

계층망 구조에서 QoS를 보장하는 경로 설정 방안

김 건 응[†] · 송 병 권^{††} · 진 명 숙^{†††}

요 약

전기통신망의 기능은 크게 전송 기능과 서비스 기능으로 나눌 수 있는데, 계층망 개념은 전송 기능을 클라이언트-서버 관계를 갖는 여러 층으로 계층화한 개념이다. 이러한 계층망 개념을 확장하면, 다양한 망이 통합되는 환경에 적용할 수 있다. 본 논문에서는 계층망 구조에서 QoS를 보장하는 연결 설정 방안을 제안한다. 제안된 방안에서는 각 계층마다 계층 관리자를 두고, 전체 망에 대한 정보를 유지하고 경로 설정을 담당하게 하였다. 본 논문에서는 제안한 연결 설정 방식을 보이고, 이를 QoS를 보장하는 순차적 알고리즘과 시뮬레이션을 통해 비교하였다.

Routing Scheme Supporting User's QoS in Layered Network

Geonung Kim[†] · Byung-Kwen Song^{††} · Myung-Sook Jin^{†††}

ABSTRACT

The functions of telecommunication network can be divided into two broad classifications : delivery segment function and service segment function. The delivery segment function can be layered into a number of Layer Network(LN)s with a client-server relationship between adjacent layers. The Layer Network concept can be extended, and provide an ability to integrate dissimilar networks. We propose the routing scheme that guarantee the user's QoS in layered network. There are Layer Manager(LM)s that hold the information of layer network and select the route. In this paper, the proposed routing scheme is presented and demonstrated to be better than that of hop-by-hop routing.

1. 서 론

계층망 개념은 전기통신망의 기능 중 전송 기능을 클라이언트-서버 관계를 갖는 여러 층으로 계층화한 개념이다. 이러한 전송 기능의 계층화(layering)는 망 제공자에게 망 운영이나 관리 면에서 많은 편의성을 제공한다. 또한 하나의 계층도 계층망에서의 구성, 관리 권한 영역(domain), 독립적인 경로 설정 영역 등의 여러가지 이유로 세분화(partitioning)가 일어날 수 있다[1].

현재 망에서 QoS(Quality of Service)를 보장하는 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 인터넷 상에서 QoS를 보장하기 위한 Intserv(Integrated Services)나 DiffServ가 대표적인 예이다[3, 4]. 그러나, 이들은 전체 망을 하나의 영역으로 보고, 그러한 영역내에서의 QoS를 보장하는 방안에 관한 연구들이다. 그러나 실질적으로는 서로 다른 영역의 망들이 통합되어 하나의 서비스를 제공하는 상황이 더 일반적이다. 전기통신망을 예로 들면, 국내의 시외전화 서비스도 관리 주체가 다른 시내망과 시외망이 통합되어 서비스를 제공 중이며, 무선 전화 서비스도 서로 다른 영역의 사용자 간의 통화가 가능하다. 이와 같이 독자적으로 운영되던 망들이 통합화되는 현재의 추세에서, 해결되

[†] 정 회 원 : 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수

^{††} 종 신 회 원 : 서경대학교 정보통신공학과 교수

^{†††} 정 회 원 : 경인여자대학 멀티미디어정보전산학부 교수
논문접수 : 2000년 6월 24일, 심사완료 : 2000년 7월 31일

어야 하는 문제중의 하나가 자신이 가진 서비스와 다른 망에서 제공하는 서비스를 하나로 묶어 사용자에게 제공하는 방안이다. 과거에는 자신의 망에서 가진 능력만으로 서비스를 제공하였기 때문에, 사용자의 요구를 만족시키는 것은 단일 망의 책임이었다. 그러나 여러 망이 통합되어 서비스를 제공하는 환경에서는 각 망의 능력이 모여 서비스를 제공하게 되므로, 어느 한 망의 개선이 서비스 향상으로 이어지지 못하고, 오히려 열악한 망에 의해 전체적인 서비스 질의 저하가 오는 상황이 발생할 수 있다. 무엇보다도 현재의 고정된 QoS를 제공하는 전기통신망과는 달리, 앞으로의 망에서는 다양한 QoS를, 다양한 망의 능력들을 묶어 제공하여야 하는데, 이때 계층망 개념을 이용할 수 있다.

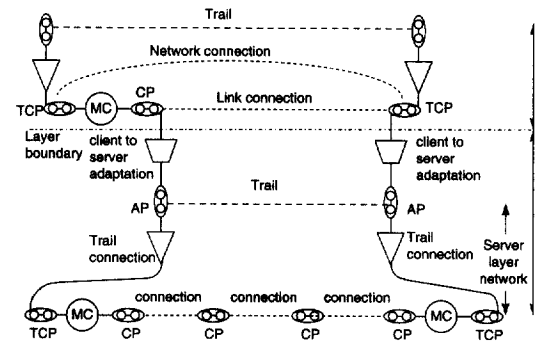
본 논문에서는 계층망 개념을 이용하여 서로 다른 영역의 망들을 통합하고, 그러한 망 환경에서 QoS를 보장하는 연결 설정 방안을 강구한다. 이를 위해 먼저 2장에서는 계층망 개념에 대해 설명하고, 3장에서는 망에서 제공하여야 하는 QoS에 대해 고찰한다. 다음 4장에서는 계층망에서의 QoS를 보장하는 호 설정 방안을 제안하고, 5장에서 기존 방법과의 비교 결과를 보인 후 6장에서 결론을 맺는다.

본 논문에서는 실제로 운용되는 특정망을 대상으로 하는 것이 아니라, 일반적인 망들이 통합되는 환경에서의 연결 설정 방법을 고려한다. 따라서 이 논문에서 쓰이는 QoS의 내용은 실제 망에서의 그것들과는 거리가 멀다. 또한 이질망간 통합에서 필요한 프로토콜 변환이나 자료 처리 과정은 고려하지 않았다

2. 계층망 개념

전기 통신망에서의 기능을 크게 분류하면, 전송 기능과 서비스 기능으로 나눌 수 있다. 그 중 전송 기능은 사용자의 정보를 전달하는 기능인데, 이러한 전송 기능을 클라이언트-서버 관계를 갖는 여러 층으로 계층화한 개념이 계층망 개념이다. 이러한 계층은 특정한 종류의 정보를 전송하는 기능들의 집합으로 볼 수 있는데, 여기서의 특정 정보란 SONET과 SDH의 VC-3 프레임이나 ATM의 셀, 프레임 릴레이(Frame Relay)의 블럭(block) 등을 예로 들 수 있다. 이러한 전송 기능의 계층화는 망 제공자에게 망 운영이나 관리 면에서 많은 편의성을 제공한다. 또한 하나의 계층도 계층망에서의 구성, 관리 권한 영역, 독립적인 경로

설정 영역 등의 여러가지 이유로 세분화가 일어날 수 있다. 이 경우, 하나의 세부망은 서로 링크(link)로 연결된 더 작은 세부망(sub-network)들의 연결로 볼 수 있다. (그림 1)은 계층망에서 계층간 매핑의 예를 보여 주고 있다.

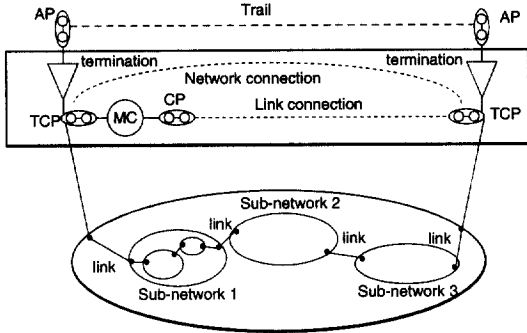


(그림 1) 계층망에서의 계층간 매핑 예

여기서 클라이언트 계층의 두 접근점(AP : Access Point) 사이의 연결을 트레일(trail)이라 지칭하는데, 이러한 트레일은 종단 기능(termination function)을 거쳐 망 연결로 매핑된다. 이때의 종단 기능이란, 출발지에서 그 계층의 서비스를 제공하기 위해 제어 정보를 추가하고, 목적지에서는 이를 처리하여 그러한 제어 정보를 삭제하는 기능이다. 이러한 망 연결은 세부망 연결과 링크 연결로 나눌 수 있다. 망 연결은 망 관리자가 자신이 택한 정책이나 알고리즘을 통해 제공할 수 있는 부분이고, 링크 연결은 서버 계층에서의 처리를 요청해야 하는 부분이다. 한 계층의 링크 연결은 서버 계층의 망 연결로 매핑되는데, 이때 서버 계층에서는 전송을 등을 조정하는 적응 기능(adaptation function)을 수행한다.

종단간 연결을 제공하는 트랜스포트 계층과 그 상위 계층은 연결을 분할할 수 없지만, 망 계층과 그 이하 계층에서는 분할이 일어날 수 있다. 즉 하나의 망 연결은 부분망 연결과 링크 연결로 분할될 수 있다. 부분망은 특정 정보를 실어 나를 수 있는 링크 연결들의 집합으로 표현되며, 더 작은 부분망과 링크의 연결로 세분화가 가능한데, 가장 낮은 수준의 부분망은 모든 연결점이 하나의 표로 표현되는 것이다. 이에 반해 링크는 한 부분망의 연결점과 다른 부분망의 연결점으로 표현되며, 이 계층에서 더 이상의 세분화는 이루어질

수 없고 하부 계층의 연결로 매핑될 수 있다. (그림 2)는 망 계층에서의 트레일이 부분망 연결과 링크 연결로 분할되는 예를 보이고 있다.



(그림 2) 망 계층의 분할

G.803에서는 한 계층의 망이 관리나, 경로 설정, 그 외 다른 이유로 더 작은 부분망으로 나뉘어지는 것을 부분화이라 정의하고, 한 계층의 링크 연결이 하부 계층망의 연결로 매핑되는 것을 계층화이라 정의했다. 실제로 G.803에서 제한한 계층망 구조는 전송 기능에서 하나의 링크가 하부망의 연결로 매핑되는 것을 모델링하고자 했다. 그러나 계층망 개념을 확장하면, 전송뿐만 아니라 모든 서비스를 모델링할 수 있다.

3. 망에서의 QoS

경로 설정이란 목적지와 계층의 서비스 요구에 따라 사용자와 목적지간 경로를 찾는 과정이다. 기존의 경로 설정 알고리즘은 연결성에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 다양한 QoS를 요구하는 미래의 망 환경에서는 사용자가 생성하는 트래픽을 지원하고 요구하는 QoS를 만족하는 경로를 찾아야 한다. 여기서 사용자가 망에게 요구하는 QoS는 최대 허용 가능한 지연과 허용 가능한 지연 차이 범위, 그리고 허용 가능한 오류율 등이다. 경로 $p = (i, j, k, \dots, l, m)$ 내에서 i, j 간 링크의 지연을 $delay_{i,j}$ 라고 하면 전체 지연 $delay_{total}$ 은 다음 식과 같다.

$$delay_{total} = delay_{i,j} + delay_{j,k} + \dots + delay_{l,m} \quad (1)$$

또한 경로 $p = (i, j, k, \dots, l, m)$ 내에서 i, j 간 링크의 오류율을 $error_rate_{i,j}$ 라고 하면 경로 p 전체에서의 오류율 $error_rate_{total}$ 은 다음 식과 같다.

$$error_rate_{total} = 1 - \prod_{s=i}^{m-1} (1 - error_rate_{s,s+1}) \quad (2)$$

이것을 오류율이 아닌 성공율로 변환하여 생각하면 경로 $p = (i, j, k, \dots, l, m)$ 내에서 i, j 간 링크의 성공율을 $success_rate_{i,j} (= 1 - error_rate_{i,j})$ 라고 하면 경로 p 전체에서의 성공율 $success_rate_{total}$ 은 다음 식과 같다.

$$success_rate_{total} = success_rate_{i,j} \times success_rate_{j,k} \times \dots \times success_rate_{l,m} \quad (3)$$

또한 경로 $p = (i, j, k, \dots, l, m)$ 내에서 i, j 간 링크의 대역을 $bandwidth_{i,j}$ 라고 하면 경로 p 에서 지원할 수 있는 최대 대역 $bandwidth_{total}$ 은 다음 식과 같다.

$$bandwidth_{total} = \min \begin{bmatrix} bandwidth_{i,j} \\ bandwidth_{i,k} \\ \dots \\ bandwidth_{l,m} \end{bmatrix} \quad (4)$$

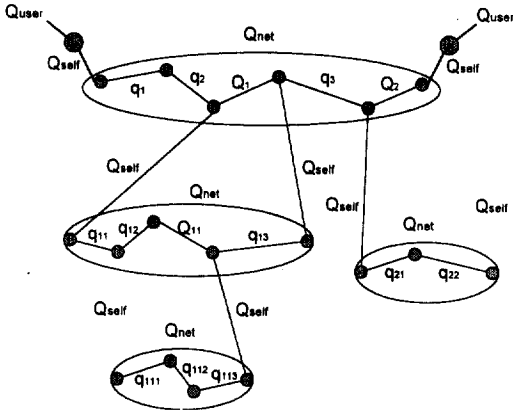
사용자가 요구하는 대역과 오류율, 지연을 각각 $bandwidth_{demand}$, $error_rate_{demand}$, $delay_{demand}$ 로 정의하면 경로 $p = (i, j, k, \dots, l, m)$ 에서는 다음 조건식을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} &(bandwidth_{demand} \leq bandwidth_p) \\ &\wedge (delay_{demand} \geq delay_p) \\ &\wedge (error_rate_{demand} \geq error_rate_p) \end{aligned} \quad (5)$$

이러한 두가지 이상의 조건을 만족하는 경로 설정 문제가 NP-complete 문제라는 사실은 M. R. Garey, D. S. Johnson등이 제기한 바 있으며[6], J. Jaffe는 각 조건이 갖는 값의 범위를 제한한 근사 알고리즘을 제안한 바 있다[7]. Zheng Wang, Jon Crowcroft는 QoS 기반 경로 설정 문제가 NP-complete 문제라는 것을 증명했으며, 소스 라우팅과 순차적 라우팅 방식을 위한 경로를 계산하는 일반적인 알고리즘을 제안한 바 있다[8].

4. 계층망 구조에서 QoS를 보장하는 경로 설정

다양한 망이 통합되어야 하는 미래망에서는 계층망 구조에서 QoS를 보장하는 호 설정이 제공되어야 한다.



(그림 3) 계층망 구조에서 QoS 분할

(Algorithm 1) QoS를 보장하는 경로 설정 알고리즘

```

Main_QoS ( Qt, S, D) /* Qt : total QoS, S: source, D: destination */
{
(step1) decompose Qt into user-related, self & network-related QoS;
(step2) if (user related QoS is satisfied) /* negotiation between users */
(step3) return(QoS(Q, S, D)); /* Q: self & network-related QoS */
(step4) else
return(Not satisfied);
}
    
```

Step 1은 최종 사용자의 QoS를 분리하는 과정이다. (그림 3)에서와 같이 사용자가 요구하는 QoS는 사용자와 관련된(user-related) QoS, 망에 관련된(network-related) QoS, 그리고 그러한 망 접속에 관련된(self-related) QoS로 구분할 수 있다. 실제로 전송된 정보는 사용자가 이용하는 단말 장치를 통해 표현되고, 이러한 기능의 사용 여부는 사용자가 결정하므로, 이러한 사용자와 관련된 QoS를 확인하여, 이를 제공할 수 있으면 Step 3로 진행하고, 만족하지 않는 경우 Step 4에서 만족할 수 없다는 결과를 돌려준다. Step 3에서는 전체 QoS에서 사용자와 관련된 부분을 제외한 QoS를 만족하는 출발지(source)와 목적지(destination(s))간 경로를 찾아서 그 결과를 돌려준다.

다음은 망 관리자가 망 내 자원과 각 링크의 상태 정보를 바탕으로 전체 경로를 설정하는 알고리즘이다.

Algorithm 2

```

QoS(Q, s, d)
{
(step1) decompose Q into self-related QoS and network-related QoS; /* Q = Qself + Qnet */
(step2) while (selecting new route is possible) {
(step3) select new route;
(step4) while (new decomposition is possible with selected route) {
(step5) decompose Qnet into Qi, qj; /* Qi: layer network QoS, qj: link QoS */
(step6) A = Σqj + ΣQoS(Qi, si, di);
(step7) if (A satisfied Qnet)
(step8) return A;
}
}
(step9) return (Not satisfied);
}
    
```

Step 1에서는 우선 QoS를 망 접속에 관련된 것과 망에 관련된 것으로 분류하여 망 관련 QoS를 구했다. Step 2의 반복문에서는 새로운 경로가 존재하는지 살펴서 경로가 존재하는 경우 다음 과정들을 반복한다. Step 3에서는 그중 한 경로를 택한다. Step 4에서는 선택된 경로에서 새로운 링크와 계층망 연결의 조합이 가능한지 확인하고, Step 5에서는 그들을 분리한다. Step 6에서는 실제 링크의 QoS와 계층망에서의 QoS를 합하고, Step 7에서 이러한 결과가 망에 대한 요구 사항을 만족하는지 확인하여, 만족하는 경우 Step 8에서 이러한 경로를 돌려주고, 그렇지 않는 경우 새로운 망 경로의 QoS를 분할하여 Step 5~8을 반복하고, 새로운 분할이 불가능한 경우, 다시 새로운 경로 선택 가능을 확인하여 가능한 경우 Step 3~8을 반복한다. 요구하는 QoS를 지원하는 경로를 찾지 못한 경우, Step 9에서 이러한 요구 사항을 만족할 수 없다는 메시지를 출력하고 끝난다. 여기서 계층망에서의 QoS 만족 여부와 경로를 찾는 과정은 재귀적인 호출이 되고, 이것은 더 이상 계층망으로 분할될 수 없는 망까지 계속된다. 여기서 해결해야 할 문제는 Step 2에서의 새로운 경로 선택 방법과 Step 4에서의 새로운 QoS 분할 방안이다.

경로 p에서 전체 대역폭, 오류율, 성공율, 지연은 수식 (1), (2), (3), (4)와 같다. 이러한 경로 내에서 계층 내 링크 m개와 하나의 계층망 연결이 있다면, 각 링크의 대역, 지연, 오류율이 각각 bandwidth, delay, error_rate일 때, 계층망에게 요구할 각 QoS는 다음식과 같다.

$$bandwidth_{Layer_Network} \geq bandwidth_{demand} \quad (6)$$

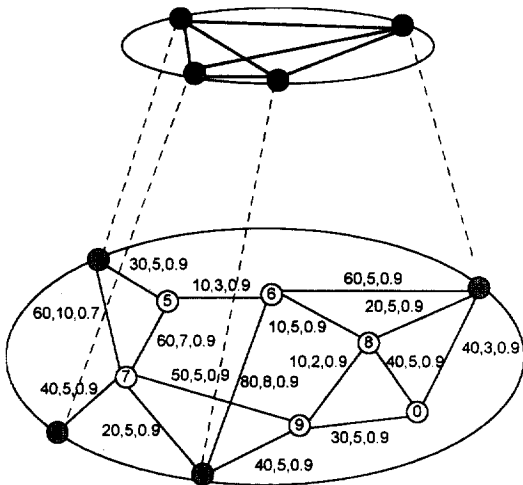
$$delay_{Layer_Network} \leq delay_{demand} - \sum_{i=1}^m delay_i \quad (7)$$

$$error_rate_{Layer_Network} \leq 1 - \left[\frac{1 - error_rate_{demand}}{1 - \prod_{i=1}^m (1 - error_rate_i)} \right] \quad (8)$$

이를 성공율로 변환하여 고려하면,

$$success_rate_{Layer_Network} \geq \frac{success_rate_{demand}}{\prod_{i=1}^m success_rate_i} \quad (9)$$

이러한 QoS들 중 경로의 지연과 에러율은 현재까지 선택된 경로의 QoS값과의 연산으로 확인해야 하지만, 대역폭과 같은 공간 자원에 관한 것은 각 노드에서 독립적으로 확인할 수 있다. 따라서 이러한 각 노드에 독립적으로 확인할 수 있는 조건을 먼저 처리하도록 하며, 하부 계층망에게 정보를 요구할 때에도 이러한 정보를 함께 주어 보다 정확한 정보를 얻을 수 있도록 한다.



(그림 4) 상위망 관점의 하부 망 연결

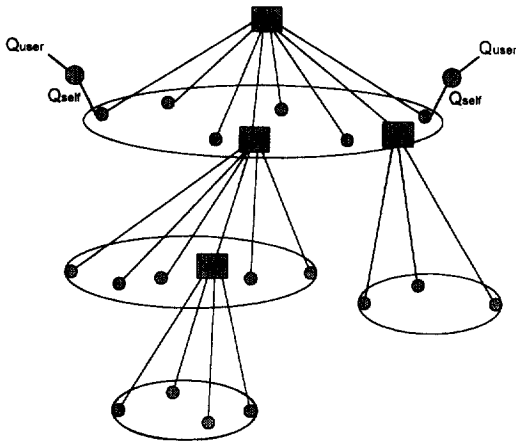
(그림 4)는 클라이언트 계층에게 보이는 하부 망 연결을 보여주고 있다. 본 논문에서는 대역폭, 지연시간, 성공율 각각에 대한 실제적인 단위는 고려하지 않는다. 클라이언트 망의 입장에서는 서버 망의 전체 구성

에 관심이 있지 않고 자신이 이용할 접근점간의 연결이 보장할 수 있는 QoS에 대해 관심이 있다. 예를 들면, 상위망에서는 1과 4간의 연결이 제공할 수 있는 QoS에 대해 관심이 있는 것이지, 그들 간의 연결에 내부 노드 5, 6을 경유하는지 또는 7, 9, 0을 경유하는지에 대해선 관심이 없다. 그러나 하부망에서 택하는 경로에 따라 QoS는 달라진다. 따라서 하부망에 상태 정보를 요청할 때에도 사용자의 요구 사항을 전달하여야만, 보다 정확한 정보를 얻을 수 있다.

사용자의 요구 사항을 전달하지 않고 노드 1과 4사이의 QoS를 질의하는 경우, 하부망에서는 여러 경로가 존재할 수 있으므로 그들을 종합한 값을 응답하게 된다. 예를 들면, 제공 가능한 최대 대역은 30(경로 1-7-9-0-4), 최단 지연은 13(경로 1-5-6-4), 최대 성공율은 0.73(경로 1-5-6-4)이란 응답을 보낼 수 있다. 그러나 실제로 사용자가 대역폭 30, 지연 시간 13이하, 성공율 73 이상을 갖는 경로를 요구하면, 하부망에서는 이를 제공하지 못할 수 있다. 왜냐하면, 각 QoS 항목의 최적 값은 각기 다른 경로에서 나올 수 있기 때문이다. 따라서 상위 계층에서 질의할 때에는 사용자의 요구 사항을 같이 보내서, 보다 정확한 정보를 얻을 수 있도록 한다. 예를 들면, 대역폭 10을 제공할 수 있는 1과 4 사이의 경로에 대해 질의를 하면 지연은 12, 성공율은 0.73이 응답으로 돌려지고, 대역폭 30을 제공할 수 있는 경로에 대한 정보를 요구하는 경우 지연은 23, 성공율은 0.51이 된다.

이러한 정보들이 하부 망에서 전달되면 상위 망에서는 그러한 계층망의 연결을 하나의 링크로 간주하고 경로를 결정할 수 있다.

이러한 전체 연결 설정 방식을 이용하기 위해선 각 계층망에서 망에 대한 정보를 모으고, 상위 계층망의 질의에 응답할 계층망 관리자가 필요하게 된다. 계층망 관리자의 역할은 망내 각 링크에 대한 상태 정보를 모으고, 이를 바탕으로 상위 계층망이 요구한 조건을 만족시키는 경로를 찾아 연결을 설정하는 기능을 수행한다. (그림 5)와 같이 각 계층망에는 계층망 관리자가 존재하고, 클라이언트 망의 계층망 관리자는 서버망의 계층망 관리자를 인지하고 있으며, 서버망에서의 연결은 이들 하부망의 계층망 관리자를 통해서 연계 된다.



(그림 5) 계층망과 계층망 관리자

5. 순차적 연결 설정 방식과의 비교

5.1 순차적 연결 설정 방식

전체 망을 관장하는 망 관리자를 두지 않는 상황에서 사용자가 요구하는 QoS를 보장하는 경로를 설정하기 위해선 각 교환기에서 현재까지 설정된 경로에 자신에 택한 링크를 추가한 후, 이때의 QoS가 사용자가 요구한 QoS를 만족하는지 여부를 살펴서 만족하는 경우, 다음 단으로 보내는 순차적 연결 설정 방식을 이용할 수 있다. 고정 경로 설정 방식이나 랜덤 경로 설정 방식 등은 사용자의 망 사용에 따라 급변하는 망 상태의 변화에 대응하지 못하는 단점이 있으므로 본 논문의 비교 대상에서 제외했다.

QoS를 보장하는 순차적 연결 설정 방식은 다음과 같다. 여기서 편의상 다음 단으로 메시지를 전달하는 것을 함수 호출로 표현했고, 바로 전단으로 결과를 돌려 주는 것을 반환(return)으로 표현했다. 또한 이 알고리즘에서는 하부 계층망 연결과 링크를 구별하지 않는다.

Algorithm 3

```

QoS(Q, pre-hop, d, p, Qp)
(
    /* d: destination */
    /* p: path, Qp: QoS in path p */
    if (current_hop is source)
        initialize Qp;
    while (selecting new hop is possible) {
        select new hop;
    /* new hop ∈ p */
        A = Qp + Qlink;
    /* link : here to new hop */
        if (A satisfied Q) {

```

```

        add link to p;
        if (there is d in p) {
            if (pre-hop is null)
                /* current hop is source */
                return (path is found) to user;
            else
                return (path is found) to pre-hop;
        }
    }
} else {
    if(QoS(Q, current_hop, d, p, A) ==
path is found) {
        if (pre-hop is null)
            return (path is found) to
user;
        else
            return (path is found) to
pre-hop;
    } /* if */
} /* else */
} /* if */
} /* while */
if (pre-hop is null)
    return(Not Satisfied) to user;
else
    return (Not Satisfied) to pre-hop;
}

```

5.2 두 방식의 비교

망 관리자를 이용한 전체 연결 설정 방식과 순차적 연결 설정 방식의 근본적인 차이는 이러한 방식에서 경로를 결정할 때 이용하는 정보의 양과 질에 있다. 망 관리자를 이용한 전체 연결 설정 방식에서는 망의 각 요소에 대한 정보를 수집하여 전체 정보를 얻고, 이를 바탕으로 경로를 결정한다. 이에 반해 순차적 연결 설정 방식에서는 각 단에서 전체 정보 없이 지역적인 정보를 바탕으로 경로를 선택한다.

두 방식은 점유하는 자원의 양에서도 차이가 발생한다. 망 전체에 대한 정보를 가지고 최적의 경로를 찾는 전체 연결 설정 방식의 경우, 사용자의 요구 사항을 만족시키는 연결을 제공할 수 없는 경우, 바로 호 블로킹 메시지를 보내고 자원을 점유하지 않는다. 그러나 전체에 대한 정보가 없는 순차적 연결 설정 방식의 경우, 이러한 판단을 바로 할 수 없기 때문에, 자원을 점유하면서 다음 링크를 찾고, 그 단에서 링크를 찾을 수 없는 경우, 바로 전단으로 이를 돌려 새로 링크를 찾는 방식으로 진행되게 되고, 결과적으로 블로킹되는 호의 경우에는 호 설정에 더 많은 시간이 소요되며, 자원도 더 많이 점유한다.

호 설정시 교환하는 메시지의 양을 비교하면, 전체

연결 설정 방식에서는 경로에 포함된 노드의 수에 따라 메시지 수가 결정된다. 그러나, 순차적 결정 방식에서는 망의 트래픽 상황에 따라 달라진다. 예를 들면, 가용 자원이 충분하면, 경로에 포함된 노드의 수에 따라 메시지의 수가 결정되지만, 그렇지 않은 경우, 바로 판단으로 돌려서 다시 경로를 찾는 과정이 존재하게 되므로 메시지의 양을 결정할 수 없다.

또한 그러한 메시지 처리도 전체 연결 설정 방식에서는 망 관리자가 각 노드에게 연결 메시지를 동시에 보내고, 각 노드에서 독자적으로 처리하도록 하여, 병렬 수행이 가능하지만, 순차적 연결 설정 방식에서는 노드에서의 연산 결과로 다음 단이 결정되므로 하나씩 순서대로 수행되어야 한다. 따라서 호 설정 지연도 전체 연결 설정 방식이 작게 된다.

5.3 시뮬레이션 환경

두 방식의 비교를 위해 호 생성기(call generator)와 사용자 프로그램, 그리고 순차적 연결 방식을 처리하는 교환기와 전체 연결 설정 방식에서 이용할 교환기, 그리고 계층망 관리자의 호 처리 기능을 구현하였다.

호 생성기의 역할은 실험에 필요한 호를 지수 랜덤(exponential random) 함수 결과만큼 기다린 후 생성시키는 것이다. 또한 한 생성기가 망에서 발생할 전체 호를 생성하도록 하였다. 이를 위해선 랜덤 함수를 이용해 목적지와 출발지를 선택하고, 또한 연결에 대한 QoS 값들을 생성시켰다. 순차적 연결 설정 방식의 경우, 이렇게 생성시킨 호를 출발지 교환기로 보냈고, 전체 연결 설정 방식의 경우 경로를 결정할 계층망 관리자에게 보냈다. 두 방식의 비교를 위해 동일한 순서로 동일한 값을 생성시켜 실험하였다.

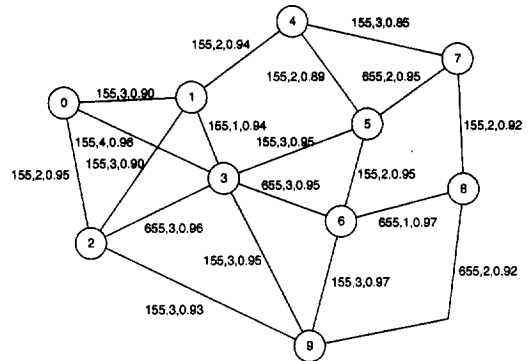
5.4 시뮬레이션 결과

5.4.1 단일 망에서의 비교

먼저 동일한 망 구성에서 동일한 순서로 호를 생성시켜서 두 방식에서의 호 성공율을 비교하고, 평균 호 유지 시간을 변화시키면서 성공율의 변화를 비교하였다. 시뮬레이션에서 이용한 망 구성은 (그림 6)과 같다.

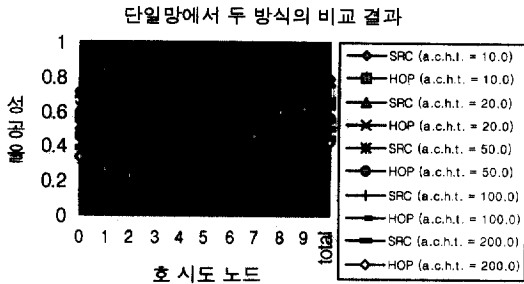
여기서는 지수 랜덤 함수를 이용, 평균 호 생성 간격(average call generation interval)을 1.0으로 주어서 호를 설정하도록 하였고, 이때 요구하는 대역폭과 지연은 각각 30.0, 30.0으로 제한을 두고, C 라이브러리에

서 제공하는 랜덤 함수를 이용해 발생시켰다. 또한 지수 랜덤 함수를 이용하여 사용자의 평균 호 유지 시간(average call holding time)을 가변시키면서 결과를 관찰하였다. 분석 결과 그림에서 SRC는 전체 연결에 대한 정보를 가지고 연결을 설정하는 방식을 의미하며, LM은 계층망 관리자를 통한 전체 연결 설정 방식을 의미한다. 또한 HOP는 순차적 연결 설정 방식을 의미하며, LN0과 LN1은 각 계층망을, a.c.h.t는 평균 호 유지 시간을 뜻한다.



(그림 6) 실험망 구성

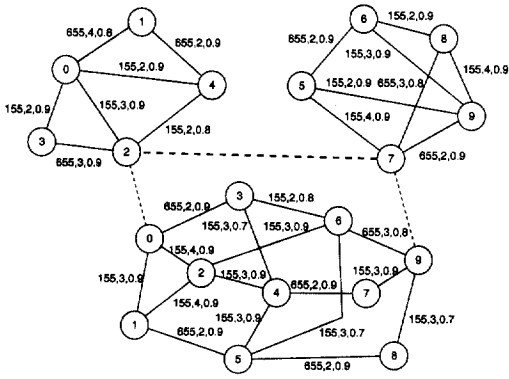
두 방식 모두 호의 평균 유지 시간이 늘어남에 따라 성공율이 감소하였다. 이것은 기존에 설정된 호가 자원을 점유하고 있어서, 자원 부족으로 인해 호가 블로킹되기 때문이다. 평균 호 유지 시간이 10.0 이하에서 값의 변화가 거의 없는 것은 호 생성기를 하나만 두었으므로, 실제 10개의 각 노드에서 생성되는 호의 평균은 0.1이 되고 따라서 10.0 이하에서는 생성되는 호와 해제되는 호의 수가 평균적으로 같으므로 가용 자원의 변화가 없기 때문이다. 그러나 평균 호 유지 시간이 10.0을 넘어서면 가용 자원의 감소가 생기게 되고, 따라서 블로킹되는 호도 증가하게 된다. 망 관리자를 통한 전체 연결 설정 방식은 그 시점에서 노드들의 자원에 대한 정보를 가지고 최적의 경로를 결정, 연결 설정 메시지를 보내게 되므로, 제한된 정보를 바탕으로 다음 단(hop)을 결정하는 순차적 연결 설정 방식보다 더 효율적이다. 실제로 실험망에서 가용 자원이 감소하기 전 단계에서는 호 성공율이 높게 나왔다. 이러한 호 성공율은 경로 설정 방식 외에도 망 구성, 생성되는 호의 자원에 대한 요구 등에 따라 달라진다.



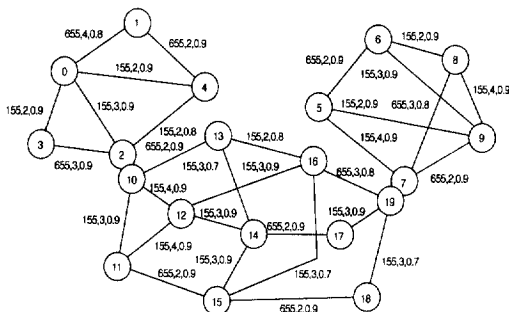
(그림 7) 단일망에서 두 방식의 비교 결과

5.4.2 계층망에서의 비교

본 논문에서 실제로 고찰하고자 하는 환경은 다양한 하부망이 존재하는 경우에서 사용자가 요구하는 QoS를 만족하는 연결을 제공하는 방안이다. 이를 위해 (그림 8)과 같은 실험 환경을 만들어 순차적 연결 설정 방식과 망 관리자를 통한 전체 연결 설정 방식을 각각 적용하여, 호 성공율을 분석하였다.



(a) 계층망 구성을 갖는 실험망

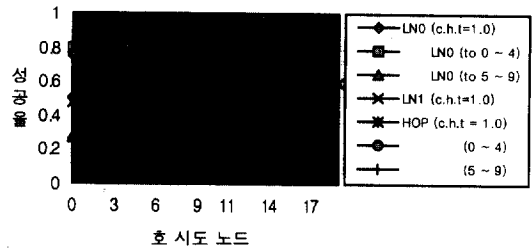


(b) 전체를 하나로 통합한 실험망

(그림 8) 계층망 환경에서 실험망 구성

실제로 각기 독립적인 망이 서로 연합하여 사용자에 게 하나의 연결을 제공할 수 있다. 예를 들면, 무선망에서도 우선망으로의 호 설정 요구가 있을 수 있으며, 반대로 우선망에서도 무선망으로의 호 설정 요구가 있을 수 있다. 순차적 연결 설정 방식에서는 서로 다른 망의 각 노드가 구별 없이 연결에 참여하는 방식으로 볼 수 있으며, 망 관리자를 이용하는 경우에는 각 망 관리자가 자신의 영역 내에 있는 노드와 링크로 이루어진 경로를 담당하고, 두 영역에 모두 속한 노드에서 그러한 적용 기능이 수행된다고 볼 수 있다. 또한, 본 절에서는 하부망의 연결을 이용하는 경우와 그렇지 않는 경우로 나누어 성공율을 비교하였다.

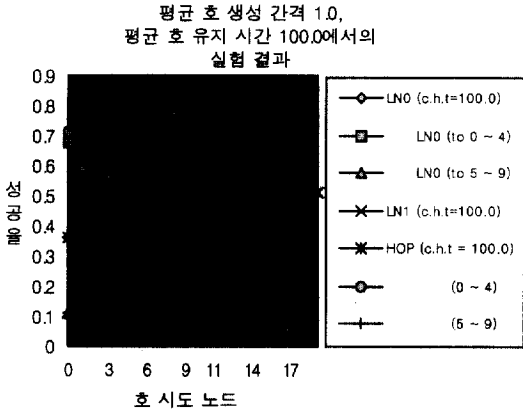
평균 호 생성 간격 10.0,
평균 호 유지 시간 10.0의
실험 결과



(그림 9) 계층망에서의 호 성공율 비교(1)

평균 호 유지 시간을 10.0으로 한 경우에는 (그림 9)의 결과와 같이 두 방식의 호 성공율 차이가 크게 나타나지 않고 있다. 오히려 두 계층에 속한 노드의 경우에는 순차적 경로 설정 방식에서 성공율이 더 높게 나왔다. 이러한 노드에서의 성공율이 높게 나온 이유는 동일한 계층에 속한 노드로 가는 트래픽의 성공율이 포함되어 나온 결과이다.

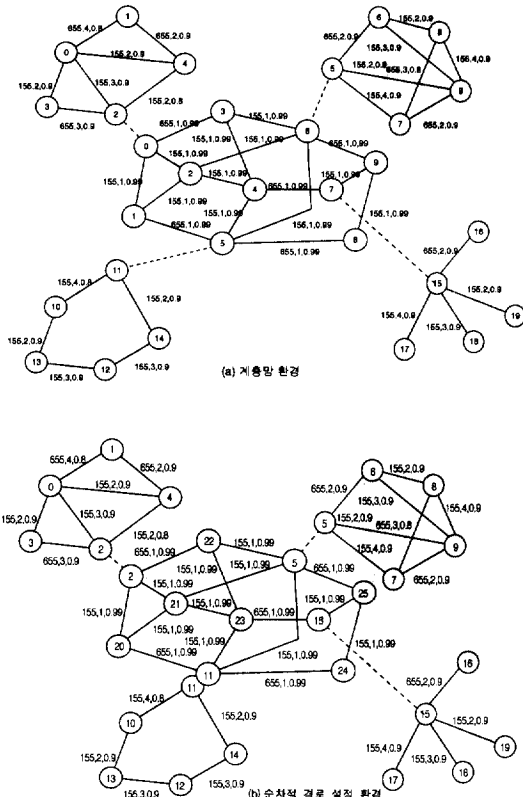
평균 호 유지 시간을 100.0으로 한 경우, 자원의 부족 현상이 나타나기 시작하게 되고 따라서 두 방식 모두 성공율이 떨어지게 되는데, 순차적 연결 설정 방식의 호 블로킹율이 특히 증가한다. 실제로 (그림 10)의 결과에서 보면 계층1에 속한 노드들에서의 성공율 차이가 두드러지게 나타난다. 이것은 실험망의 구성이 계층 0보다 계층1이 상대적으로 더 복잡하고, 따라서 순차적 연결 설정 방식에서의 링크 연결 재시도 횟수가 크게 증가하게 되게 되고, 그 결과 실제 서비스를 제공하지 않는 호가 점유하는 자원의 양이 크게 증가하기 때문이다.



(그림 10) 계층망에서의 호 성공률 비교(2)

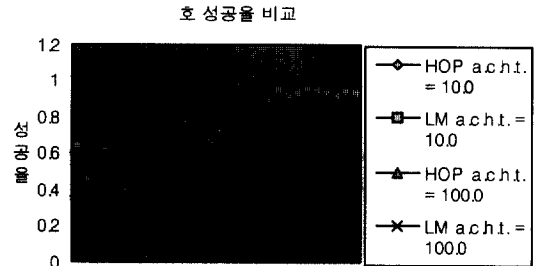
5.4.3 다수 경로를 갖는 계층망에서의 비교

(그림 11)과 같은 망 구성으로 실험망을 만들고 시간 축에서 호 생성율, 호 생성 지연을 비교하였다. 여기서 계층망은 상대적인 개념으로 서비스를 이용하



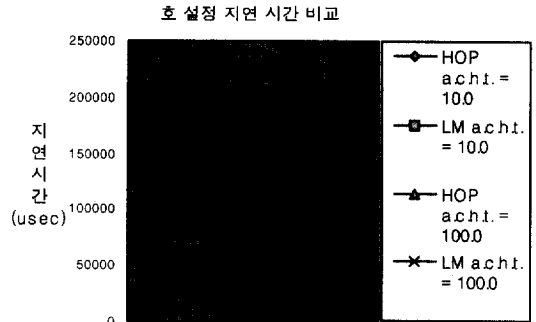
(그림 11) 다중 경로를 갖는 계층망 구성

는 입장에서 바라본 다른 망이 계층망이 된다. (그림 11)에서는 계층망 0에 속한 노드의 수가 계층망 1에 속한 노드의 수의 2배가 되므로 호 생성 비율을 계층망 1에서 2배로 하여 같은 부하가 걸리도록 하였으며, 순차적 연결 설정 방식에서는 2개의 호 생성기를 두고 각 생성기가 전체 연결 설정 방식의 호 생성기처럼 동작하도록 하였다.



(그림 12) 호 성공률 비교

평균 호 유지 시간이 10.0인 경우 순차적 연결 설정 방식이 더 좋은 결과를 보이는 4개의 노드가 있는데, 이것은 이들 노드가 두 계층망에 속하고, 따라서 더 높은 성공율을 갖는, 같은 계층망에 속한 노드들간 연결이 반영되어서 나타난 현상이다. 평균 호 유지 시간이 100.0인 경우, 거의 모든 노드에서 전체 연결 설정 방식의 호 성공율이 높게 나타난다.



(그림 13) 호 설정 지연 비교

전체 연결 설정 방식에서는 전체적인 관점에서 경로를 결정하고 연결 설정 메시지를 동시에 보내고 병렬로 처리가 가능하므로 호 설정 지연이 모든 노드에서 거의 일정하게 나온다. 계층망 0에서의 호 설정 지연이 상대적으로 높은 것은 이러한 연결 설정 작업이 두

계층에서 이루어지기 때문이다. 이에 반해 순차적 연결 설정 방식에서는 한 노드의 경로 결정에 따라 다음 노드가 결정되므로 연결 설정 작업이 순차적으로 이루어져야 하며, 또한 연결 설정 지연이 망 상황에 따라 가변적이며 크다. 순차적 연결 설정 방식에서 평균 호 유지 시간이 커짐에 따라 오히려 호 설정 지연이 감소한 것은 가용 자원이 줄어서 선택할 수 있는 경로가 줄게 되고, 따라서 재설정에 따른 연산의 양이 감소되어 나타난 결과이다.

6. 결 론

본 논문에서는 여러망이 클라이언트-서버 관계를 가지면서 통합되는 계층망 구조에서 QoS를 보장하는 경로 설정 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 각 계층에는 계층망 관리자가 존재하면서 QoS를 보장하기 위한 관련 정보를 유지하고, 연결 설정 요청시 이들 정보를 바탕으로 연결을 허용하거나 거부하는 방식을 택하였다. 실제로 이러한 방식을 적용하기 위해서는 망에서 효율적으로 관련 정보를 모으는 방안과, 이러한 계층망 관리자와 일반 교환기간 신호 체계(signaling)등이 연구되어야 한다. 추후 기존의 망 관리 시스템과 연계해서 계층망 관리자를 설계하는 작업을 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] Recommendation G.803, "Architecture of Transport Networks Based on the Synchronous Digital Hierarchy(SDH)," March, 1993.
 [2] Paul Ferguson, Geoff Huston, "Quality of Service," John Wiley & Sons, 1997.
 [3] R. Braden, D. Clack, S. Shenker, RFC1633, "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview," June, 1994.
 [4] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin. RFC2205 "Resource ReSerVation Protocol - Version 1 Functional Specification," Sep., 1997.
 [5] D. Verma, "Guaranteed Performance Communication in High Speed Networks," Ph.D Thesis, U.C. Berkeley, 1991.
 [6] M. R. Garey, D. S. Johnson, "Computers and Intractability - A Guide to the Theory of NP-Completeness," San Francisco, CA : Freeman, 1979.

[7] J. Jaffe, "Algorithms for Finding Paths with Multiple Constraints," Networks, Vol.14, Sep., 1991, pp. 95-116.
 [8] Z. Wang, J. Crowcroft, "Quality-of-Service Routing for Supporting Multimedia Applications," IEEE JSAC Vol.14, No.7, Sep.,1996, pp.1288-123.



김 건 응

e-mail : kgu@mail.mmu.ac.kr

1990년 고려대학교 전자전산
공학과 졸업(공학사)

1994년 고려대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학석사)

1998년 고려대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학박사)

1999년~현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부
전임강사

관심분야 : 네트워크 프로토콜, 망 관리 시스템, 지능망,
정보망



송 병 권

e-mail : bksong@bukak.seokyeong.ac.kr

1984년 고려대학교 전자공학과
졸업(공학사)

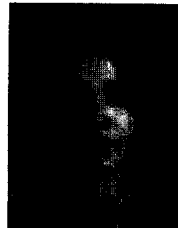
1986년 고려대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)

1995년 고려대학교 대학원 전자
공학과(공학박사)

1984년~1997년 삼성종합기술원 선임연구원

1995년~현재 서경대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : High-Speed Network, 분산처리시스템,
Mobile Computing



진 명 속

e-mail : jinms@dove.kyungin-c.ac.kr

1990년 고려대학교 전자전산
공학과 졸업(공학사)

1992년 고려대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)

1997년 고려대학교 대학원 전자
공학과(공학박사)

1996년~현재 경인여자대학 멀티미디어정보전산학부
조교수

관심분야 : 분산 시스템, 멀티미디어 컴퓨팅, 객체 지향
시스템