

## 3H-6 衛星ネットワークにおけるフロー制御について

梶浦 正規 根元 義章 野口正一  
東北大学 電気通信研究所

### 1. はじめに

衛星回線は地上の通信回線とは異なる性質を持つ。したがって、衛星回線を利用して計算機ネットワークを構築する場合、そこで使用するプロトコルは衛星回線の特殊な性質を十分に考慮したものでなければならない。特に、衛星回線では伝搬遅延時間が大きく、各層のプロトコルの機能の中でも、特に誤り制御とフロー制御をいかに行うかは衛星ネットワークでの通信全体の性能に大きな影響を与える。このうちの誤り制御は衛星ネットワークでは主にデータ・リンク層で実行することが望ましく、ネットワーク層・トランスポート層プロトコルの機能としては重要ではない。したがって、ネットワーク層・トランスポート層プロトコルについては、これらの層のフロー制御機能をいかに行うかを明らかにすることが必要となるが、この点についての研究は不十分である。

本文では、このような観点から、ネットワーク/トランスポート層のフロー制御機能と衛星ネットワークでの通信性能の関連を明らかにするために行った、多階層のプロトコルにより制御される衛星ネットワーク通信シミュレーションについて述べ、その通信特性を示す。

### 2. プロトコル構成

本文では、衛星通信技術の進展にともない今後普及が予想される、小規模地球局多数により構成される衛星ネットワークを対象とする。

こうしたネットワークでは、局数に対する回線容量が小さいため、多数の地上局の公平なネットワークの利用を可能とすると同時に、各局のトラヒックの偏りに対応し柔軟な回線の割当てを行う多元接続(MAC)副層プロトコルが必要である。

さらに、衛星回線では、一般に、地上の通信回線よりも伝搬遅延と回線誤り率が大きい。そこで、衛星ネッ

トワークを地上ネットワークと接続して使用することを考慮すると、衛星ネットワークのノード(地球局)間の通信制御を行う論理リンク(LLC)層プロトコルには強力な誤り回復能力を持つプロトコルが必要となる。

また、対象とする衛星ネットワークはLANと接続される場合が多いものと考えられる。したがって、ネットワーク/トランスポート層にLANのプロトコルを使用する場合について検討することが重要である。

以上の点から、シミュレーションでは衛星ネットワークのプロトコルとして、以下の4層を使用した。

**物理層** : 48kbpsの衛星回線を上位層に提供する。

**MAC副層** : 衛星ネットワーク利用の機会均等性と偏ったトラヒック下での回線割当ての柔軟性に優れる予約方式<sup>①</sup>を採用した。

**LLC副層** : S-REJ方式の誤り制御機能と大きな受信順序番号空間により、衛星回線において十分な誤り回復性能を示すDLSC手順<sup>②</sup>を採用した。また、このプロトコルは同位フロー制御機能を持ち、衛星ネットワークノードのトラヒックの制御を行う。

**ネットワーク層/トランスポート層** : 本文ではフロー制御機能を対象とすることから、データ転送と同位フロー制御のみを機能とするプロトコルを作成し、シミュレーションに使用した。作成したプロトコルは、LANで用いられているウィンドウ方式によるフロー制御を実行するモードと、これを実行しないモードの2つのモードを持つ。フロー制御非実行モード時には、LLC副層の提供するフロー制御機能によりトラヒックを制御する。

### 3. フロー制御の通信性能に対する影響

衛星ネットワークは伝搬遅延が大きいので、応答時間に対する要求の緩やかなファイル転送などの用途に適している。そこで、衛星ネットワーク内の2局間での1Mbyteのファイル転送の実行/中継のシミュレーション

を行い、ネットワーク/トランスポート層でのフロー制御実行の通信性能への影響を明らかにすることとした。具体的には、フロー制御を行う場合と行わない場合双方についてシミュレーションを行い、双方の場合における平均転送速度と平均スループットを比較した。シミュレーションより得られた結果を図1と図2に示す。

図1及び図2において、縦軸・横軸はともにプロトコルのパラメータである。縦軸はネットワーク/トランスポート層PDU長とLLC副層パケットのデータ部長の比、横軸はネットワーク/トランスポート層におけるフロー制御実行モード時のウィンドウサイズを示す。図中の曲線は、図1では両パラメータでのフロー制御実行時の非実行時に対する平均転送速度の比を示し、図2では平均スループットの比を示している。ただし、両図は伝搬遅延を衛星回線の値とし、回線誤りは無いものとした場合の結果である。

図より明らかなように、PDU長もしくはウィンドウサイズが小さくなるのに従い、フロー制御実行時の性能は非実行時よりも低くなる。これは、通信性能に悪影響を与えるAck待ち状態の発生の度合いが、PDU長とウィンドウサイズが小さくなると増加するためである。伝搬遅延が小さい場合でも、Ack待ち状態がしばしば発生する状況ではフロー制御実行時の方が非実行時よりも通信性能が劣るが、性能差は衛星ネットワークの場合よりも小さい。したがって、伝搬遅延の大きい衛星ネットワークでは、Ack待ち状態の影響が強く、地上で十分な

性能を発揮するネットワーク/トランスポート層プロトコルであっても、衛星ネットワーク上で使用すると性能低下を生じる可能性があることがわかる。

さらに、現実の衛星ネットワークのように回線の誤りが生じる場合、これを回復するためにLLC副層においてメッセージ伝達遅延の増加が生じるため、Ack待ち状態の影響がより一層強くなり、PDU長・ウィンドウサイズが小さい場合のフロー制御実行時と非実行時との性能の差はますます大きくなる。

3.まとめ

シミュレーション結果より、衛星ネットワークのネットワーク/トランスポート層プロトコルでフロー制御を行う場合、通信性能を高くするためにはAck待ち状態が生じないようにしなければならないことが明らかとなった。この結果は、地上LANと衛星ネットワークを接続する際に、プロトコルのパラメータによっては地上ネットワークのフロー制御機能を持つプロトコルを衛星ネットワーク上ではフロー制御無しのプロトコルに変換する必要があることを意味する。

[文献]

- (1) 松尾他:“LANと広域網の接続方式の評価について”  
信学技報IN85-76
- (2) 根元他:“衛星利用分散制御型プロトコルによる  
ネットワーク実験”, 信学論 J69-B,61-11
- (3) 伊藤他:“多元接続形パケットネットワーク  
-LAN形広域ネットワークの一構成法-”, 信学論 J69-B,61-11
- (4) JIS X5003 “開放型システム間相互接続の基本参照モデル”,  
日本規格協会

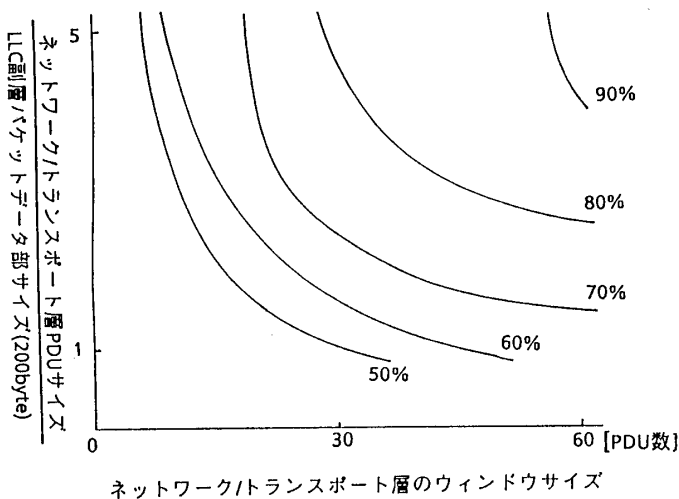


図1 フロー制御実行時と非実行時の平均転送速度比  
(ただし、平均転送速度 = 転送情報量/転送に必要とした時間)

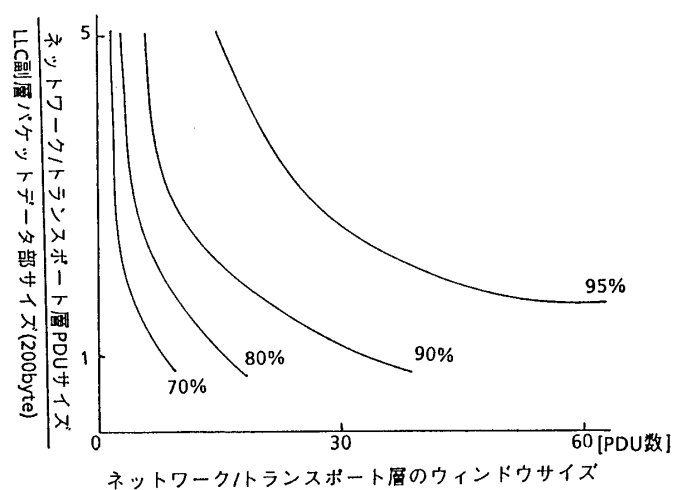


図2 フロー制御実行時と非実行時の平均スループット比  
(ただし、平均スループット = 転送情報量/使用した回線容量)