

IPv6との組み込みネットワーキング

次世代のIP - IPv6はアドレススペースを、想像を絶する範囲の 2^{128} に拡張し、今後のデバイスが独自のアドレスを確実に持てるようにしています。

IPノードのアドレススペースは厳しくなっています。 2^{32} の(約40億の)IPv4のアドレス¹が全て割り当てられているわけではなく(2001年には以前の急激な成長から下降していますが)²、業界は今後数年でアドレスが足りなくなることを予想しています。次世代のIP - IPv6は想像を絶する範囲の地上面積³平方メートルにつき、約 6.67×10^{23} アドレスの 2^{128} アドレススペースに拡張します。これは今後のデバイスが独自のアドレスを確実に持てるようにしています。

十分なアドレスがあれば、一時的なアドレスのリース、ネットワークアドレストランслーション(NAT)⁴、また厳密に割り当てられたIPv4アドレスを保存するために必要なその他のクラッジが排除されます。これから多くのデスクトップ、サーバコンピュータ、そしてその他の従来のネットワーク機器の数が増えていくでしょうが、飛躍的な増加が別の分野に期待されます。それは今日のインターネットワークを変えていく数多くの小型機器分野です。新しいネットワークユーザはGPRS、UMTS携帯電話、またはPDAのようなワイヤレス、及びモバイル機器を常に利用しています。また、この分野には、自動車から水測定器にいたるあらゆるものに内蔵された小型組み込み機器、モニタ、センサ、及びスマートフォン等も含まれます。

しかしIPv6はアドレススペースを拡張するばかりでなく、コンフィギュレーションを容易に、そして(組み込みアプリケーションでなければなりません)自動化するためにIPオーバーホールし、IPをより堅牢に、拡張性をもたせ、モバイル化し、セキュリティ機能とサービス品質サポートを追加し、経路を簡素化、並びにスピーディーにします。IPv4を悩ませていた重大な問題は、最初にほとんど任意な方法でIPv4アドレスが割り当てられたため、バックボーンのルーティング表が無限に拡大されていくことを阻止できなかったことです。IPv6はより良い、再エンジニアリングされたIPで、徐々にIPv4を置き換えていきます。あまりにも多くのメリットがあるので、これを利用しないという手はありません。デュアルIPv4/IPv6ネットワークスタックは混合環境をサポートし、IPv6を徐々に適用できるようになっています。

アジア(特に日本)は、最初にIPv4アドレスが割り当てられた際、少し不利な条件にあったので、最初にIPv6が適用された地域の1つでした。インドと中国は、相対数及び絶対数で最大のネットワーク成長が期待されている地域です。IPv6のメリットと数カ国における行政指令の適用プランのため、IPv6はさらにその重要性を増しています。かなり前にプロトタイプ段階が終わり、現在では、Microsoft Windows XP、Sun Solaris™ 8/9等の多くのOSの標準部分となっています。⁵

本文はIPv6の簡単な概要を提供し、DC80C400マイクロコントローラにおけるシリコンソフトウェアレジデントでIPv6ネットワーキングの使い方を説明しています。本文から何かを学ぶには、基本的なネットワーク知識を持ち、IPv4にある程度慣れ親しんでいることが必要です。

IPv6概要

アドレス

IPv6の自動構成機能の重要な部分はアドレスが使用される方法です。128ビットIPv6アドレスは64ビット分類コード(ネットビット、またはサブネット)及び64ビットホストビットに分けられています。アドレスの範囲も示すこの分類コードはネットワークプロバイダ⁶によって割り当てられ、ルータによってブロードキャストされるか、あるいはリンク、またはサイトにローカルに存在します。イーサネットではホストビットは通常(IEEE EUI-64形式の)デバイスの独自のMAC(メディアアクセスコントロール)アドレスから派生します。これはIPv6ノードがプラグインと同時に、有効なIPアドレスで動作が可能であることを意味しています。グローバルな通信するには、ノードは分類コードを含むルータブロードキャストに近づき、聞き取り、分類コードをEUI-64とまとめなければなりません。IPv4へのDHCP追加とは異なり、全てのIPv6ノードはサーバが存在しなくても自主構成することができます。

IPv6アドレスは16ビットグループの16進法で書かれています。例として、グローバル範囲のアドレスである`3ffe:aaaa:bbbb:cccc:260:8ff:fe8d:6ee9`があります。

¹ 現在のIPはバージョン4(IPv4)

² IPv4アドレスが割り当てられている方法のため、約1億6000万件のアドレスのみが実際に割り当て可能となっています。

³ 全体の地球表面面積は約509,917,870平方キロメートルです。

⁴ またはIPマスカレーディング。

⁵ 詳細はwww.ipv6.orgをご覧ください。

⁶ 通常、ISPによって48分類コードが割り当てられています。16は各サイトの自由です。

同じマシンは「リンクローカル」アドレスfe80::260:8ff:fe8d:6ee9を有し、その場合fe80::/64がリンクローカルアドレスの分類コードで、/64は分類コードの長さを示し、::は0の短縮形です。ループバックホスト(IPv4用語では127.0.0.1)は単に::1です。サイトローカルアドレスはfec0::/10の分類コードを持っています。IPv4におけるサイトローカルアドレスに直接当たるものがないので、これらアドレスは今ではまれにしか使われません。

...IPv6はアドレススペースを拡張するばかりでなく、コンフィギュレーションを容易に、そして自動化するためにIPをオーバホールします。

ユーザの観点から見ると、これらの長いアドレスはもちろん通常www.maxim-ic.comのようなDNS名の後ろに隠されています。IPv6アドレスをサブするにはIPv6可能DNSサーバが必要です⁷。新しい基本的概念は1つもありません。DNSのIPv6アドレスエントリがたとえばIPv4に使用されるIN A記録ではなく、IN AAAA 3ffe:aaaa:bbbb:cccc:260:8ff:fe8d:6ee9に作成されます。IPv6アドレス分類コードがより頻繁に変更することが予想されているのでDNSの使用が強く推奨されています。ネットワークリナランピングはIPv4を使うより容易で、自動的にさえも可能です。

IPv6においてはユニキャストとマルチキャストの両方があります。さらに、新しいエニキャストアドレスデスティネーションタイプが定められています。エニキャストIPにアドレスされているパケットはいくつかのホストから最も近い、最上のホストに送られます。エニキャストはルーチング⁸を通じて負荷バランスを行う助けとなります。

プロトコル

IPv6は変更なしで高層プロトコルUDP及びTCPを保持しますが、IPパケットヘッダはより大きなアドレスに対応するために変更されなければなりません。また64ビットにあわせるのと、ルータのために常に固定の長さであるためにクリーンアップされ、合理化されました。高層プロトコルにはすでにIPヘッダの一部を含むチェックサムがあるので、IPヘッダチェックサムは除去されています。

興味深い修正に、ARPを新規ICMPv6の一部であるネイバディスカバリプロトコル(NDP)に置き換える修正があります。キャンパス全体にアドレス分解能リクエストをブロードキャストする代わりに、IPv6はマルチキャストグループ、及びこれらのブロードキャストを除去し、また本当に興味のあるトラフィックのみを受け取るノードを確実にする方法でIPv6アドレスをマップします。

ICMPv6及びマルチキャストの詳細は本文の範囲以上のものとなります。これに関して、また他のIPv6の特徴に関してはwww.ipv6.orgをご覧ください。

DC80C400におけるTCP/IP

オンチップDS80C400シリコンソフトウェア(ROM)は、フィールドで立証されたダラス社最新バージョンのTCP/IPスタックを内蔵しています。このシリコンソフトウェアには小型のOS及び小型のC言語、アセンブリ言語TCP/IPネットワーククライアント、及びのサーバアプリケーションを最小128kBの外部メモリで開発する必要な全てのユティリティ機能が含まれています。DC80C400は、より簡易な、よりスピーディーなアプリケーション開発が希望される場合、またはオブジェクトシリアリゼーションのような拡張Java機能が必要な場合にはTINI Javaランタイム環境を利用することができます。

レジデントC及びアセンブリ言語サポートはsocket(), bind(), listen(), accept(), connect(), send()等のBSD、業界標準、クロスプラットフォームソケットインタフェースの形式で実行されます⁹。

TINI Java環境はJDK 1.1.8に近いもので、java.netパッケージ全体をサポートし、あらゆるJava規格のコンパイラが使えます。TINIは標準Javaプログラム、及びバイトコードを実行します。TINIランタイムの概要、及び詳細資料は当社ウェブサイト(www.maxim-ic.com/TINI)をご覧ください(英語によるサービスのみ)。

ネットワークアプリケーションサポートに加えて、DS80C400シリコンソフトウェアはネットワーク起動機能も実行します。これはTFTP上でアプリケーションをロードし、IPv4上でDHCP、自主構成IPv6上ではより容易にTFTPをサポートします。図1はIPv4及びIPv6上でのDS80C400ネットワーク起動を示しています。ネットワークブートローダはDS80C400上ではハードウェアピンによって呼び出されるかシリアルブートローダにおいてはユーザコマンドによって呼び出されます。

⁷ 例としてwww.isc.org/products/BIND/からBIND9。

⁸ IPv4上でDNS負荷バランス(例: ラウンドロビン)が通常使用されます。これはルーチングの問題を考慮に入れていません。

⁹ これらと全て他のサポートされる機能は「High-Speed Microcontroller User's Guide: DS80C400 Supplement」に記載されています。www.maxim-ic.com/MicroUserGuides.htmをご覧ください。

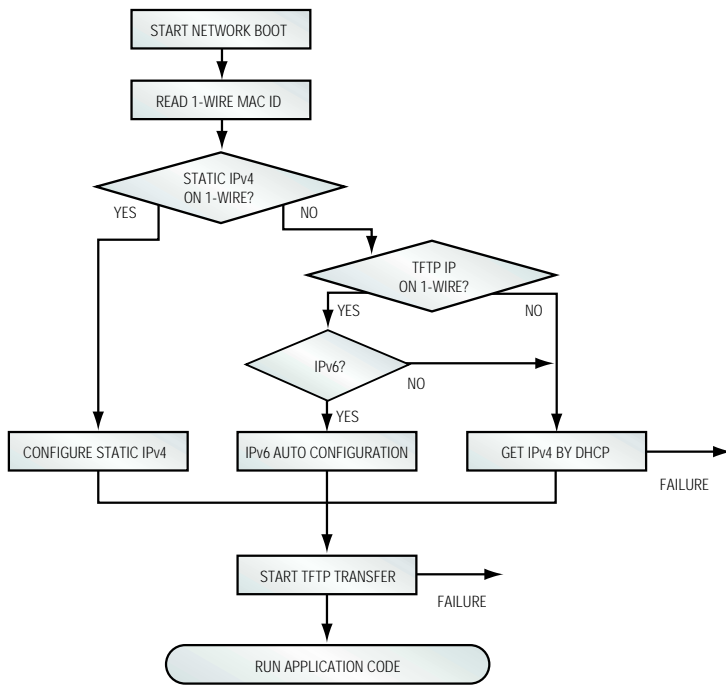


図1. DS80C400はネットワークから立ち上げの際にIPv6構成を利用します。

DS80C400はより容易でスピーディーなアプリケーション開発を希望する際、またはオブジェクトシリアライゼーションのような拡張Java機能が必要な際にTINI Javaランタイム環境を使用することができます。

DS80C400上のIPv6

DS80C400シリコンソフトウェアはネットワーク上で参加するにあたりIPv6機能¹⁰をサポートし、「Minimum Requirements of IPv6 for Low-Cost Network Appliances (低コストネットワーク機器のための最小IPv6要件)」原案¹¹に準じています(英文のみ)。組込み機器のリソースが制約されているので、セキュリティ、モバイルIP、及びルーティングを含む完全なIPv6機能を実行する組込み機器は予期していません。

IPv6の適用は数年にわたり段階的に行われます。従って、DS80C400ネットワークスタックはIPv4及びIPv6の両方のデュアルスタックを統合したものです。既存のIPv4ネットワーク上にIPv6をトンネルさせる方法があります(6over4)。DS80C400は両方のプロトコルファミリをサポートするので、必要とあれば、ルータがパケットをトンネルすることを期待し、プロトコル自体の変換を行いません。

例1はDS80C400のためにTINI 1.1 Java環境で走り、IPv4とIPv6の両方のリクエストを処理するシンプルマルチスレッドネットワークサーバの断片を示しています。この例ではIPv6特定コードがないのでそれらは見られません。アプリケーションは通常、全く労力をかける必要なく簡単にIPv4からIPv4&6にポートできます。IPアドレスの印刷のみがチェックされる必要があり、その目的に提供されたTINI1.1ユーティリティ機能

への呼び出しによって置き換えられる必要があるかもしれません。TINI1.1 Java環境はIPv6をサポートするためにJava 2 SE 1.4 Inet6アドレスクラスを追加しています。その他のユーザに見える変更は必要とされず、その他の変更は見えない部分で行われます。

例2はDS80C400シリコンソフトウェアに完全に依存するC言語で書かれたネットワーククライアントのコアです。ターゲットアドレス以外にはここでもIPv6特定コードはありません。DS80C400ネットワークスタック実装において、全てのネットワークアドレスは128ビットの長さです。内部のIPv4アドレスは右肩並びで、最初の96ビットは0に設定されています。例はIPv6ターゲットアドレスとTCPポートを割り当て、ソケットを作成し、ターゲットに接続します。

例1. TINI Javaネットワークサーバ

```

// Listen to inbound TCP connections
private class listenTCPThread extends Thread
{
    private ServerSocket serverSock;
    public void run()
    {
        while (running) {
            try {
                // Create new thread for each client
                Thread client = new clientTCPThread(serverSock.accept());
                client.start();
            }
            catch (Exception e) {}
        }
    }
    ...
}
  
```

¹⁰ DS80C400シリコンソフトウェアのIPv6部分はYokogawa及びWide Research Institute Co. Ltd.の日系合弁会社InternetNode, Inc.との提携で開発されました。

¹¹ www.tahi.org/lcna/参照。

```

private class clientTCPThread extends Thread
{
    private Socket sock;
    private InputStream is; private OutputStream os;
    BufferedReader br;

    public clientTCPThread(Socket s) throws IOException
    {
        sock = s;
        is = s.getInputStream(); os = s.getOutputStream();
        br = new BufferedReader(new InputStreamReader(is));
    }

    public void run()
    {
        // Loop while socket is open
        try {
            while (running) {
                os.write(parseCommand(br.readLine().getBytes(), 0));
            }
        }
        ...
    }
}

```

IPv6はより良い、再エンジニアリングされたIPで、徐々にIPv4を置き換えます。非常に多くの利点があるのでぜひ利用すべきです。

例2. Cネットワーククライアント

```

{
    struct sockaddr target;
    unsigned int s;
    ...
    /* Fill sockaddr with valid IPv6 target address and port */
    target.sin_addr[0] = 0x3f;
    target.sin_addr[1] = 0xfe;
    ...
    target.sin_addr[15] = 0xe9;
    target.sin_port = 34000;

    /* Open socket and connect to target address */
    s = socket(0, SOCKET_TYPE_STREAM, 0);
    result = connect(s, &target, sizeof(struct sockaddr));

    ... /* Send/receive data here */

    closesocket(s);
}

```

結論

進化した、そして洗練されたIPプロトコルとして、IPv6はネットワーク組込み機器の成功において、よりその重要性を増し、不可欠なものとなってきています。IPv6は最大数のIPアドレス、自動コンフィギュレーション、及びIPプロトコルの一般的合理化を提供します。

DS80C400は、IPv4及びIPv6ネットワークをサポートするアプリケーション作成を容易にします。IPv6は全ての新規アプリケーションにすばらしいメリットを提供します。

SolarisはSun Microsystemsの商標です。