

IPv6通信機能をもつマイクロノードの開発

Development of Micronode with IPv6

米澤 正明^{*1} 星 哲夫^{*1}
YONEZAWA Masaaki HOSHI Tetsuo

これから広く普及してゆくインターネット常時接続の環境下で、PC(Personal Computer)接続を必要とせず、に独立してインターネットに直結し、エンド・ツー・エンドで通信する小型のネットワークデバイスである“マイクロノード”コンセプトを提唱する。このマイクロノードを実現するために、今後のインターネットの中心として使用されるIPv6(Internet Protocol version 6)を8ビットCPU上に開発、実装し、温度モニターのアプリケーションを実行するマイクロノード“HotNode”を技術実証用に開発した。本稿では、“HotNode”の概要と、Networld+Interop 2001 Tokyoでの実証試験結果を紹介する。

Under the circumstance of proliferation of always-on connection Internet service, we present the concept of small network device "Micronode", which is dedicated for end-to-end network communication and accessible directly to the Internet without any PC. For this Micronode, we have developed IPv6 mounted on an 8-bit CPU. Based on this Micronode technology, we have also developed "HotNode" for temperature sensing toward our technological validity, which consists of a temperature sensor and IPv6 embedded with an 8051-compatible CPU, memory, Ethernet I/F and a power supply unit.

This paper describes the outline of "HotNode" and reports the demonstration of temperature monitoring by HotNodes, verified at the exhibition hall of Networld+Interop 2001 Tokyo for the IPv6-ShowNet event.

1. はじめに

従来、インターネットアクセスが必要な時は、ダイヤルアップによりインターネットに接続していた。しかし、平成13年度ではCATVに加え、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)による常時接続も普及し始めてきた。日本政府が主導するe-Japan戦略によれば、2005年には4000万世帯がインターネットに常時接続される社会が実現する。

従来のインターネットは、主にサーバとPCで構築され、キーボードから入力されたデータに基づくバーチャルな世界が中心であった。これからのインターネットは、実世界の物理量、例えば温度、湿度、光、風向、風速などの情報が即座にインターネットに取り込まれ、リアルな世界の情報へその中心が移ってゆき、新しいアプリケーション/サービスが求められるであろう。

我々は、これに応えてゆくために、インターネットを利用したアプリケーションやサービスを実現する手段と

して、それ単独でインターネットに接続され、特定のアプリケーションを独立して実行する機器として、“マイクロノード”というコンセプトを提唱する。

インターネットが発展した大きな理由の一つに、インターネットに接続された機器同士が、IPパケットで直接通信を行うエンド・ツー・エンド通信モデルの実現があ

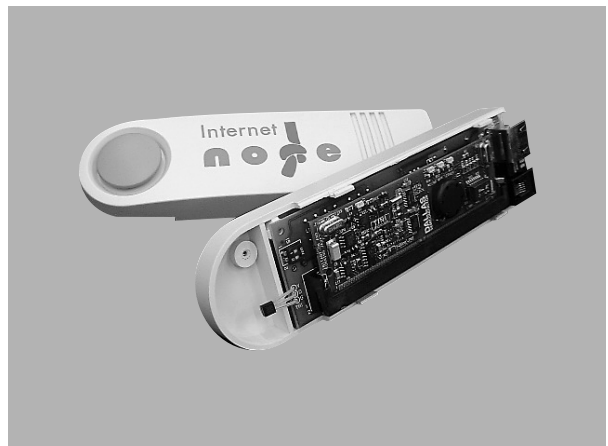


図1 HotNode写真

*1 IT事業部 ビジネス開発センター

る。しかし、現在インターネットで使用されているIPv4では、たかだか43億個のアドレスが使えるにすぎず、グローバルアドレスの取得も困難になってきており、IPv6への対応は必須である。

このような背景のもとで、IPv6通信機能を持ったマイクロノードとして温度モニタ用の機能を持った“HotNode”を、技術実証用に開発した。

2. 開発の目的

マイクロノードのコンセプトを具現化し、IPv6ネットワーク環境で実動作することを“HotNode”開発の目的とした。このために目標としたことは、以下の通りである。

- (1) 小型の組み込み機器として、限定されたリソース（8ビットCPU、ハードディスク、ファン等の駆動部無し）で実現する。
- (2) 上記の制約の中で、IPv6通信機能を実装する。
- (3) 通信ケーブルと、電源ケーブルを2本接続するのは不便であり、イーサネット上へ電源を重畳させ、通信ケーブル1本で動作する。
- (4) 物理量として温度データを取り込み、インターネット上へ発信する。
- (5) アプリケーションを組み込み、IPv6ネットワーク環境で動作検証を行う。

3. HotNodeの概要

3.1 IPv6通信機能の特長

図1は、“HotNode”の分解写真である。本器は、小型（長さ 177 mm × 幅 51 mm × 高さ 36 mm）で簡便なインターネット接続機器であり、IPv6/IPv4通信機能を有し、下記の特長を持っている。

- ・ IPv6の128ビットのアドレス空間（IPv4では32ビット）を活用することで、事実上必要な数だけアドレスを獲得できる。
- ・ IPv6ネットワークに接続することでIPアドレスの自動設定が行われ、プラグ&プレイで運用が開始できる。
- ・ IPv4/IPv6のデュアルスタックを実装することで、既存のIPv4ネットワーク上でも動作する。

3.2 動作概要

“HotNode”は、マイクロノードのコンセプトを具現化したもので、単なる温度センサとしてのみではなく、温度モニター機能を持ち、温度モニターのサーバとして動作するものである。

周囲温度は、半導体温度センサを用いて電気信号に変換され、1本の対燃線上に信号と電源を供給する米国ダラスセミコンダクター社の1-wire®*2インタフェースを通じてCPU部へ伝達される。

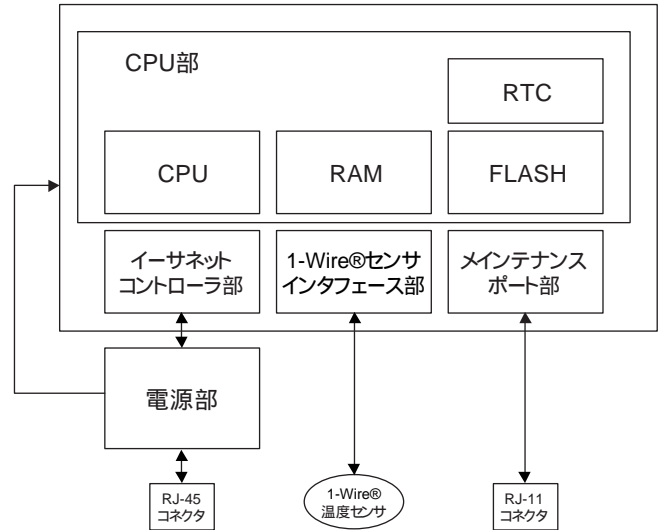


図2 ハードウェア構成

CPU部では温度モニター用のJavaアプリケーションが動作している。またJavaアプリケーションの一つのスレッドとしてWebサーバが動作している。

クライアントからの温度データ読み出し要求は、イーサネット（10Base-T）を通じHTTP手順で通知される。HTTPのgetコマンドに応答し、Webサーバは定周期の温度、1日の最高/最低/平均温度、前日の平均温度の差分を測定、計算、記録し、それを含んだHTMLデータを送出する。クライアントではWebブラウザで、“HotNode”からそのデータを読み出し、表示することができる。

4. 構成と機能

4.1 ハードウェア

“HotNode”のハードウェア構成を図2に示し、各部の構成と機能について述べる。

(1) CPU部

CPU、FLASHメモリ、SRAM、RTC（Real Time Clock）などからなり、全てのソフトウェアを実行する。主な仕様は下記の通りである。

CPU： 8051互換 8ビット 40 MHz，

RAM： 1 Mバイト，

FLASH： 1 Mバイト

RTC： バッテリバックアップ付き

(2) イーサネットインタフェース部

Ethernetコントローラ、パルストランス、MACアドレス保持用EEPROMなどからなり、イーサネットフレームの受信/送信を行う。RJ-45コネクタにより、10Base-T通信を実行する。

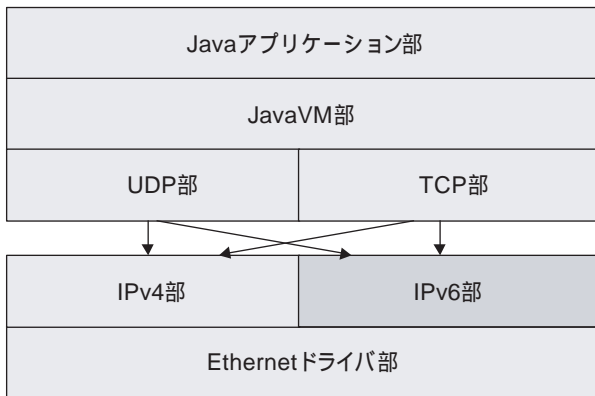


図3 ソフトウェア構成

(3) 電源部

パルストランス、DC/DCコンバータ、LPF(Low Pass Filter)からなる。通信ケーブルだけを接続することで、電源も供給できるようにPower on Etherと呼ばれる電源重置方式を採用している。

(4) センサ部

温度センサ、Async/1-wire®変換チップ、静電気保護回路などからなり、“HotNode”の温度モニター機能を実現する。

(5) メンテナンスポート部

AsyncポートはCPUに含まれるため、信号レベル変換のみ行う。ファームウェアのダウンロードなどに使用される。

4.2 ソフトウェア

ソフトウェアの構成を図3に示す。当社と米国ダラスセミコンダクター社との共同開発を実施し、当社はIPv6部を開発・実装した。

(1) Javaアプリケーション部

Javaアプリケーションの1スレッドとしてHTTPサーバ、FTPサーバ、TELNETサーバが動作している。

(2) JavaVM部

JDK1.1.8互換のJavaアプリケーションを動作させるために、クラスファイルをロードして順次実行する。

(3) TCP/UDP部

TCPおよびUDP通信手順を実行する。

(4) IPv4/IPv6部

IPv4通信機能および、IPv6通信機能を提供するデュアルスタックとしている。

(5) イーサネットドライバ部

イーサネット通信を行うためのドライバソフトウェアである。

5. 主要部の動作説明

“HotNode”の特長と実現している主要部について、その動作を説明する。

5.1 1-wire®センサインタフェース部

調歩同期手順と1-wire®手順との変換を行うアダプタIC、静電気防護用ダイオード、センサなどから構成されている。“HotNode”では一つのセンサを接続しているが、複数のセンサを同一のインタフェースに並列接続することもできる。各センサは48ビット長の識別子を持ち、これを使って選択的に通信を行うことができる。

CPUはAsyncポートを使用し、アダプタ経由で1-wire®インタフェースに接続されたセンサと通信する。

CPUは温度測定開始コマンドを発行する。センサはコマンドに従い、温度-デジタルデータ変換を開始する。変換に必要な時間経過の後、CPUは温度データ読出し、コマンドを発行する。センサはコマンドに反応し、温度データを送出する。コマンド発行から読み出し、終了まで概ね1秒間以下で終了する。

5.2 電源部

“HotNode”の特長の一つであるPower on Ether(電源重置)回路の動作を説明する。ツイストペアケーブル上に直流電源電流を流すことで、通信接続と電源接続とを1本のケーブルで実現する。

10Base-Tで通信信号が流れるツイスト線と同一導体上に直流電源電流を流す方式である。

“HotNode”側ではパルストランスを使用し、直流とイーサネット通信信号を分離する。

信号回路はリレーを経由し、LPFに接続され2つのツイストペア間でループを形成している。

電源供給装置側では電源供給に先立ち、イーサネット通信信号とは異なるスペクトラムを持つ特殊な信号を通信信号回路に印加する。LPFがループを形成しているため、この信号は電源供給装置に折り返す。信号を検出すると、供給装置は相手側機器を電源供給に適した機器であると判定し、電源供給を開始する。

通常のイーサネット通信装置では上記ループが形成されることは無いため、電源電圧が印加されることは無い。

電源供給が開始されるとリレーが駆動され、信号回路は本来の受信回路に接続される。

電源は、正側、負側各々1対の導体を使用し、合計4導体を使用して供給される。パルストランス二次側には中点タップが設けられ、電源回路の接続点となっている。中点から流入した直流電流はほぼ50%ずつに分流し、同一のコアに巻かれた巻線を互いに逆方向に流れる。電

源電流に起因する直流磁束は互いにほぼ打ち消され、コアの直流磁化による通信信号への影響は最小限に留まる。

5.3 IPv4/IPv6部

現在、主として使用されているインターネットプロトコルであるIPv4と、新しいIPv6のどちらでも通信可能なように、デュアルスタックとして実装している。

マイクロノードとして必須であるIPv6仕様として、下記のインターネット標準を定めたRFC(Request For Comment)を実装した。記述言語は、アセンブリ言語であり、IPv6部のコードサイズは、約26 Kbyteである。

- 基本仕様 RFC2460)

IPv6のアドレス拡張をはじめとした基本ヘッダー、様々な機能に対応するための拡張ヘッダーやオプションに関して定義している。

- アドレス体系 RFC2373)

IPv6におけるアドレス表記や、その省略記法、先頭から特定のビット数をプレフィックスとして用途に応じて定義している。

- ICMPv6 RFC2463)

インターネット上でパケットが正常に配送されない場合に、その不具合を送出元に通知する仕組みとして、ICMP(Internet Control Message Protocol)を定義している。

- 近隣探索 RFC2461)

ネットワーク層のIPアドレスとデータリンク層の例えばMACアドレスの対応付けを行う仕組み等を定義している。

- アドレス自動設定 RFC2462)

ルータから取得する情報と、自分自身が所持している情報からIPv6アドレスを自動的に生成して、通信を可能とする仕組みが定義されている。

6. 技術実証試験

開発の目的であるIPv6ネットワーク環境での技術実証として、2001年6月に幕張メッセで開催されたNetworld + Interop 2001 Tokyo会場に102台の“ HotNode ”を設置し、期間中連続して会場全体の温度分布をモニターした。

温度分布を測定する手段は現在も多数存在するが、全ての温度測定データが直接IPネットワークで通信され、

各ノードが自律的なサーバとして稼動している例はない。本システムでは、収集サーバが無くても直接各“ HotNode ”をURL指定することで温度データが収集できる。今回は、限定された会場内で温度分布を測定したが、全く同じシステムを地理的に世界に広げたとしても、インターネットにIPv6で接続することができれば、同じアプリケーションを動作させることができる。

102台の“ HotNode ”から定期的にデータを収集し、集中的に記録を保存するサーバを設置した。“ HotNode ”とサーバは、IPv6ネットワークに接続されており相互間の通信はIPv6プロトコルで行われた。

7. おわりに

“ HotNode ”による温度分布モニターシステムはIPv6-ShowNetに接続され、マルチベンダーのIPv6ネットワークトラフィックの中で会期中、正常に動作した。温度分布を表示するページは主催者のホームページからリンクが張られ国内だけでなく海外からのアクセスも可能とした。IPv6ネットワークに接続された102台の“ HotNode ”が十分に当初の目的を達成したことを確認した。

マイクロノードは、ブロードバンド通信による常時接続、そしてIPv6プロトコルへと発展する今後のインターネットの応用範囲を、より広げるものとして注目される。これからも、新しいアプリケーションやサービスを実現するために、専用化した様々なマイクロノードを開発してゆく所存である。

参考文献

- (1) 通信白書平成13年度版、総務省編
- (2) Don Loomis, "The TINI SPECIFICATION and Developer's Guide", 2001
- (3) インターネットノード株式会社ホームページ
<http://www.i-node.co.jp/>
- (4) 岡部宣夫他, "次世代インターネットプロトコル(IPv6)検証・評価システム", 横河技報, vol. 44, no. 4, 2000, p. 221-224
- (5) 門林雄基他, "岩波講座インターネット ネットワークの相互接続", 岩波書店, 2001

*2 1-wire®は、米国ダラスセミコンダクター社の登録商標です。その他、本文中の製品名、名称は、各社の登録商標、或は商標です。