用法を可能にするデュアル表示とマルチストリーム・オーディオ機能にも対応しています。この機能を利用すると、1つの画面で2人のユーザーが別々のビデオ/オーディオ・ストリームを視聴できるようになります(図6)。たとえばゲーム・アプリケーションの場合、対戦している2人のプレイヤーがそれぞれ自分の視点からの画面を表示しながらゲームを楽しめます。車載アプリケーションの場合、運転席からはGPS/地図データが見え、助手席からは映画が見えるようにするといった使い方もできます。この機能は、角度によって別の映像が見える立体視映像の原理を利用しており、その仕組みは3Dテレビに似ています。

HDMI LLCと CEA 861-Fの連携

HDMIテクノロジーでは、どのようなタイミングのビデオ・フォーマットもHDMIリンクで伝送できます。しかしHDMIソースとHDMIシンクの間の互換性を高めるには、いくつかのDTVフォーマットを標準化しておく必要があります。HDMI仕様には、この目的のためにCEA(全米家電協会)が策定、管理しているCEA-861規格(非圧縮高速デジタル・インターフェイス用DTVプロファイル)への参照が含まれます。両者が正式に連携することで、それぞれが整合性のある規格を策定できるようにしています。

HDMI 2.0は最新のCEA-861-F規格を参照しています。この規格はUltra HDおよびワイド画面のビデオ・フォーマット、およびHDMI 2.0でサポートされる新しいカラリメトリ方式をサポートするなどUltra HDとワイド画面の市場を牽引するための大幅なアップデートが加えられています。



図6：デュアル表示の応用例

HDCP 2.2によるデジタル著作権管理

HDCPは、広帯域インターフェイスで伝送される際にオーディオ/ビジュアル・コンテンツを保護するためのデジタル著作権管理システムの1つです。現在のHDMI 2.0規格ではHDCP 1.4暗号化システムの使用が必須とされていますが、よく知られているようにHDCP 1.4はすでに暗号化が破られています。こうした中、WirelessHDやDisplayPortなどの広帯域インターフェイスはHDCP 2.2に基づいた最新のコンテンツ保護システムを採用しています。HDMI 2.0も4Kコンテンツ・プロバイダからの

強い要望を受けてHDCP 2.2への対応が決まり、コンテンツ保護の面でも他の広帯域インターフェイスに肩を並べることになりました。

HDCP 2.2には、強化された新しい認証プロトコルおよびソース-シンク間の距離をチェックする機能が追加されており、コンテンツ・プロバイダ、半導体業界、家電メーカーなどから幅広い支持を得ています。HDCP 2.2はHDCP 1.4との後方互換性はなく(表1)、今後は両方の保護システムが共存するものと考えられます。

パラメータ	HDCP 1.4	HDCP 2.2
認証強度の向上	-	Tx/Rx/リピータにFSMを追加
暗号化したI2Cデータ交換	-	4x64ビット
乱数生成要件	1x64ビット	2x128ビット
拡張暗号化	24ビット	128ビット
暗号化ステータス・シグナリング	OESS/EESS	EESS
秘密値の要件	<1Kビット	>2.5Kビット
Txキー	40x56ビット	128ビット
Rxキー	40x56ビット	128+5200ビット
SRMメモリー (不揮発性、Txのみ)	5KB	5KB
最大DEVICE_COUNT	127	31
HDCPコンバータ (2.2→1.x / 1.x→2.2)	-	☑
コンテンツ管理情報	-	☑
テスト・キー	☑	-

表1：HDCP 1.4とHDCP 2.2のデジタル著作権管理機能の比較

HDMI 2.0で広がる市場とアプリケーション

今回登場したHDMI 2.0の普及が進むにつれ、市場では4K解像度とアスペクト比21:9をサポートしたディスプレイが出揃ってくるでしょう。Ultra HDに対応したデジタル・テレビはすでに大手家電機器メーカー各社から12モデル以上が販売開始されており、これらは今後のファームウェア・アップグレードによってフレーム・レート60Hzの4Kコンテンツに対応する可能性があります。このファームウェア・アップグレードはYCbCr 4:2:0への対応という形でなされ、これによりロスレス品質のUltra HD映像を楽しめるようになります。今後、コンテンツ・プロバイダやサービス・プロバイダが4Kコンテンツの

制作と配信を始めるようになれば、ソースおよびシンク機器はUltra HD体験に必要な転送帯域幅を確保するためにHEVC (High Efficiency Video Coding) またはH265をサポートする必要があるでしょう。また、HDMI 2.0ではHDCP 1.4が必須とされていますが、4Kコンテンツ・プロバイダのほとんどはケーブル伝送中の4Kプレミアム・コンテンツを不正コピーから防ぐためにHDCP 2.2の使用を要求しており、この規格への対応も必要となってきます。

HDMI 2.0が非常に大型の画面で高解像度をサポートするようになれば、4K解像度をサポートしたデジタル・ホームのソースおよびシンク機器だけでなく、デジタル・サイネージなどの産業用途にもHDMIの採用が広がって

いくと見られます。また、デュアル表示などHDMI 2.0の多くの新機能を活かした車載/インフォテインメント機器も登場してくるでしょう。

HDMI 2.0は最大サンプル・レート1536kHzで32チャンネルまでのオーディオをサポートし、最大4ユーザーまでマルチストリーム・オーディオを同時に伝送できるなど、これまで以上に精細で深みのあるオーディオ体験が実現します。今後のAVレシーバー（AVR）は、HDMI 2.0の新しいオーディオ機能をサポートした製品へと世代交代が進むでしょう。

まとめ

マルチメディア機器の事実上の標準インターフェイスとなったHDMI規格は、新しいアプリケーション・ニーズに対応するために機能と帯域幅の進化を続けています。また、HDMI Forumが設立されて幅広い業界からメンバーが参加するようになったことでイノベーションはさら

に加速しています。HDMI 2.0はHDMI規格として初めて多数の企業の参加によって策定されたバージョンで、ホームシアター・システムに革命をもたらす可能性を秘めた数多くの画期的な機能を備えています。また、家庭でのシネマ体験だけでなく、HDMI 2.0には産業用途やオフィス、ゲームなど多くのアプリケーション分野での採用を促す新しい機能も追加されています。HDMI 2.0が発表されたことを受けて、今後数ヶ月は4Kデジタル・テレビの発売が続くでしょう。そしていずれはHDMI 2.0の機能は多くのアプリケーションで当たり前搭載されるようになるはずで。その一方で、HDMI Forumは今後も新しい機能の策定に取り組み、HDMI規格の進化が続くこととなります。

シノプシスの DesignWare HDMI TXおよびRX IPソリューションの詳細は、www.synopsys.com/hdmi をご参照ください。

参考文献

- [1] “HDMI specification marks 10 year milestone as de-facto standard for HD connectivity.” 8 January 2013.
http://www.hdmi.org/press/press_release.aspx?prid=132.
17 October 2013.
- [2] “2012 Interface and Analog IP Market.” Semiconductor Interface IP Revenue by Segment. Gartner 2012.
- [3] In-Stat, IN1104981 MI, December 2011.
http://www.hdmiforum.org/Documents/2012-01-09_HDMI_LLC-Forum_CES_PressPresentation_FINAL.pdf.
18 October 2013.
- [4] “Introducing HDMI 1.4 Specification Features.” Steve Venuti, HDMI Licensing, LLC. 31 August 2009.
http://www.dnetsolution.com/assets/pressbriefing_hdmi1_4_final_083109.pdf