

VoIP 서비스의 QoS 향상을 위한 DQDMR 알고리즘

정희원 서세영*, 지홍일*, 최승권**, 조용환*

DQDMR Algorithm for Improved QoS of VoIP Services

Shi-Ying* Xu, Hong-IL* Ji, Seung-Kwon** Choi, Yong-Hwan* Cho *Regular Members*

요 약

본 논문은 단대단 지연을 감소시키고 대역폭의 자원을 절약하여 멀티캐스트 라우팅 트리를 생성할 수 있는 DQDMR 알고리즘을 제안한다. 현재의 라우터는 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해 인접된 노드로의 링크 정보를 라우팅테이블에 보관하고 있다. 멀티캐스트 트리를 생성할 때 DQDMR 알고리즘은 동적으로 지연이 작고, 요구한 대역폭과 가장 적합한 경로를 선택한다.

기존의 멀티캐스트 알고리즘과 비교한 시뮬레이션 결과, DQDMR 알고리즘은 트리 생성이 빠르고 또한 대역폭 자원을 절약하여 멀티캐스트 트리를 구성할 수 있음을 증명하였다.

keywords : VoIP, QoS, DQDMR Algorithm

ABSTRACT

In this paper, we propose a solution, called DQDMR, for generating delay-constrained bandwidth- appropriated multicast routing trees to reduce end-to-end delay and conserved bandwidth resources. At the current router system, the router keep the information of link which neighboring node in the routing table to guarantee QoS(Quality of Service). When we construct multicast tree, DQDMR algorithm dynamically adjusts the path in the least delay and appropriate bandwidth

Through simulations comparing to another multicast algorithms, we reach a conclusion that DQDMR algorithm can simply and dynamically adjusts the construction of multicast tree in high-speed and conserve bandwidth resources.

I. 서 론

인터넷 사용의 폭발적 증가에 따라 활용 분야가 점점 확대되고 있는 요즘, 기존 음성통화의 디지털화 및 데이터망으로의 흡수를 가능케 하는 VoIP(Voice over IP) 기술에 많은 관심이 몰리고 있다. VoIP 서비스는 기존 공중전화망에 비해 매우 저렴한 가격으로 이용할 수 있는 새로운 서비스로서 음성을 패킷화하여 전송하는 어플리케이션이다. 음성신호는 특성

상 손실보다는 지연에 더 민감하므로 지연을 감소하기 위하여 VoIP 서비스에서 실시간 QoS(Quality of Service), 즉 품질관리를 실행하는 것이 필요하다.

현재 인터넷에서의 영상회의, 인터넷 방송 등과 같은 실시간 인터넷 서비스는 고속의 데이터 전송과 멀티캐스트 및 QoS의 보장을 요구하므로, 기존의 유니캐스트 기반의 최선형 서비스(Best Effort Service)로는 충분하지 못하다. 현재 인터넷에는 IP 멀티캐스트와 VoIP 서비스에서 실시간 QoS 보장을 위한 신

* 충북대학교 (yhcho@chungbuk.ac.kr) ** (주)에니솔루션
 논문번호 : #020501-1127 , 접수일자 : 2002년 11월 28일

호프프로토콜로 RSVP(Resource Reservation Protocol)가 있다. RSVP는 수신자-송신자 경로상에 위치하는 모든 노드들이 특정 RTP(Real-Time Protocol) 연결이 요구하고 있는 QoS가 보장될 수 있을 경우에만 연결 설정을 허가하도록 함으로써 위에 언급된 문제점들을 해결할 수 있다.

그러나 RSVP를 실현하기 위해서는 RTP 연결상의 모든 노드들이 RSVP를 구현하고 있어야 한다. 이 방법을 현실화시키기 위해서는 망 자체를 변경하는 정도는 아니지만 그와 비슷한 수준의 투자가 이루어져야 한다. 즉, 전 세계의 모든 라우터 또는 적어도 인터넷 전화 트래픽이 흐르는 경로상의 모든 라우터들을 RSVP를 지원하도록 업그레이드해야 한다는 단점이 있다[1]. 또한 QoS를 지원하기 위한 기존의 KPP 등의 알고리즘이 트리의 생성속도가 늦어 라우팅에 지연이 발생하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위한 개선된 라우팅 알고리즘인 DQDMR(Developed QoS Dependent Multicast Routing) 알고리즘을 제안한다. 이 새로운 알고리즘에 따라서 각 수신자는 자기가 속한 망의 상황을 고려하여 필요한 만큼의 자원을 예약할 수 있기 때문에 음성패킷을 전송할 때 지연을 감소시킬 수 있으면 망 자원을 효율적으로 활용할 수 있다.

또한 이의 증명을 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, DQDMR 알고리즘을 이용 트리를 생성할 때 대역폭 사용량과 실행시간을 감소시킬 수 있고 네트워크 상에서 QoS 멀티캐스트 라우팅을 효과적으로 지원할 수 있는 방법임을 증명하였다.

II. QoS 향상을 위한 DQDMR 알고리즘

2.1 기존의 지연해결 방법

기존의 지연 문제를 해결한 방법은 다음과 같다. 가장 확실한 방법은 ATM과 같은 기술을 적용하여 망을 고속화 시키거나 대역폭을 확장시키는 것이다. 이러한 해결책은 쉽지는 않다. 현재 우리가 이용하고 있는 망에는 이미 엄청난 규모의 투자가 이루어져 있기 때문에 이를 쉽게 포기할 수는 없는 실정이다..

둘째는 네트워크에서 QoS를 실행해서 대역폭을 효과적으로 사용하는 방법이다. 현재 대부분의 사업자들이 공중 인터넷을 우회하여 전용 데이터망을 이용한 방법을 이용하고 있다. 당연히 이용요금은 공중 인터넷을 이용하는 경우에 비해 높아진다. 또한, 전용데이터 망을 이용한다고 하더라도 지연의 문제가

완전히 없어지지는 않고 조금 완화되는 정도이다.

인터넷을 통한 실시간 데이터 전송 서비스에 RTP/RTCP는 거의 표준처럼 이용되고 있는 실정이다. 그러나 RTP/RTCP는 TCP의 지연 문제를 피하기 위해 UDP를 전송 프로토콜로 이용하고 있기 때문에 패킷의 분실과 같은 전송 품질의 문제는 해결하지 못하고 있으며 또한 UDP를 쓴다고 해서 지연 문제가 완전히 해결되는 것은 아니다. 따라서 실시간 데이터 전송을 위한 채널에는 적시 전송과 패킷 분실 방지가 보장되어야 한다.

이런 문제점들을 해결하기 위해, 최근 제시되고 있는 방법에는 RSVP를 이용하여 서비스 품질을 보장받을 수 있는 경우에만 연결을 허용하도록 하는 프로토콜이 있다. 이것은 라우터에 자원 예약 기능을 추가하는 것으로, 전송품질을 보장받을 필요가 있는 응용들은 상대 응용과 연결하기 전에 라우터에 특정 대역폭을 요청하고, 라우터는 그것을 제공할 수 있으면 연결을 수락하고, 그렇지 않으면 연결을 거절하도록 하는 방법이다.

RSVP는 라우터 경로마다 대역폭을 할당받도록 고려된 프로토콜로써 음성 장비는 음성 호가 들어올 경우 음성 호에 대한 대역폭(각 음성 호당 24Kbps 씩 적용가능)를 확보하기 위해 목적지 장비까지 RSVP 요청을 시도하여 구간마다 음성을 위한 일정 대역폭을 확보할 수 있다.

그러나 RSVP를 실현하기 위해서는 RTP 연결상의 모든 노드들이 RSVP를 구현하고 있어야 한다. 이 방법을 현실화시키기 위해서는 망 자체를 바꾸는 정도는 아니지만 그와 비슷한 수준의 투자가 이루어져야 한다. 전 세계의 모든 라우터 또는 적어도 인터넷 전화 트래픽이 흐르는 경로상의 모든 라우터들을 RSVP를 지원하도록 업그레이드해야 하는 단점이 있다 [2] [4].

2.2 QoS 향상을 위한 DQDMR 알고리즘

1) DQDMR 개요

DQDMR 알고리즘은 Shaikh 과 Shin의 DDMC 알고리즘을 바탕으로 연구되었다. DDMC 알고리즘의 아이디어는 유명한 Prim의 Minimum-spanning 트리와 Dijkstra의 Shortest-path 트리를 바탕으로 연구되었다. 두 알고리즘은 기본적으로 동일한 방법을 이용했다. Prim의 알고리즘에 그룹(tree)안에 속한 모두 노드들을 통해서 Minimum-cost 트리를 구성한다. 즉, 그룹(tree)안에 속한 어떤 노드에서 나온

Minimum-cost edge가 존재한 그룹에게 추가되고, Dijkstra의 알고리즘에는 항상 출발지 노드에서 나온 Minimum-cost edge가 존재한 그룹에게 추가되었다. 두 알고리즘의 차이점은 Path를 선택할 때 비용 함수가 알고리즘에게 선택된 것이다. Prim의 알고리즘 중 트리에 속하지 않고 가입을 신청한 노드의 비용은 Minimum-cost edge에서 단독적인 단위 비용을 나타낸다. Dijkstra의 알고리즘에서 이 비용은 출발지 노드로부터 가입을 신청하는 노드까지 모두 최소 비용이다. DDMC 알고리즘에서 새로운 노드의 비용 정의는 아래와 같다.

$$v \notin T : \mu \in T$$

$$Cost(\mu) = I_D(\mu)Cost(\mu) + Cost(\mu, v)$$

$$I_D(\mu) : V \rightarrow (0, 1)$$

$$I_D(\mu) = 0 : \mu \in R$$

$$I_D(\mu) = 1 : \mu \notin R$$

$\mu, v : Node ; T : Tree ; R : 목적지$

DDMC 알고리즘은 목적지가 새로운 출발지 노드가 된다. 이는 새로운 노드에서 목적지 노드까지의 경로가 최소 비용을 가지게 되므로 목적지 노드까지의 경로에서 우선이 되며 트리에 더해지게 된다. 목적지 노드까지의 비용은 감소시켜야 되므로 DDMC 알고리즘은 낮은 비용의 트리 상의 모든 목적지 노드로 멀티캐스트가 가능하다 [5].

2) Tree 의 생성

(1) 지연 관계함수의 정의

출발지로부터 트리상의 각 노드로의 지연은 쉽게 유지되기 때문에 본 알고리즘은 간단한 함수 D(u)로 대체하여 지연을 정의한다.

$$D(u) = Delay(u)/delay\ bound : \text{if } u \in R$$

$$D(u) = 1 : \text{if } u \notin R$$

(2) 대역폭 관계함수의 정의

RSVP 프로토콜 중 RESV 메시지를 통한 출발지로부터 트리상의 각 노드의 대역폭 상황을 쉽게 유지되기 때문에 본 알고리즘은 간단한 함수 B(e)로 대체하여 대역폭을 정의한다.

$$B(e) = \infty : \text{if } B(e) < \text{요구한 대역폭 값}$$

$$B(e) = \text{Bandwidth}(e) : \text{if } B(e) \geq \text{요구한 대역폭 값}$$

DQDMR 알고리즘은 간단한 함수 D(u) 와 B(e)로 대체하여 지연과 대역폭에 의존하는 트리개체를 얻는다.

DQDMR 알고리즘은 이 새로운 관계함수를 이용하여 멀티캐스트 트리 (그림 3(d))를 구성할 때 Delay 조건을 만족하는 동시 D2는 출발지 노드로부터 멀어서 D1보다 많은 대역폭을 낭비하기 때문에 D2의 우선권은 D1 보다 낮다. 다른 한편으로 D2는 목적지 노드이기 때문에 N1이나 N2 노드보다 약간 더 높은 우선권을 가진다. Path(S,D1,D3)의 대역폭 값은 Path(S,N2,D3) 보다 요구한 대역폭 값 과 접근하기 때문에 최종적으로 구성된 트리는 노드 D1, D3, D4의 브랜치를 가지게 된다. 이 트리는 지연 한계를 만족하면서 동시에 대역폭자원도 최대한도로 절약 할 수 있다. (전체 Bandwidth 사용량 = 8)

다음은 DQDMR 알고리즘을 이용한 트리의 생성 과정을 나타내었다.

DQDMR (G(V , E), S, R, Δ, D, C)

- 0. /* Tree 의 구성 */
- 1. Call Dijkstra's 알고리즘 DJK(G, s, R, D) to compute the Least-delay Tree to find out the Lowest possible delay-bound
- $\Delta_{min} \leftarrow \min_{r \in R} \{Delay\{r\}\}$
- 2. if $\Delta_{min} > \Delta$
- 3. Return Failed /* 실행 가능한 tree 가 없다. */
- 4. Bound(S) ← 0 : Delay(S) ← 0 : /* node-S는 출발node */ u ≠ S 때 Bound(u) ← ∞ ; Delay(u) ← ∞ /* node-u는 Tree에 속한 하지 않고 tree에 신청하고자한 node */
- 5. T ← ∅ ;
- 6. T ← TU{S} ;
- 7. search 임접한 node ;
- 8. if u = R then TU{u} end ;
- 9. else for each node until R do :
- 10. if Delay(S)+Delay(S,u) < Δ and Bound(S)+Bound(S,u) > Δ /* 지연 한계를 만족하고 또는 요구한대역폭과 접근한 path를 선택한다 */
- 11. Delay(S) = Delay(S,u) : Bound(S) = Bound(S,u) ;
- 12. T ← T ∪ {u} ; /* 조건 충족 path를 Tree에 추가 */

- 3) 동적 트리 유지 및 관리
트리에 가입할 때 기본 연산은 아래와 같다.
- JoinRequest(Group-id, NewMember-id, TTL) : 자신의 id정보(IP Address, Port No.)와 TTL 정보를 이용하여 그룹에 참여
- JoinAccept (Group-id,LGroupHeader-id, Receiver-id, TTL, (Parent-id, TTLp)) : 지역 그룹 대표자(LGroupHeader) 정보와 TTL 정보를 포함하며, 대표자의 부모 노드의 정보(Parent-id, TTLp) 등을 제공하여 지역 Tree에 참여

새로운 노드가 그룹에 참여하고자 할 때는 자신의 지역 그룹 대표자를 찾기 위하여 TTL 값을 1부터 증가시키며 참여 요청 메시지를 멀티캐스트 한다. 이 때 그룹 대표자는 좀 더 멀리 떨어져 있고 이미 그룹에 참여한 일반 수신자가 해당 메시지를 수신했다면 해당 영역의 지역 그룹 대표자 정보(ip address, TTL)를 송신한다. 새로운 노드는 송신받은 지역그룹 대표자 정보를 이용해 곧바로 유니캐스트 참여 요청을 한다. 만일 요청에 대해 여러 개의 지역 그룹 대표자에 대한 정보를 수신한다면 TTL 값이 가장 작은 대표자를 선택한다.

다음은 이 과정을 알고리즘으로 나타내었다.

```
A member want to join a active group
TTL= 1
while TTL <= 255 or receive JoinAccept
    multicast JoinRequest
    if a LGH receives it
        if N(LG) < Mthresh // N(LG) :지역그룹 수신자수
            send JoinAccept
    if a Receiver receives it
        send LGH_id, TTLlg // LGH :지역그룹대표자
```

III. 실험 및 결과 분석

3.1 실험환경

본 논문에서 제안한 DQDMR 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 이미 제안된 KPP 알고리즘[8], CKMB 알고리즘[9], CAO 알고리즘[10]의 성능과 비교하였다. 성능비교는 생성된 멀티캐스트 라우팅의 품질에 대한 트리 생성 비용 및 실행시간과 네트워크 사이즈의 관계(group size=10, delay bound=30ms), 트리 생성 할 때 대역폭사용량 및

실행시간과 네트워크 사이즈의 관계(network size=50, delay bound=30ms) 등 여러 방면에서 성능을 분석하였으며 각각의 알고리즘과 제안한 DQDMR 알고리즘을 비교하여 그래프로 나타내었다.

실험은 Intel Pentium IV 1.7GHz PC에서 MS Visual C++ 언어를 이용하여 성형 네트워크 망에서 수행하였으며, 서비스의 QoS를 향상시키기 위한 DQDMR 알고리즘은 소켓 프로그램을 응용한 클라이언트 서버 프로그램을 통해 구축하였다. 서버 프로그램에서 관계함수를 통한 트리의 생성, 동적 트리 유지 및 관리에 대한 서비스 품질의 개선상황을 분석하였다.

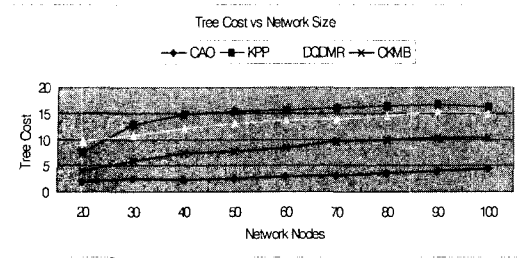
- KPP 알고리즘은 지연 한계 경로를 찾을 때 지연 한계와 링크 지연 모두 integer 값을 사용한다. 계산할 때 근사 값을 사용하기 때문에 KPP 알고리즘의 정밀도가 영향을 받았다. 그 결과, 지연 한계 경로를 찾을 때 어떤 때는 조건을 만족하는 경로가 존재하더라도 실패한다. KPP 알고리즘의 time complexity 는 $(\Delta |V|^3)$ 이다 [8].

- CKMB 알고리즘은 KPP 알고리즘과 비슷하지. 만 지연한계 경로를 찾을 때 지연한계와 링크 지연 모두 real 값을 사용한다. 이 때문에 생성된 트리는 높은 비용을 가지고 있다. CKMB 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(|R| * |V|^2)$ 이다 [9].

- CAO 알고리즘은 새로운 브랜치가 트리에 추가 할 때 저비용 유니캐스트 경로를 합병처리 과정을 통해서 새로운 목적지까지 찾아가는 알고리즘이다. CAO 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(T(A) * |R|)$ 이다. [10]

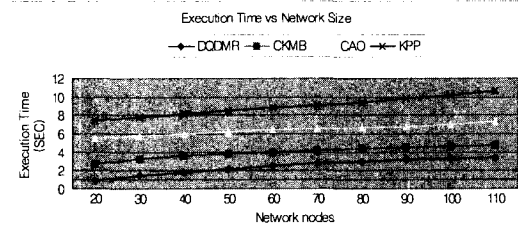
3.2 결과분석

첫 번째 실험은 group size = 10, delay bound = 30 ms인 경우를 분석한 것이다. <그림 4>와 <그림 5>는 트리생성 비용 및 실행시간과 변화하는 네트워크 크기를 비교하여 나타나는 결과이다. 네트워크 사이즈가 20 노드부터 100 노드까지 증가 할 때 CAO 알고리즘을 통해서 생성된 트리의 비용이 제일 작다. 나머지는 알고리즘들을 통해서 생성된 트리의 비용은 4% 이내로 거의 비슷하다. 트리의 비용은 CKMB 알고리즘을 통해서 생성된 트리의 비용 < DQDMR 알고리즘을 통해서 생성된 트리의 비용 < KPP 알고리즘을 통해서 생성된 트리의 비용의 순서이며 <그림 4>은 이를 나타낸다.



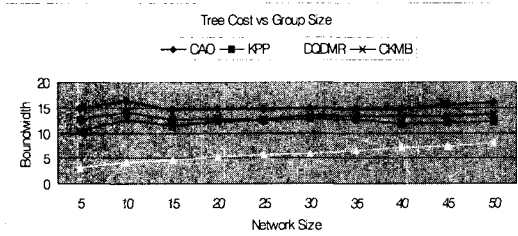
〈그림 4〉Tree Cost vs Network Size
(Group size=10, delay bound=30ms)

〈그림 5〉에서 보이는 결과는 다음과 같다. DQDMR 알고리즘, CKMB 알고리즘, CAO 알고리즘, KPP 알고리즘이 모두 다 이상적인 알고리즘이지만 실행속도가 제일 빠른 알고리즘은 DQDMR 알고리즘이다. 그 다음에는 CKMB 알고리즘< CAO 알고리즘<KPP 알고리즘의 순서로 실행속도가 증가한다.



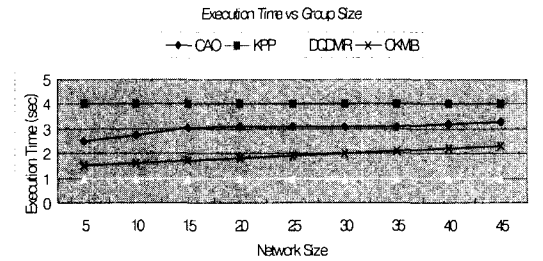
〈그림 5〉 실행시간 vs Network Size
(group size=10, delay bound=30ms)

두 번째 실험은 network size = 50, delay bound = 30 ms로 가정하였다. 〈그림 6〉과 〈그림 7〉에서는 트리 생성 할 때 대역폭사용량 및 실행시간 과 변화한 네트워크 사이즈를 비교한 결과이다. 〈그림 6〉을 보면 DQDMR 알고리즘을 통해서 생성된 트리의 대역폭사용량은 네트워크 사이즈의 증가량에 따라서 천천히 증가하며 대역폭사용량이 제일 절약하다. 다른 알고리즘을 통해서 멀티캐스트 트리를 생성할 때 대역폭 사용량은 거의 비슷하다.



〈그림 6〉 Bandwidth vs Network Size
(Network Size=50, delay bound=30ms)

〈그림 7〉는 그룹 사이즈가 증가할 때 CAO 알고리즘과 CKMB 알고리즘의 실행시간은 그룹 사이즈의 증가량에 따라서 증가함을 보인다. 이에 반해, DQDMR 알고리즘과 KPP 알고리즘의 실행시간은 그룹 사이즈의 증가량에 따른 실행속도의 차이가 거의 없다. 따라서 대규모 네트워크와 멀티캐스트 그룹에 대해서는 DQDMR 알고리즘이 매우 유용하며 이를 통해서 매우 빠른 속도로 낮은 비용의 트리를 생성할 수 있다.



〈그림 7〉 실행시간 vs Network Size
(Network Size=50, delay bound=30ms)

IV. 결론

VoIP 서비스는 기존 IP 망을 대체하는 저렴한 서비스로서 화상 전화, 화상회의 시스템 등의 멀티미디어 시스템과 연동하여 사용할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 아직 발전중인 서비스로 모든 부가서비스를 지원하지 못하고 있으며 품질 제한의 약점을 완전히 극복하지 못하고 있다.

본 논문은 VoIP 서비스에서 지연을 해결하기 위한 효과적인 트리를 구축하고 멀티캐스트 라우팅 방법에 대해 제안했다.

시뮬레이션 결과, DQDMR 알고리즘은 트리의 생성비용과 실행시간을 감소시킬 수 있었으며 네트워크 상에서 QoS 멀티캐스트 라우팅을 효과적으로 지원할 수 있는 방법임이 증명되었다.

향후, VoIP 서비스에 대한 사용자의 수요와 부가서비스가 증가될 것이므로 대용량 또는 고품질의 초고속 서비스를 제공하는 가장 경제성 있는 망으로 발전할 것으로 전망되며, 이에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Paul Ferguson, Geoff Huston, "Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks", Wiley Computer Publishing, 1998

[2] "Quality of Service (QoS)"

[3] C. Aurrecochea, A. Campbell, L.Hauw, "A review of Quality of Service Architectures", ACM Multimedia Systems Journal, 1996

[4] http://www.ebridgecom.com/korea/products/VoIP/technology_contents.htm

[5] A.Shaikh and K.Shin. Destination-Driven Routing for Low-Cost Multicast. IEEE J. Select. Areas Commun., 15:373-381, April 1997. [DDMC 알고리즘]

[6] M.Kadansky, D. Chiu, J. Wesley, J. Provino, Tree-based Reliable Multicast , Internet-Draft, September 1999

[7] B.Wetten, L. Vicisano, R. Kermod 와, Reliable Multicast Transport Building Blocks for One-to-Many bulk-Data Transfer, Internet Draft, June 1999

[8] V.P.Kompella, J.C.Pasquale, and G.C.Polyo. Multicasting for Multimedia Applications. In Proc. IEEE INFOCOM'92, pp. 2078-2085, 1992

[9] Q.Sun and H.Langendoerfer. An Efficient Delay Constrained Multicast Routing Algorithm. Technical Report Internal Report, Institute of Operating Systems and Computer Networks, TUBraunschweig, Bueltenweg 74/75,3106, Braunschweig, Germany, January 1997.

[10] R.Widyono. The Design and Evaluation of Routing Algorithms for Real-Time Channels. Technical Report ICSI TR-94-024, International Computer Science Institute, U.C. Berkeley, June 1994. [CAO 알고리즘]

서 세 영 (Shi-Ying Xu) 정회원
 2000년 2월: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
 현 재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사 수료)

<주관심분야> 멀티미디어통신, Mobile PKI, VoIP, QoS

지 흥 일 (Hong-Il Ji) 정회원
 2002년 2월: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
 현 재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사 과정)

<주관심분야> 멀티미디어통신, 네트워크 보안

최 승 권 (Seung-Kwon Choi) 정회원
 2001년 8월: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(공학박사)
 현재 : (주)애니솔루션 팀장

<주관심분야> 멀티미디어통신, 트래픽공학, ATM, 정보통신정책

조 용 환 (Yong-Hwan Cho) 정회원
 한국통신학회 논문지 제 23권 9호 참조
 현재: 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수

<주관심분야> Net Framework, 멀티미디어통신, 트래픽공학, Mobile PKI, 정보통신정책