

AV ノート PC における 地上デジタル放送アーキテクチャ

Computer Architecture for Digital Terrestrial Broadcasting in AV Notebook PC

西垣 信孝

■ NISHIGAKI Nobutaka

竹崎 悟志

■ TAKEZAKI Satoshi

富安 雄一

■ TOMIYASU Yuichi

AV ノートパソコン(PC) Qosmio G30 は、ノート PC として日本で初めて^(注1)、地上デジタル放送の受信・視聴・録画機能を実現した。そのためには、小型の地上デジタルテレビ(TV)チューナや、MPEG-2 (Moving Picture Experts Group-phase2) でエンコードされた高品質なコンテンツのデコードと表示ができる、非常に高い性能を持ったプロセッサとグラフィックスコントローラが必要であり、それらの開発を行った。また、PC というオープンなアーキテクチャの機器上で(社)電波産業会(ARIB)の運用規定を満足するために、東芝独自の著作権保護の仕組みを開発した。

The Qosmio G30 audiovisual (AV) notebook PC is Japan's first notebook PC offering the feature of receiving, viewing, and recording digital terrestrial broadcasting. To realize this feature, the Qosmio G30 employs a small-sized digital terrestrial TV tuner and is powered by an extremely high-performance processor and graphics controller that are capable of decoding and displaying high-definition video contents encoded with Moving Picture Experts Group-phase 2 (MPEG-2). The Qosmio G30 also incorporates Toshiba's newly developed original content rights protection mechanism, to ensure that open-architecture equipment such as PCs complies with the standards set by the Association of Radio Industries and Businesses (ARIB).

1 まえがき

ノート PC で国内地上デジタル放送を受信するためには、ハイデフィニション(HD: High Definition)コンテンツを処理可能で、かつ小型化、省電力化できるアーキテクチャが必要である。また、PC というオープンなアーキテクチャの機器上で(社)電波産業会(ARIB)の運用規定を満足するために、著作権保護の仕組みも必要である。

ここでは、地上デジタルTVチューナを搭載したAVノートPC Qosmio G30のハードウェアアーキテクチャと、東芝独自の著作権保護技術について述べる。

2 ハードウェアアーキテクチャ

地上デジタル放送の受信機能を搭載しているQosmio G30のTVシステム構成を図1に示す。これまでのQosmioシリーズに搭載しているアナログ放送受信用の高画質化TVチューナに加え、地上デジタルTVチューナを搭載している。

2.1 地上デジタル放送の受信・視聴・録画機能に必要な技術

専用LSIを中心として構成されているデジタルTVとは異なり、Qosmio G30は通常のPCのアーキテクチャに、地上デジタルTVチューナを加えることによって、地上デジタル放送の受信・視聴・録画機能を実現している。

(注1) 2006年3月現在(当社調べ)。

PCで地上デジタル放送を受信、視聴、録画するためには、以下に示す要素が必要である。

- (1) 地上デジタルTVチューナ
- (2) 高い処理性能を持ったプロセッサ及びグラフィックスコントローラ
- (3) 著作権保護LSI

これらの要素を使い、当社で開発したAV統合ソフトウェア“Qosmio AV Center”によって、デジタル放送の視聴及び録画を実現している。

2.1.1 地上デジタルTVチューナ 地上デジタルTVチューナをノートPCに内蔵するために、従来からあるTV用のものと比べて小型で低消費電力なものを新たに開発した。

この地上デジタルTVチューナは地上放送だけに対応するもので、衛星放送には対応しない。そのため、デジタル放送用限定受信方式(MULTI2)暗号の復号化に必要なB-CAS (Broadcasting satellite - Conditional Access Systems)カードは、地上デジタル専用カード(通称:青カード)を使用する。

なお、この地上デジタルTVチューナに関しては、この特集の“AVノートPC向け地上デジタルTVチューナ技術”(p.16-19)で詳しく解説している。

2.1.2 プロセッサ及びグラフィックスコントローラ

地上デジタル放送のHDコンテンツのデータ形式は、約17Mビット/sのMPEG-2 TS (Transport Stream)である。また、これに含まれている動画はISO/IEC13818-2(国際標準化機構/国際電気標準会議規格13818-2) MPEG-2 MP@HL

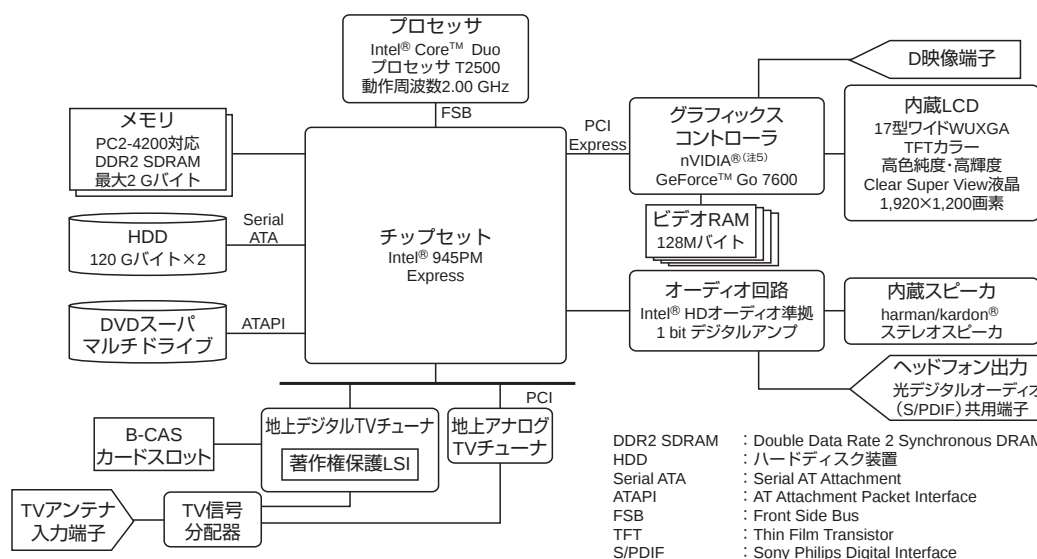


図1. AV ノートPCのTVシステム構成 (Qosmio G30/596LS) — オープンなアーキテクチャの上で、地上デジタル放送の受信・視聴・録画機能を実現している。

TV system configuration of AV notebook PC (Qosmio G30/596LS)

(Main Profile at High Level)によりエンコードされている。

このストリームをデコードして表示し、更にデータ放送の表示を合成するためには、従来のAVノートPCより高い演算・表示処理性能が必要となる。Qosmio G30ではそれを実現するために、グラフィックスコントローラとして、NVIDIA Corporationの最新コントローラであるGeForce™ (注2) Go 7600を搭載している。

また、地上デジタル放送の関連処理全体を円滑にするため、プロセッサはノートPC向けでは初めてのデュアルコアプロセッサである、Intel® (注3) Core™ (注4) Duo T2500を搭載している。

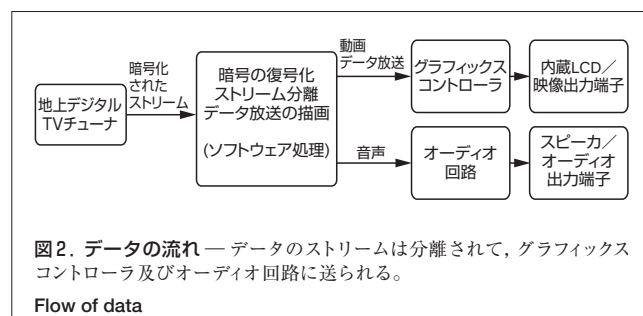
2.1.3 著作権保護LSI ARIBの運用規定TR-B14で定められている著作権保護を実現するために、今回独自開発した著作権保護LSIを地上デジタルTVチューナに搭載している。

この技術の詳細は次章で述べる。

2.2 地上デジタル放送コンテンツのデータの流れ

Qosmio AV Centerが地上デジタル放送を地上デジタルTVチューナで受信してから液晶表示装置 (LCD) に表示させるまでの、主たるデータの流れを図2に示す。

2.2.1 地上デジタルTVチューナによる受信 アンテナ入力端子で受信した地上デジタル放送の無線信号波は、地上デジタルTVチューナでTSに復調される。そして、このストリームは著作権保護LSIにおいてローカル暗号化されて、プロセッサへ送られる。



2.2.2 映像のデコード処理とデータ放送の処理 プロセッサは、まずローカル暗号化されたストリームを復号する。次に、それを映像及び音声、データ放送などのストリームにそれぞれ分離する。それらのうち、映像のストリームはMPEG-2方式でエンコードされているため、グラフィックスコントローラでデコードされる。また、データ放送のストリームは、データ放送の書式であるBML (Broadcast Markup Language)に従って、複数のグラフィックスプレーンに描画される。その後、データ放送のグラフィックスプレーンとデコードされた映像ストリームは一つに重ね合わせて合成され、映像データとして表示装置へと送られる。

2.2.3 表示装置への出力 前項の映像データの解像度は、LCDに合わせてグラフィックスコントローラで変換され、出力される。

Qosmio G30/596LSの場合は、LCDの解像度はWUXGA (1,920 (横) × 1,200 (縦) 画素) なので、それに変換されて出力される。また、1,440 (横) × 900 (縦) 画素のLCDを搭載するモデルも用意している。

(注2), (注5) GeForce, nVIDIAは、NVIDIA Corporationの商標。
(注3), (注4) Intel, Intel Coreは、米国又はその他の国における米国Intel Corporation又は子会社の登録商標又は商標。

また、PCに接続されたTVやモニタなどへ映像を出力するために、D映像端子も用意されている。D映像端子への出力はD4の仕様まで対応しており、ARIBの運用規定に従って、CGMS-A (Copy Generation Management System for Analog)によって出力を制御している。

2.2.4 音声処理 2.2.2項で分離された音声のストリームは、AAC (Advanced Audio Codec) 方式でエンコードされているため、デコードされた後、オーディオ回路に入力される。オーディオ回路は、Intel®HD (High Definition) オーディオ準拠の回路と高音質の1bitデジタルアンプで構成されている。それとharman/kardon®^(注6)ステレオスピーカの組合せによって、クリアで迫力のあるサウンドが再生される。

また、光デジタルオーディオ端子も用意されており、AC-3 (Advanced Codec 3) 方式に対応したオーディオ機器などを接続できるようになっている。

3 著作権保護技術

3.1 PCアーキテクチャでの著作権保護

PCアーキテクチャ上で地上デジタル放送を受信するための著作権保護技術について述べる。

PC上で地上デジタル放送を受信するためには、対応すべき様々な課題がある。例えば、デジタルデータは劣化がないため、不正に複製して配信したりすると著作権の侵害になり、高品質な番組の提供に支障をきたすことになる。

TVやセットトップボックスでは、デジタルデータを取り出すことは難しい。それに比べて、PCはオープンなアーキテクチャであるため、リソースへのアクセスが容易であり、デジタルデータを取り出すことが可能である。地上デジタルTVチューナから受信したコンテンツを取り出すことなく、上位のアプリケーションソフトウェアへ伝えるためには、以下に述べる保護対策が必要となる。

このためにARIBでは、“地上デジタルテレビジョン放送運用規定 (TR-B14)” 第八編に、「保護の対象となるコンテンツを、ユーザーアクセスバスに出力する場合や、記録媒体への蓄積を行う場合、ローカル暗号を用いて暗号化することでコンテンツを保護すること。」「ローカル暗号の使用に際しては、暗号アルゴリズム及び暗号化に使用する鍵は、ユーザーがアクセスできないように適切に管理すること。」と定めている。

3.1.1 ユーザーアクセスバスの保護 ユーザーアクセスバスの保護とは、使用するユーザーアクセスバス上でコンテンツを安全に転送するために、コンテンツを暗号化することである。

保護を必要とするユーザーアクセスバスとは、ユーザーが
(注6) harman/kardonは、Harman International Industries, Inc. の商標。

容易に信号を取り出しうるデジタル接続インタフェースバスであって、仕様が公開されている標準コネクタを用いた、PCI (Peripheral Component Interconnect) バス、IDE (Integrated Drive Electronics) バス、SCSI (Small Computer System Interface) バス、PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) インタフェースバスなどを言う。ただし、メモリバス、プロセッサバスやユーザーがアクセスすることが困難なバスを除く。

PC用に開発した地上デジタルTVチューナは、mini PCI相当のバススロットで接続されている。そのスロットからPCIバスのトランザクションを解析することは可能である。このように、簡易な方法や道具を用いることによりデジタルデータを取り出すことは、禁止しなければならない。

3.1.2 蓄積保護と認証 コンテンツをハードディスクなどの記録媒体に蓄積する場合も、前述のようにローカル暗号化しなければならない。

また、蓄積する前に、コンテンツの転送元である地上デジタルTVチューナと転送先となるアプリケーション間で認証処理を行うことにより、転送先の正当性を確立しておく必要がある。

3.2 著作権保護技術

ローカル暗号化を正しく実装するのが、当社独自の著作権保護技術である。ローカル暗号の強度と使用する鍵の管理については、ARIBで定めている運用規定に準拠する必要がある。ただし、そこでは実装すべき項目が定められているだけで、具体的な実装方法は独自の技術で実現しなければならない。

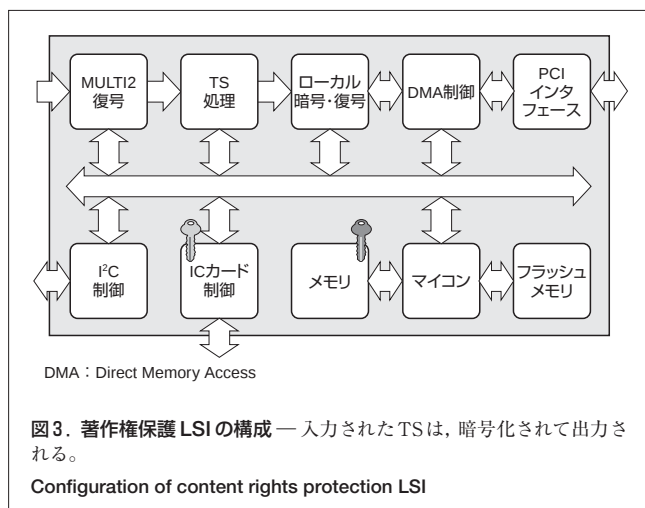
独自の技術とは、各処理で扱う鍵の生成方法及び管理方法にある。例えば、認証に使用する鍵は、地上デジタルTVチューナと別のPCと接続できないように、機器ごとに独自のものを割り当てる必要がある。ただし、地上デジタルTVチューナ又はPCの故障を想定して、正当な保守により地上デジタルTVチューナやPCの部品が交換された場合にも、以前のコンテンツを使用できるようにする必要がある。例えば、DVDメディアなど外部の記録媒体にムーブ (移動) する場合の鍵の扱いなどを考慮すべきである。

地上デジタルTVチューナは、PCIバス上に接続されるので、コンテンツをPCIバスに流す前にハードウェアにより強固な保護処理をする必要がある。

著作権保護LSIは、これらの処理のすべてをLSI内部に実装することにより、より高いセキュリティ強度を実現している。

3.3 著作権保護LSI

今回開発した著作権保護LSIは、日本国内の地上デジタル放送受信機に対する限定受信方式に関する仕様に準拠し、コンテンツ保護を伴う無料番組を対象とした方式を実装する。そのために、以下に示す機能を持っている。



- (1) MULTI2暗号の復号化
- (2) I²C (Inter-Integrated Circuit) バスインタフェース
- (3) PCIバスインタフェース
- (4) ローカル暗号化及び復号化
- (5) IC カード (B-CAS カード) 制御

著作権保護 LSI の構成を図3に示す。実際のデジタル放送受信からコンテンツを上位の Qosmio AV Center へ渡すまでの流れは、以下のようになる。

放送されているコンテンツを受信する場合は、地上デジタル TV チューナ内の復調器から出力される TS が著作権保護 LSI に入力される。そして、まずこの LSI は B-CAS カードを使用して、このストリームにかけられている MULTI2 方式の暗号を復号する。このとき、地上デジタル TV チューナの制御は I²C バス経由で行う。次に、復号されたストリームをローカル暗号化した後、バスマスタ転送機能を使用して PCI バス経由で出力する。

コンテンツが既にハードディスクに蓄積されている場合は、著作権保護 LSI から Qosmio AV Center 再生に必要な鍵が渡される。そして、Qosmio AV Center はそれを使ってローカル暗号を復号し、再生処理を行う。

ローカル暗号の復号化に必要な鍵又は鍵生成に必要な情報は、内蔵メモリに格納される。また、一連のストリーム制御は内蔵されているマイコンで行い、そのプログラムなどを格納するフラッシュメモリも同様に内蔵されている。

この著作権保護 LSI は、開発当初からノート PC への搭載を考慮しており、鍵や各種データを元に内蔵マイコンの動作を解析されないように、マイコンがアクセスするメモリとフラッシュメモリも LSI に内蔵した。更に今回、小型化と省電力化を重視して開発し、その結果、機能面と小型・省電力化という性能面を両立した。

LSI 内部の回路は、回路ブロックごとにストリームが流れるときにだけ動作するようになっており、必要な場合以外は

クロックが止まっているため省電力となる。

フラットパッケージのように基板表面に端子が露出するタイプのパッケージを使うと、そこから直接解析されてしまう。それを防ぐため、パッケージには端子が基板表面に出ない BGA (Ball Grid Array) を採用している。

LSI には、処理に必要な回路コアがすべて 1 チップに集積されている(図4)。これにより低コスト化はもとより、実装面積の小型化や、放熱機構の不要化も実現している。

また、ストリームや暗号・復号処理を制御しているマイコンの仕様には、将来動向を見込んでいる。そのため、今後、方式の追加や変更があった場合にも、LSI を作り直すことなく柔軟に対応できる。



4 あとがき

小型地上デジタル TV チューナの開発、プロセッサ及びグラフィックスコントローラの高性能化と当社独自の著作権保護技術により、Qosmio G30 で国内地上デジタル放送の受信・視聴・録画機能を実現することができた。今後は、地上デジタル放送に対応したモデルを充実させ、更に AV ノート PC を成長させていきたい。



西垣 信孝 NISHIGAKI Nobutaka

PC & ネットワーク社 PC 開発センター PC 設計第一部長。
ノート PC の開発設計に従事。
PC Development Center



竹崎 悟志 TAKEZAKI Satoshi

PC & ネットワーク社 PC 開発センター PC 設計第一部。
ノート PC の開発設計に従事。情報処理学会会員。
PC Development Center



富安 雄一 TOMIYASU Yuichi

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジー開発センター
ホームブロードバンドシステム開発部長。著作権保護技術の開発に従事。
Core Technology Center