

実時間でデータ転送を行なうための方式

1Bb-1

串田高幸* 河内谷清久仁 山内長承

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

はじめに

実時間通信では、コンピュータのなかにネットワークへ正確な時間でデータを転送したり、ネットワークから受信したデータの時間を正確に計測する機能を持つことは、大変重要である。実時間を利用したネットワークプロトコルでは、ネットワークヘデータが送出される時間を制御する機能は、レート制御や送出時間のタイムスタンプに使用することができる。またネットワークから受信したデータの時間を計測する機能は、レート制御や受信データのタイムスタンプに使用することができる。

本稿では、(1) 実時間でデータをコンピュータネットワークに送出する方式及び(2) コンピュータネットワークから受信したデータの実時間を得る方式について、その実装方法について述べてゆく。この方式を通常のUNIXオペレーティングシステムに組み込むことにより、アプリケーションプログラムからネットワークヘデータを実時間で送信することが可能となる。またネットワークから受信したデータの時間をアプリケーションプログラムで知ることができる。

リアルタイムネットワーク

今までのパケット型コンピュータネットワークの場合、パケットデータを宛先によって、できるだけ早く処理する方式であった。これは、best effort型と呼ばれる方式である。この場合、途中ノードの処理能力や回線の混雑状況によってデータの配送に遅延が生じてしまい、結果として終端間におけるパケットデータの転送時間や転送速度がまちまちになってしまっていた。

一般に終端間で時間の保証を必要とするアプリケーションでは、中間のネットワークにおいても時間の制御が保証されている必要がある。ネットワークにおいて実時間の転送を保証するためには、まずネットワークでの遅延を予測可能とし、最終的には、終端間で遅延の値を取得できるようにすることが必要がある。そのため中間ノードや終端ノードで使用しているコンピュータでは、実時間での制御能力が必要となってくる。

一般のUNIX OSでは、TCP/IPプロトコルスタックは、OSのカーネルの中に実装されている。そのため、プロトコルの動作環境は、OSのスケジューラに依存しており、ユーザーから直接の制御ができない。そのためコンピューター内のプロトコルの処理能力は、使用しているCPUの速度に大きく依存することになってしまう。

リアルタイムネットワークでは、中間ノードの回線資源やCPU資源の配分と終端でのCPU資源の制御を的確に行なうことが重要である。さらに資源の配分と最適な処理に加えて、コンピューターからネットワークへの実時間での転送が必要となってくる。実時間転送を行なう場合には、プロトコルスタックにおいて、どのように時間を扱っていけばよいかということも同時に考慮しなければならない。

実時間制御の方式

本稿では、既存のUNIX OSのカーネルに対して、実時間ネットワークへの適用を可能にするために、次の2つの箇所を拡張する方式について述べている。

1. データ送信時にデータに時間を入れる機能。
2. データ受信時に受信時間を取得する機能。

データの送信時、アプリケーションプログラムにおいて、特定の箇所に対して時間データを埋め込むための機能を持つAPIを用意しておく。このAPIは、通常、使用する送信機能に加えて、時間データを埋め込むためにバッファの特定箇所を指定する。カーネルでは、この機能によって、データをアダプターに渡す時に時間のデータをバッファの特定箇所に埋め込むように処理してゆく。図1は、送信時におけるデータの流れである。

データの受信時には、カーネルの中で割り込みが起こる。その割り込み処理を行なっているところでデータを受信すると同時に受信データと共に受信時間を記録する機能を付加する。アプリケーションプログラムでは、ソケットを経由してデータを読み込むとき、拡張されたAPIによって、この時間を同時にユーザ空間に取り込むようにする。このようにすることによりアプリケーションプログラムでは、データの受信時間をデータと共に

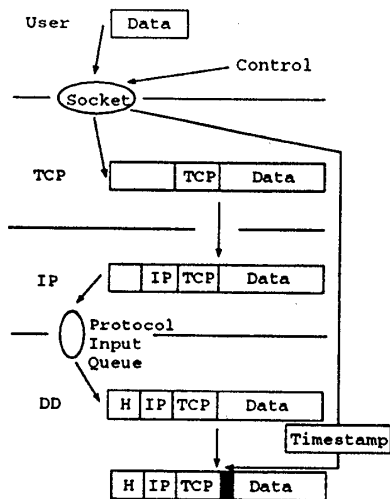


図 1: 送信時における流れ

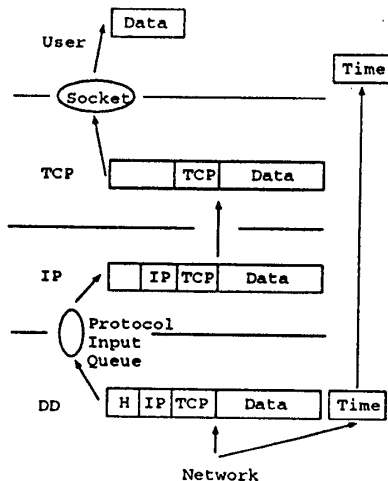


図 2: 受信時における流れ

に読み込むことが可能となる。図 2は、受信時におけるデータの流である。

実時間の転送に対する検討

ネットワークからコンピューターに受信する時間は、正確には、アダプターが受けとった時間である。そのためアダプターが受信してからホストに割り込みがかりデータを受信するまでの遅延がある。またコンピューターからネットワークへ送り出す場合には、アダプターに転送するところまでしかホスト側では制御できない。そのため、最終的にアダプターからネットワークに出てゆくまでの遅延を見積っていない。このような遅延に対してアダプターにおいて、実時間のサポートが必要

となる。つまりアダプターにおいて計測した時間をホスト側に知らせることができるようになることである。あるいは、ホスト側で決めた時間にアダプターへ送ったデータをネットワークに送出できるようにするという機能が必要となってくる。このような機能については、さらに研究を進める必要がある。

一般に実時間ネットワークにおいて、次の項目が可能となれば、実時間ネットワークは、時間的な制約を必要とするアプリケーションにおいて幅広く使用することができる。

1. 正確な時間をアプリケーションで記述できる
2. 任意の時間にネットワークへ送信できる機能
3. 任意の時間にネットワークから受信できる機能

もし事前に動作を予約しておき、ネットワークに対して任意の時間に送受信の動作をさせることができれば、実時間ネットワークを構築することが可能となる。また任意の時間にネットワークからデータを受信する場合、ネットワークとの関係によって、コンピューター側からネットワーク側へ任意の時間を通知し、それに合わせてコンピューターネットワークから通知された時間で転送するように構築する。このようにコンピュータとネットワークの相互の協調処理によって処理されることが理想である。

しかし、このような機能を実現するためには、時間の制御、特に正確な時間を計測し、それをもとにして処理を行なうプラットフォームとして実時間オペレーティングシステムが必要となってくる。

実時間を OS 中のプロトコルスタックで取得する機能に加えて、一般に実時間をプロトコルスタックにどのように組込んだらよいか、というアーキテクチャの構築に関して、今後、考えてゆく必要がある。コンピュータネットワークでは、ギガビットのような高速における効率のよいデータ転送に加えて、実時間ネットワークのような正確な時間でのデータ転送が、今後、重要な課題となってくる。そのとき、時間というパラメータをプロトコルのなかにもどのように取り込んでゆくかは、実時間ネットワークのアーキテクチャを構築してゆく上で重要な項目となってゆく。

参考文献

1. David D. Clark and et. al, Supporting Real-Time Applications in an Integrated Services Packet Network Architecture and Mechanism, ACM SIGCOMM'92, 1992.