



## 第4章 R8Cマイコンに 通信プログラムを組み込む

# UDP/IP プロトコル・スタック の構築

外丸 順一  
Junnichi Tomaru

最近では、さまざまなマイコン向けに組み込み用 TCP/IP ライブラリが用意されています。これらは、プロトコル・スタックの動作原理はわからなくても手軽に使えるようになってはいますが、これを自分で一から構築するとなると、構築方法が詳しく書かれている文献などが少ないため、なかなか作成のしかたがわからないというのが現状です。

本章では、プロトコル・スタック構築の一例を紹介します。プロトコル部分をわかりやすくするために C 言語を用い、**構造体**と**共用体**を使用します。これらのデータ型を使用したのは、各プロトコル内でパケット内データを参照しやすくするためです。

本章を理解するには、C 言語の基礎知識を必要とします。また、**イーサネット・フレーム**は **DIX Ethernet II** を使い、**サーバ動作**(相手から処理要求を受け、結果を返す)とします。

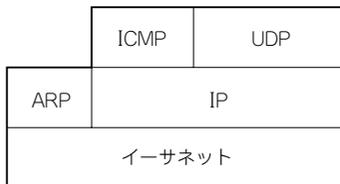


図1 プロトコル・スタックの表現  
プロトコル名とその位置関係を層状に表す

### プロトコル・スタックとは

ネットワーク上でメールを送信する場合、メールを送る機能のほかにも、通信として確実に相手に届けたい、相手の情報を知りたいなど、いろいろと必要になる機能が出てきます。**プロトコル・スタック**とは、これらの必要な機能(**プロトコル**)を選択して、**階層状に構築したソフトウェア群**です。

パソコン用 OS では、TCP/IP などの通信に関係する部分は OS 自体に組み込まれることが多いですが、今回のように、マイコンとイーサネット・コントローラ **RTL8019AS** のドライバ部分からの構築では、下位プロトコルの部分まで知識を広めておく必要があります。

搭載したプロトコル・スタックを表すには、一般的に、**図1**のように使用したプロトコル名とその位置関係を層状に表現します。

### ビッグ・エンディアンを前提にする

C 言語で扱うデータ型には char 型や int 型などがあります。特に、2 バイト以上で構成されるものを **マルチバイト**(多バイト)といいます。

マルチバイトは、インテル系の CPU とマイクロ

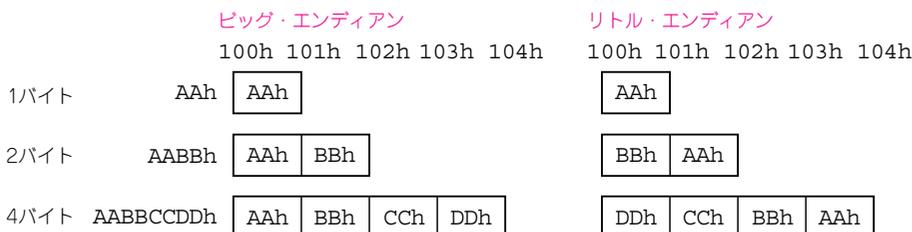


図2  
リトル・エンディアンとビッグ・エンディアンの違い

### Keywords

DIX Ethernet II, イーサネット・フレーム, プロトコル・スタック, イーサネット・コントローラ, RTL8019AS, マルチバイト, エンディアン, リトル・エンディアン, ビッグ・エンディアン, UDP/IP, ARP, IP, ICMP, UDP, FCS, イーサネット・フレーム, エージング・タイマ, ルーティング, 補数, チェックサム, 疑似ヘッダ

系のCPUでは、メモリ上の上位バイト/下位バイトの順序が異なります。図2のように、アドレスの小さいほうに下位バイトが来るのをリトル・エンディアン、上位バイトが来るのをビッグ・エンディアンと呼びます。

TCP/IP ネットワーク上のデータは、ビッグ・エンディアンで統一されています。したがって、リトル・エンディアンのCPUを使用するときには、データの読み込みや書き込み時にエンディアンを変換しないと、正常に処理できません。

本章では、ビッグ・エンディアンを前提に説明していきます。また、データ型の大きさは以下を前提とします。

- char, unsigned char 型 …… 8ビット
- int, unsigned int 型 …… 16ビット
- short, unsigned short 型 …… 16ビット
- long, unsigned long 型 …… 32ビット

### 構築するプロトコルはUDP/IP

プロトコルの解説書などでよく紹介されているのがTCP/IPですが、TCPはプロトコルの機能が複雑で、構築には敷居が高いように思えます。

そこで、本章では、LANで動作できてスタックのイメージをつかみやすいUDP/IPを取り上げます。

ここで紹介するUDP/IPプロトコル・スタックの内

容は、以下のとおりです。

- ARP(要求, 応答, キャッシュ)
- IP(フラグメント処理, オプション処理などは除く)
- ICMP(エコー応答)
- UDP(エコー応答, 破棄, ユーザ指定のポート処理)

図3に各パケットとマイコン側変数との対応を示します。内蔵RAMが少ないマイコンでは、受信可能なパケット長を限定するなどの処置を行います。限定可能な部分は、主に上位プロトコルのデータ部分になります(図4)。

RTL8019AS内のバッファRAMを利用する方法もあるようですが、今回は理解しやすいように、RAM上にパケットすべてを置くというすなおな方法をとります。

なお、RAM容量の関係で実装しませんでした。実際に製品などにするには、DHCPやDNSなども組み込む必要が出てくると思います。

### UDP/IPを使用するメリット

- TCPは制御手順が複雑

インターネットではTCP/IPがよく使われます。遠く離れた場所までデータを送るとき、どのような経路を通るかわからないので、途中でパケットがなくなっ

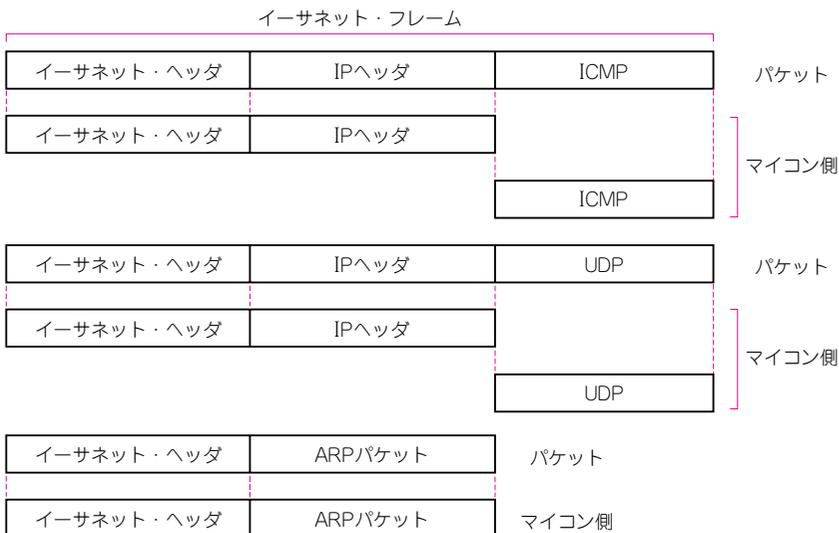


図3  
パケットと変数の関係  
マイコンのRAM上にパケットすべてを置く

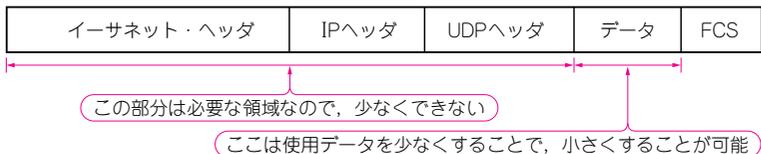


図4  
内蔵RAMの少ないワンチップ・マイコンでの対策  
上位プロトコルのデータ部分を限定し使用RAMを少なくする