

L-031

# Ethernet 上における SIP を用いた簡易伝送容量割当方式の提案と実装 Proposal and Implementation of A Simple Resource Assignment for the Ethernet by SIP

井上 敬介†  
Keisuke Inoue

戸倉 信之†  
Nobuyuki Tokura

## 1. はじめに

近年、ネットワークの高速化に伴い蓄積型データ(メールやWebアクセスなど)だけでなく、音声、動画といったリアルタイム通信が行われている。このリアルタイム通信は大量のデータ転送を行うため、QoS(Quantity of Service)制御が必要である。現在ではそのQoS制御として、フレームやパケットの優先制御が広く適用されている。しかし、この優先制御だけではEnd-to-Endでの伝送容量を確保することができず、理想的なQoSを満足していない。この伝送容量を確保する技術としてRSVP(Resource Reservation Protocol)[1]がある。これはRSVPシグナリングにおいて各ノードで行う経路設定と伝送容量割当動作が複雑であり、あまり広く適用されていない。そこで、我々はこの伝送容量を確保したデータ転送をEthernet上で容易に実現する方式を提案した[2]。

本稿では、EthernetをMAC層(レイヤ2)で集中管理した伝送容量割当方式と検証実験について述べる。ここで、End-to-Endで伝送容量割当をする際のシグナリングとして、IP電話などで使われているSIP(Session Initiation Protocol)[3]を用いる。

## 2. 伝送容量割当の必須条件[2]

本稿で用いるEthernetは、図1に示す端末、資源管理、MACアドレス学習機能をもつスイッチングハブ(図1および2ではSW-HUBと表記)およびEthernet伝送路で構成する。Ethernet上で伝送容量保証された通信を行うには経路設定と資源(Ethernetを構成する全伝送路)管理が必須である。

### 2.1 経路設定

現状の Ethernet では主にスイッチングハブにより構成されている。このスイッチングハブには網スループット向上のために MAC アドレス学習機能が搭載されている。これは Ethernet がスイッチングハブのみで構成される場合、End-to-End における両端末の MAC アドレスが各スイッチングハブで学習済みであればフラディングの発生しない単一経路を設定することができる。

そのため、この MAC アドレス学習を確実にするためデータ転送開始前に、受信端末は送信端末へ 1 フレーム送信する必要がある。

### 2.2 資源管理

図1に示す資源管理をEthernetに配置することにより、EthernetをMAC層(レイヤ2)で集中管理し、端末からの通信要求に対する伝送容量を確保する。この資源管理はEthernetを構成する全伝送路の状態、端末からの通信要求により割当てた伝送容量、およびデータ転送を行っているEnd-to-Endの端末を常に把握しなければならない。そのため、資源管理はスイッチングハブに実装されているMIB(Management Information Base)[4]からSNMP(Simple Network Management Protocol)[5]によりEthernetを

構成する各スイッチングハブのポートのMACアドレスおよび接続されている伝送路の最大伝送容量、およびそのポートに接続されているノードのMACアドレスを取得し、resourceデータベース(図1および2ではデータベースをDBと表記)に記憶する(図2)。これにより資源管理は網トポロジーと各伝送路の伝送路容量を把握する。

また、伝送容量を割当てる際に行うシグナリングはEnd-to-Endの端末と資源管理の3拠点のみで行う(図1)ため、経路上のスイッチングハブとの通信制御が不要で伝送容量を割当てる処理が簡単になる。このシグナリングにより伝送容量を割当てた通信を確立する端末は、割当てた最大伝送容量を超えない範囲で送信レートを調整して送信する。

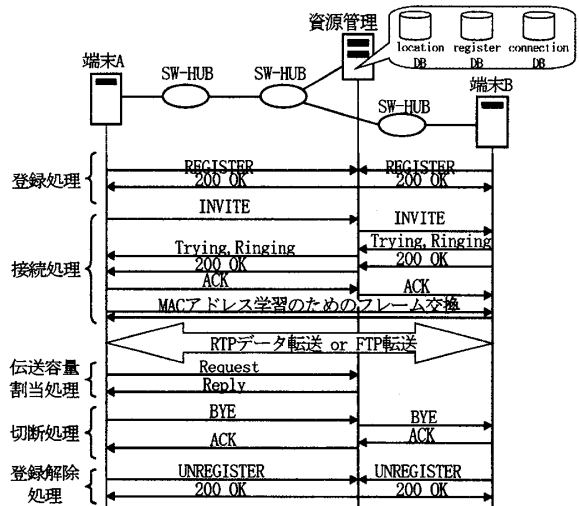


図1 Ethernetモデルとシグナリングのシーケンス

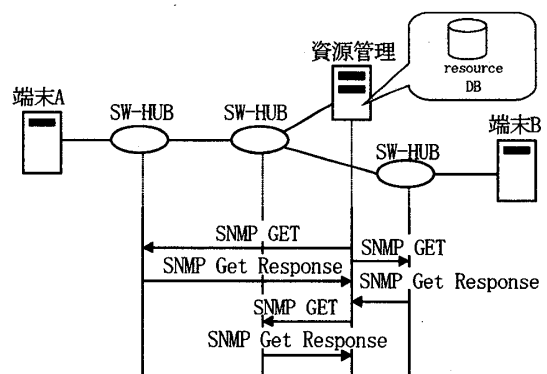


図2 SNMPにより各伝送路の状態を事前収集

## 3. 提案した簡易伝送容量割当方式の動作

図1における端末Aが端末Bと伝送容量保証した通信の確立から切断するまでの動作について述べる。なお、伝送容量割当の際に行うシグナリングとして、SIP[3]を用いた。

† 株式会社オプトウェーブ研究所  
Optowave Laboratory Inc.

(1) 登録処理

データ転送する際に伝送容量保証したい端末(端末A, B)は自端末のSIP URIを資源管理上のlocationデータベースへ登録する。その際、資源管理は登録された端末のMACアドレスをregisterデータベースに記憶する。これは、端末から要求された伝送容量をEthernet上に割当てる際、MACアドレスを基に割当てる伝送路をresourceデータベースより特定するためである。

(2) 接続処理

端末Aが端末Bと通信開始する場合、端末Aは端末BへINVITE(通信要求)を資源管理経由で送信する。端末AからのINVITEを受信した資源管理は端末BのSIP URIがlocationデータベースに登録されているので端末Aから送信されたINVITEを端末Bへ転送する。そのINVITEを受信した端末Bは端末Aと通信を確立するので200 OKを端末Aへ資源管理経由で送信する。その200 OKを受信した端末AはACKをINVITEと同様にして端末Bへ送信する。端末BがこのACKを受信すると、端末Aと端末B間で資源管理を経由しないでフレーム交換(pingなど)する。このEnd-to-Endでのフレーム交換により端末Aと端末Bとの間にあるスイッチングハブが両端末のMACアドレス学習をするので、単一経路を設定できる。その後、端末Aと端末B間で直接通信を開始する(データ転送は資源管理を経由しない)。このとき、資源管理は配信元アドレス、配信先アドレス、このEnd-to-End間に割当てられている伝送容量をconnectionデータベースにより把握している。

(3) 伝送容量割当処理

端末Aが伝送容量保証されたデータ転送する場合、割当要求(図1中のRequest)を資源管理へ送信する。この割当要求を受信した資源管理はregisterデータベースより取得した端末AおよびBのMACアドレスよりEnd-to-End間の経路に沿って、端末Aが要求する伝送容量を割当てる。この際、伝送容量割当てができない場合は失敗したことを端末Aに伝える。資源管理はこの割当要求により割当てられた伝送容量の和をresourceデータベースに記憶する。

これにより、End-to-End間における経路上の各伝送路の使用率を100%未満に管理でき、輻輳を回避することができる。ここで、registerデータベースにMACアドレスを登録していない端末間との経路には伝送容量を割当てることできない。また、この伝送容量割当処理は通信が切断されるまで何度でも行うことができる。

本試作では、接続処理終了時における容量割当を0Mbpsにしているが、接続処理の際に伝送容量を割当てることも可能である。また資源管理で伝送容量を割当てる際、双方向で同一伝送容量を割当てることも可能である。

(4) 切断処理

端末Aが端末Bとの通信を切断する場合、INVITEと同様にして、BYE(切断要求)を送信する。このBYEを受信した資源管理はconnectionデータベースから端末AとBの通信情報を削除し、経路上に割当てられた伝送容量を開放する(resourceデータベースも同様に更新される)。そのBYEを受信した端末Bは200 OKを資源管理を経由して端末Aへ送信する。端末Aがこの200 OKを受信すると端末Aと端末Bとの通信が切断される。

(5) 登録解除処理

伝送容量保証した通信を行わない端末(端末A, B)はUNREGISTERを資源管理へ送信することにより自端末のSIP URIを資源管理上のlocationデータベースから削除す

る。その際、資源管理は登録された端末のMACアドレスをregisterデータベースから削除する。

4. 提案方式に基づく動作検証実験

提案方式に基づいて SIP を用いた伝送容量割当方式をEthernet上に実装した。そして、図1に示すシグナリングを基にVoIP(Voice over IP)通話検証を行い、問題なく動作することを確認した。なお、音声データは1フレーム538Bytesに生成されたフレームをRTP(Real-time Transport Protocol)[6]を用いて転送している。

資源管理の動作について、資源管理がSNMPにより各スイッチングハブ(数社の異なるSNMP対応スイッチングハブを使用)より収集した各伝送路の状態を記憶するresourceデータベースの一部を図3に示す。また、図1に示す登録処理の際に資源管理上のlocationデータベースの記憶状態を図4に示し、登録された端末のMACアドレスを記憶するregisterデータベースを図5に示す。さらにEnd-to-Endで通信を行っている端末間の情報を記憶したconnectionデータベースを図6に示す。

次に、資源管理が処理するSIPシグナリングを図7に示し、資源管理が送受信するフレームを図8に示す。また、端末が送受信するフレームを図9から11に示す。

容量割当処理において、図8と10に示す①0Mbpsから②30Mbpsへの割当変更の成功、および②から③20Mbpsへの割当変更の成功、さらに③から④110Mbpsへの割当変更の失敗(割当たい伝送路の最大伝送容量が100Mbpsのため)、および④に示す失敗から⑤50Mbpsへの割当変更の成功を確認できた(図12)。

以上の動作検証より試作した資源管理(CPU: Pentium4 2.4GHz, Memory: 512MB, OS: Redhat Linux 9)のシグナリング処理能力はSIPシグナリングについては82CPS, 伝送容量割当処理については6CPSである。

図3 resourceデータベースの一部

username	contact	last_modified
uab	192.168.1.22	20040421170613
uac	192.168.1.23	20040421170600

図4 locationデータベース

IP_Addr	MAC_Addr
192.168.1.1	0090CC6B6BF9
192.168.1.21	000D6140A872
192.168.1.22	000D61426798
192.168.1.23	000D6142FE03

図5 registerデータベース

From_MAC	To_MAC	Assignment_Capacity	Start
000D61426798	000D6142FE03	20	20040630170350
000D6142FE03	000D61426798	50	20040630170359

図6 connectionデータベース

Time	Source	Destination	Protocol	Status	Details
31.10.153794	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK (C bindings)	
31.10.153795	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Request: REGISTER sip:192.168.1.21	
31.10.153796	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK (C bindings)	
31.10.153797	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP/SIP	Request: INVITE sip:192.168.1.22, with session description	
31.10.153798	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 100 Trying	
31.10.153799	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Status: 100 Trying	
31.10.153800	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 100 Trying	
31.10.153801	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Status: 100 Trying	
31.10.153802	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK, with session description	0.517msec
31.10.153803	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP/SIP	Request: INVITE sip:192.168.1.21, with session description	
31.10.153804	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK (C bindings)	
31.10.153805	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Request: ACK sip:192.168.1.21	
31.10.153806	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Request: BYE sip:192.168.1.21	
31.10.153807	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Status: 200 OK	
31.10.153808	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK (C bindings)	
31.10.153809	192.168.1.22	192.168.1.21	SIP	Request: REGISTER sip:192.168.1.21	
31.10.153810	192.168.1.21	192.168.1.22	SIP	Status: 200 OK (C bindings)	

図7 SIPシーケンスの packets キャプチャ

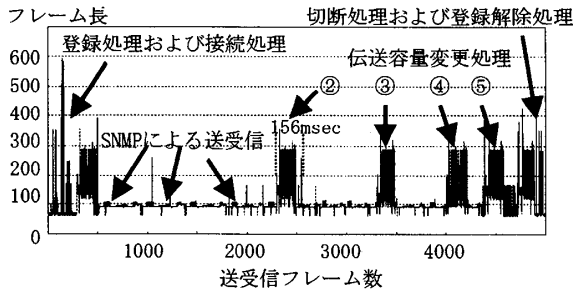


図8 資源管理が接続される伝送路に流れるフレーム

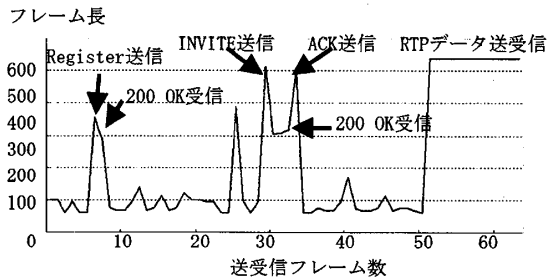


図9 端末側の伝送路に流れるフレーム (接続処理)

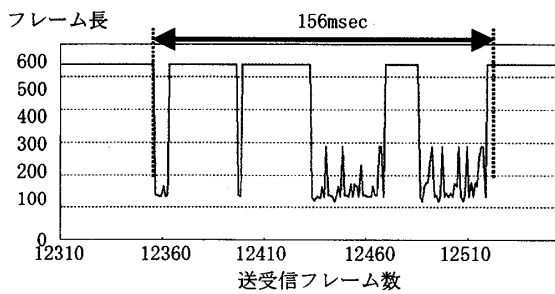


図10 端末側の伝送路に流れるフレーム (②の場合における伝送容量割当処理)

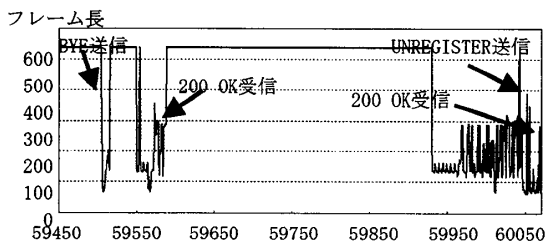


図11 端末側の伝送路に流れるフレーム(切断処理)

```

q, Q : Change Capacity of Transmission.
n, N : Present Assigned Capacity.

-----

Input command. 'h' or 'H' for help.
> n
>>> 0 Mbps

Input command. 'h' or 'H' for help.
> q
Request Capacity ?
[RANGE]0-1000Mbps
>> 30
Success!!

Input command. 'h' or 'H' for help.
> n
>>> 30 Mbps

Input command. 'h' or 'H' for help.
> q
Request Capacity ?
[RANGE]0-1000Mbps
>> 20
Success!!

Input command. 'h' or 'H' for help.
> n
>>> 20 Mbps

Input command. 'h' or 'H' for help.
> q
Request Capacity ?
[RANGE]0-1000Mbps
>> 110
Failed.....

Input command. 'h' or 'H' for help.
> n
>>> 20 Mbps

Input command. 'h' or 'H' for help.
> q
Request Capacity ?
[RANGE]0-1000Mbps
>> 50
Success!!

Input command. 'h' or 'H' for help.
> n
>>> 50 Mbps

Input command. 'h' or 'H' for help.
>
    
```

図12 伝送容量割当変更した場合の端末側表示

5. まとめ

本稿において、SIPを用いた伝送容量割当方式を示し、検証実験によりその動作を確認することができた。

本方式では、スイッチングハブに搭載されたMACアドレス学習数によるネットワーク規模の制限はあるが、既存のスイッチングハブと提案する資源管理により伝送容量を保証した通信を実現できることを検証した。

今後、送信フレームを優先制御することにより、ベストエフォート通信が混在したEthernetの検討および試作を進める。

参考文献

- [1]RFC2205 : RSVP(Resource Reservation Protocol)
- [2]井上敬介, 矢後栄郎, 戸倉信之: Ethernet 網上における伝送容量保証の検討, 2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-6-116
- [3]RFC3261 : SIP(Session Initiation Protocol)
- [4]RFC1213 : MIB-II (Management Information Base II)
- [5]RFC1157 : SNMP(Simple Network Management Protocol)
- [6]RFC1889 : RTP(Real-time Transport Protocol)