

Lui「コンテンツオンデマンド」のアーキテクチャと技術

五十棲 淳考・上村 智彦・黒岩 実
坂本 進・千葉 胤明

要 旨

「コンテンツオンデマンド」を実現するため、大容量HDDを搭載してデジタルコンテンツを一元管理し、ホームネット上のPCやネットワーク（DLNA）対応テレビに配信する「ホームサーバPC「Lui SX」」を開発しました。本稿では、「ホームサーバPC「Lui SX」」を支える技術として、24時間・安定稼働を実現する「ハイリライアブル・デザイン」、デジタル放送の2録画/2配信を実現する「マルチレコードキャストテクノロジー」、及びユーザビリティについて紹介します。

キーワード

●デジタル放送 ●DLNA ●DTCP-IP ●ファイルシステム ●冷却・静音化 ●ユーザインタフェース

1. はじめに

近年のPCは、デジタル放送の録画/視聴機能や、DLNA（Digital Living Network Alliance）規格によるコンテンツ配信機能など、デジタルコンテンツを扱う能力が向上しています。しかし、OSの再起動によってデジタル放送の録画が中断したり、バックグラウンドで動作するコンテンツ配信処理のCPU負荷によってユーザインタフェースのスムーズな動きが損なわれるなど、「コンテンツオンデマンド」を実現するサーバとしては十分ではありません。

本稿では、PCを強化して「コンテンツオンデマンド」を具現化する技術として、24時間/安定稼働を実現する「ハイリライアブル・デザイン」、デジタル放送の2録画/2配信を実現する「マルチレコードキャストテクノロジー」、及びユーザビリティについて紹介します。

2. ハイリライアブル・デザイン

2.1 PCとレコーダの分離構造と監視機構

PCアプリケーションの影響を受けない安定した録画と、PC機能を利用しないときの省電力を実現するため、**図1**に示すように、PC機能を実現するPCシステムと、デジタル放送録画機能を実現するレコーダシステムを分離したハードウェア（HW）アーキテクチャを採用しました。

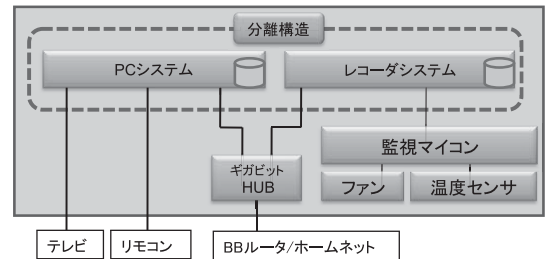


図1 PCとレコーダの分離構造と監視機構

PCシステムでは、Windows Vista Home Premium上でNEC製PCと同等のアプリケーションが利用可能であり、リビングルームへの設置を想定してHDMI（High-Definition Multimedia Interface）端子とリモコン入力をサポートしています。また、レコーダシステムとは独立した電源供給を行っているので、PC機能が不要なときは、PCシステムだけを電源オフできる省電力構造になっています。一方、レコーダシステムは、2個のデジタル放送チューナと最大1 Tバイトの録画専用HDDを備えた組み込みシステムです。両システムは、ギガビットHUBによりLAN接続されており、両システム間的高速データ通信を実現するとともに、PCシステムの電源オフ時でも、レコーダシステムが独立動作できるようになっています。また、ホームネットワークにDHCPサーバが存在しない環境でもIPアドレスを自動設定可能なIPv6を使用することで、ネットワーク環境に依存しない確実な通信処理を実現しています。

また、システムの監視機構として、ソフトウェア障害など

に起因するストールから自動復旧するウォッチドッグタイム機能と、ファンの停止や温度異常を検出して装置全体を安全にシャットダウンする機能を持つ監視マイコンを搭載し、24時間連続稼働を実現しています。

2.2 冷却・静音化技術

ホームサーバPCは、リビングルームで大画面テレビと接続して利用するため、発生騒音をお客様が気にならないレベルに抑えることが必要です。しかしながら、ニーズに合わせて機能の豊富さや録画容量の大きさを追及すると、強力な静音化対策が必須になります。そこで、NECシステム実装研究所と連携し、小型化が容易な空冷方式により、以下の4ステップで冷却と静音化を両立する技術を確立しました。

(1) 要素技術の検討

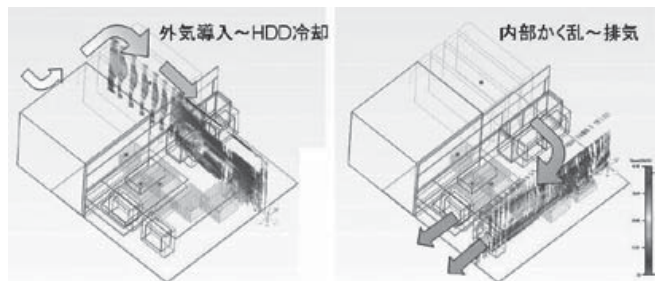
限られた装置サイズで低騒音を実現するために、要素技術ごとに効果とチューニング方法を評価し（表）、低騒音ファン、ファン回転数の制御、吸気孔と騒音源の分離配置、風の上流への耐熱性の低いデバイスの配置などの技術を採用しました。

(2) 冷却能力見積とシミュレーションによる実装設計

装置に内蔵される各デバイスの消費電力と許容温度を基に、

表 低騒音実現の要素技術と効果の分類

要素	効果	チューニング方法
騒音	発生騒音低減	・低騒音ファン採用
冷却風	風量増加	・ファン回転数を低くする
遮音	騒音遮断構造	・ファン前後の部品配置距離の適正化で
吸音	音量減衰素材	風切り音を抑える
制振	振動減衰素材・構造	...
音漏れ	開口位置・方向制御	



本図では一部の部品を省いて表示しています

図2 ホームサーバPC内部の熱流体シミュレーション

専用ツールで最大負荷時の必要冷却能力を算出し、必要な風量を概算しました。これに基づき三次元CADを用いて熱流体デジタルモックアップを制作し、筐体内部の風の流路と各デバイスの温度上昇をシミュレーションすることで（図2）、冷却条件を満たす最適な実装を設計しました。

(3) 試作機による評価

シミュレーションと平行し、試作機を用いて最大負荷時の装置内温度と騒音レベルを実測し、ステップ(2)のシミュレーションにフィードバックすることで、最終的に内部冷却用と外部排気用各2基の60角DCファンの採用を決定しました。

(4) システム制御での調整

更にCPUやHDDなどのキーデバイスの近傍に各々温度センサを配置し、ファン回転数の多段階制御により、システム低負荷時での更なる低騒音化を実現しました。

以上により、最大負荷時でも約30 dB(A) (25°C環境) という図書館並みの静けさを空冷のみで実現しました。

3. マルチレコードキャストテクノロジー

デジタル放送の2録画2配信を処理しながらPCアプリケーションを快適に実行するためには、配信処理のCPU負荷低減と、4ストリームの読み書きが集中する録画専用HDDの性能確保が大きな課題です。本章では、その課題を解決するための技術を中心に、デジタル放送録画/再生機能を実現するアーキテクチャを説明します。

3.1 デジタル放送の録画/再生アーキテクチャ

デジタル放送の録画/再生アーキテクチャを図3に示します。録画機能は、レコーダシステム上で動作するデジタル放送録画コンポーネントで処理しており、2個のデジタル放送チューナから取り出した映像ストリームを、映像専用HDDに独自暗号形式で蓄積します。レコーダシステムには2台のHDDを搭載し（上位モデル）、12時間ごとに交互に書き込みを行うことで、HDDへのアクセス負荷を分散し、耐久性を確保しています。

一方、再生機能は、PCシステム上で動作するDLNAサーバからの映像配信機能で実現していますが、レコーダシステムに独自暗号方式で蓄積された映像ストリームをDTCP-IP

Lui 「コンテンツオンデマンド」 のアーキテクチャと技術

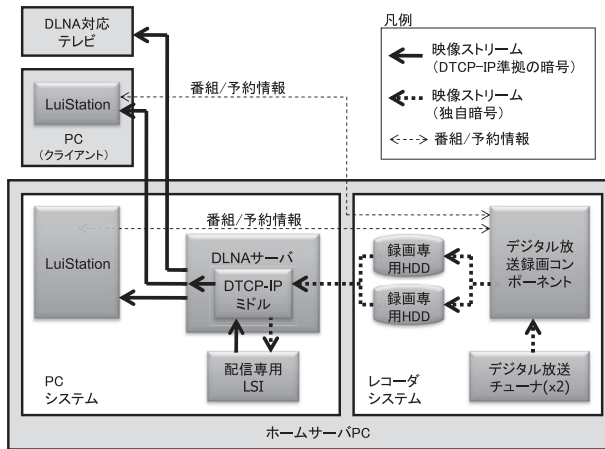


図3 録画/再生アーキテクチャ

(Digital Transmission Content Protection over Internet Protocol) 準拠の暗号形式に変換する処理は、新規開発した配信専用LSIで分担しています。配信処理の中でも特に負荷の大きい暗号変換処理をハードウェア化したことにより、ハイビジョン映像2配信時のCPU負荷を20~30%に抑えることができ、配信処理とPCアプリケーションの同時動作を実現しました。

また、DLNAサーバによる映像配信は、DLNAクライアント機能を持つデジタル放送録画/視聴アプリケーション「LuiStation (ルイステーション)」やネットワーク(DLNA)対応テレビで受信、再生することができます。特に、LuiStation利用時は、DLNAサーバが提供する標準的な番組情報に加え、デジタル放送録画コンポーネントが一元管理する情報を利用することで、通常のDLNAクライアントでは実現できない録画予約機能や、ホームサーバPC独自の番組管理機能を実現しています。例えば、デジタル放送録画コンポーネントが管理する前回再生番組/再生停止位置から再生を継続する「続き再生機能」を使うことで、視聴途中でリビングルームから個室に移動したとき、簡単な操作で視聴継続可能です。

3.2 映像専用ファイルシステム

デジタル放送の2録画2配信を実現するため、独自のバッファ管理方式による映像専用ファイルシステムを開発し、レコーダシステムの録画専用HDDに採用しました。

様々なサイズのファイルを扱う汎用的なファイルシステム

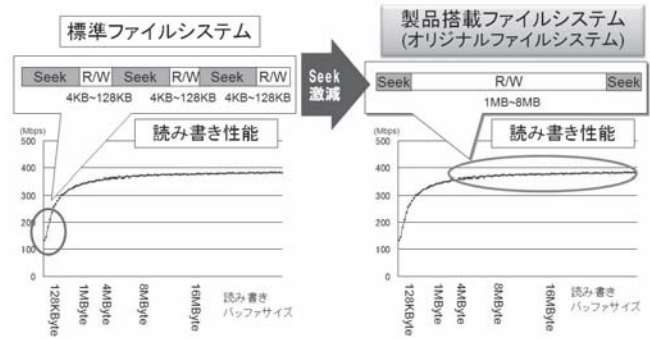


図4 バッファサイズとスループットの関係

では、ファイルの読み書きバッファを小さくするほど容量を効率よく利用できますが、その反面、大きなファイルは物理的に不連続に配置されやすく、ヘッドシークの増加によって読み書き速度が低下します(図4)。一方、ファイルサイズが数Gバイトのデジタル放送だけを扱う録画専用ファイルシステムでは、バッファサイズを大きくしてもHDDの利用効率は低下しないため、大きなバッファサイズを設定して読み書き性能を向上することが可能です。

本ファイルシステムは、独自のバッファ制御方式を実現するため、ユーザ空間で動作するミドルウェアとして実装し、OS標準のバッファ管理機構をバイパス可能なローレベルのHDDアクセスAPIを利用しています。読み書きバッファサイズを4Mバイトに設定することで、ヘッドシークの影響を受けない高速アクセスを実現するとともに、録画と削除を繰り返した時のファイル断片化による性能低下も低減しています。

4. ユーザビリティ

4.1 リビングルーム向けのユーザインタフェース

(1) 離れた場所からの視認性向上

LuiStationでは、テレビから10 feet離れた距離での視認性を向上するため、2 feetの距離で利用する通常のPCアプリケーションよりも大きなアイコンと文字を採用しました(図5(a))。また、装置の動作状態を示すLEDを円上に角度をつけて配置することで、横並びの配置に比べて、どのLEDが点灯しているのかを判別しやすくしています(図5(b))。



図5 リビングルームでの視認性向上の工夫

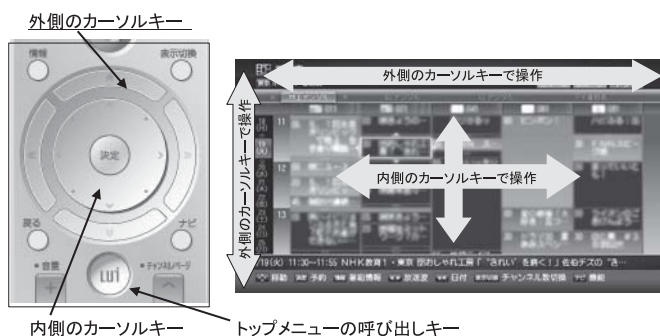


図6 2重カーソルキーによるGUI操作



図7 2重カーソルキーの形状

(2) リモコンの操作性向上

リモコンを持ち変えることなく操作できるように、2重カーソルキーと主要ボタンを中央部に集めたりモコンを新規開発し、そのリモコン仕様に合わせてGUI画面を設計しました（図6）。例えば、ラテ欄形式番組表では、放送種別（地デジ/BS/CS）と放送日を外側カーソルキーで選択し、チャンネルと放送時間を内側カーソルキーで選択します。また、図7に示すように、内側カーソルキーをすり鉢状とし、外側カーソルキーの中央を盛り上げることで、手元を見ずに2重カーソルキーの内側と外側を識別できるようにしています。

できるように、通常のラテ欄形式やチャンネル別/ジャンル別/フォルダ別の番組表/録画番組リストに加え、以下の検索機能をサポートしています。

- ・ おまかせ番組表：ユーザが登録したキーワードやジャンルに合致する番組を検索、表示する機能であり、検索番組を自動録画することが可能です。番組検索は処理時間を要するので、深夜の番組表更新と同時に検索処理を行うことで、ユーザ操作時の応答性を確保しています。
- ・ おすすめ番組表：ユーザの視聴履歴（番組名/ジャンル/放送時間帯）と番組情報をベースに、お薦めの番組を自動的にピックアップして表示します。事前の設定が不要なので、見たい番組を具体的にイメージしていない場合に、簡単かつ効率的に番組を探すことができます。

5. おわりに

本稿では、ホームサーバPC “Lui SX” における、デジタル放送録画/再生機能のアーキテクチャと実現技術、及びユーザビリティについて紹介しました。今後は、同時録画の多チャンネル化、家電レコーダとの連携強化を推進し、「コンテンツオンデマンド」のコンセプトを更に強化していきたいと考えています。

* Windows Vista Home Premiumは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標または登録商標です。

執筆者プロフィール

五十棲 淳考
NECパーソナルプロダクツ
ユビキタス事業開発本部
主任

上村 智彦
NECパーソナルプロダクツ
ユビキタス事業開発本部
主任

黒岩 実
NECパーソナルプロダクツ
ユビキタス事業開発本部
エキスパート
情報処理学会会員

坂本 進
NECパーソナルプロダクツ
ユビキタス事業開発本部
エキスパート

千葉 胤明
NECパーソナルプロダクツ
ユビキタス事業開発本部
マネージャー

4.2 コンテンツ検索効率の向上

大量のデジタル放送番組の中から目的の番組を簡単に検索