

멀티미디어 응용을 위한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

이 광 일[†] · 조 평 동[†] · 김 경 일^{††} · 김 상 하^{†††}

요 약

통신망을 통해 화상회의 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 멀티캐스팅 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재까지의 멀티캐스팅 프로토콜에 대한 연구들은 서비스에 참가하는 그룹멤버가 동일한 QoS를 갖고 있다는 가정하에 수행된다. 하지만, B-ISDN과 같은 광대역의 망과 PSTN 및 PSDN 등과 같이 저대역의 망으로 이루어진 통신망에서는 각 그룹멤버가 제공받을 수 있는 대역폭이 상이하게 된다. 한편, 인터넷의 경우에도 시간 및 지역적 환경에 따라 수시로 가용할 수 있는 대역폭이 달라진다. 따라서, 그룹 참가자의 QoS를 고려한 멀티캐스팅 트리의 구성과 멀티캐스팅 자료의 차동적 분배기능을 제공할 수 있는 멀티캐스팅 구조에 대한 연구가 필요하다.

본 논문은 상이한 성질을 가진 통신망으로 이루어진 광역 통신망에서 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 멀티캐스팅 프로토콜을 제안하고자 한다. 첫째, 이러한 광역 통신망에서 멀티캐스팅을 달성하기 위해 기존의 방법이 갖는 한계점에 대해 논한다. 둘째, 이러한 한계점을 극복하기 위해, 기존 멀티캐스팅 연구에서 목적으로 갖고 있는 가정인 한 서비스(그룹)당 하나의 QoS라는 개념을 확장하여 한 서비스(그룹)당 여러개의 QoS 개념을 도입한다. 셋째, 인터넷 등에서 사용하고 있는 프로토콜 스택을 유지하면서 제안된 프로토콜을 사용하기 위한 방안을 제시한다. 마지막으로, 여러 성질을 가진 통신망에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 가능한 3가지 방법에 대한 시뮬레이션을 수행하고 이들에 대한 장단점을 분석한다.

Multicast Routing Protocol for Multimedia Applications

Kwang-il Lee[†] · Pyoung-dong Cho^{††} · Kyoung-il Kim[†] · Sang-ha Kim^{†††}

ABSTRACT

Multicasting plays an important role in providing multimedia services like audio and video conferencing and has been actively studied for many years. The study of multicasting has been mainly focused on finding a low-cost tree on the assumption that every edge of the tree has enough link capacity to be allocated to the amount of bandwidth required by a service. In some cases, however, a multicasting tree whose some edges do not have enough bandwidth to be allocated may exist. A typical example of this case is to multicast among the group users located in the different sub-networks in the interconnected networks composed of the high bandwidth networks such as B-ISDN and the low bandwidth networks such as PSTN and PSDN.

This paper proposes a novel multicasting protocol for providing multimedia services in a wide area network interconnected by multiple heterogeneous networks. First, the paper discusses the inherent limitation of present multicasting protocols for the case. Second, we introduce a new concept, multiple QoS's for a service, which extends the implicit assumption that only one QoS is assigned to a service in order to overcome this limitation. Third, our multicasting protocol is designed based on the current Internet protocol stacks. Last, we perform simulations for possible scenarios to provide multimedia services in the network and analyze their pros and cons.

* 이 논문은 1996년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.
† 준 회원 : 충남대학교 대학원

†† 정 회원 : 부산통신표준연구소
††† 준 회원 : 충남대학교 컴퓨터학과
논문접수 : 1997년 11월 4일, 심사완료 : 1998년 2월 23일

1. 서 론

멀티미디어 통신 서비스에서의 필수적 기능중 하나는 서비스에 참가하는 다수의 그룹 멤버들에게 효율적으로 자료를 전송할 수 있는 멀티캐스팅 기능이다. 정보화 사회의 도래로 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 확산되면서, 이러한 멀티캐스팅에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 현재까지의 멀티캐스팅 프로토콜에 대한 연구들[5][7][8][9][10][11]은 서비스에 참가하는 그룹 멤버들이 동일한 QoS를 가지며, 전송 비용을 최소화하는 트리를 구성하는 데 치중되어 왔다 [3][4]. 따라서, 네트워크내의 자원 사용을 최소화하면서 모든 그룹 참가자들에게 동일한 고준한 멀티캐스팅 기능만을 제공하고 있다.

그러나, 이와 같은 연구들은 B-ISDN과 같은 광대역 통신망과 PSTN 및 PSDN 등과 같이 저대역 통신망이 혼용된 이질적인 통신망상에 위치한 그룹 멤버들간의 멀티캐스팅을 위해서는 본질적인 한계를 갖고 있다. 예를 들면, 송신자가 광대역 통신망상에 위치하고, 송신하려는 대역폭이 2Mbps라고 할 때, 같은 통신망상에 위치한 수신자의 경우에는 수신 가능하지만 저대역폭 통신망에 위치한 수신자의 경우 원칙적으로 수신이 불가능하게 된다. 따라서, 이질적인 통신망상에 위치한 그룹 멤버간의 멀티캐스팅을 위해서는 새로운 해결책이 요구된다[2]. 한편, 인터넷의 경우, 시간 및 지역적인 환경에 따라 수시로 가용할 수 있는 대역폭이 달라질 수 있다. 따라서, 인터넷상에서 일정한 QoS를 만족하는 멀티캐스팅의 경우도 같은 문제가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 이질적인 통신망들로 이루어진 광역 통신망 및 인터넷에서 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 멀티캐스팅 구조와 이를 적용시킬 수 있는 프로토콜을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 첫째, 이러한 이질적인 광역 통신망에서 다자간 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 세가지 시나리오를 제시하고, 각각의 방법에서의 한계점에 대해 살펴본다. 둘째, 이러한 한계점을 극복하기 위해 묵시적으로 갖고 있는 가정인 하나의 그룹에 하나의 QoS라는 개념을 그룹당 여러 개의 QoS를 가질 수 있도록 확장한다. 이렇게 확장된 개념을 통해 이질적인 통신망에서의 멀티

캐스팅 문제를 해결할 수 있다. 셋째, 이러한 해결책과 현재 사용되는 기존의 프로토콜 스택을 접목하기 위한 방안을 제시한다. 즉, 현재 인터넷등에서 표준으로 제시되고 있는 프로토콜 스택을 유지하면서, 하나의 그룹당 여러개의 QoS를 사용할 수 있는 방안을 제시한다. 마지막으로, MBONE의 USnet상에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 기존의 멀티캐스팅 프로토콜과 본 논문에서 제안된 프로토콜 구조를 포함한 3 가지 시나리오에 대한 시뮬레이션을 수행하고 이들에 대한 장단점을 분석한다.

2. 연구 배경

2.1 실시간 멀티캐스팅을 위한 3가지 시나리오

이질적인 광역 통신망에서 송신자의 QoS요구사항을 만족시키는 멀티캐스팅을 위해 다음 세 가지 시나리오를 생각할 수 있다. 이 시나리오를 가능하게 하기 위해서는 송신자가 요구하는 QoS에 대한 변환이 가능하다고 가정한다. 예를 들면, 송신자가 요구하는 대역폭이 PCM으로 인코딩된 64Kbps라고 하면, 이것은 DPCM으로 인코딩된 32Kbps로 변환 가능하다. 다음의 시나리오들은 질적인 차이를 내포할 수 있지만, 송신자가 요구하는 QoS를 서비스가 가능한 다른 QoS로 변환이 가능하다는 전제하에 구성되었다. 인터넷 프로토콜인 RTP(Real-time Transport Protocol)[13]의 경우, 인코딩 방법들이 프로토콜 데이터 단위상에 표시되어 있고[15], 각 인코딩 방법들간의 변환에 대한 연구가 상당히 진척되어 왔다.

첫째, 네트워크 상태나 자원의 상태가 서비스를 충족 시키기에 부족할 때, 이에 해당하는 그룹 참가자들에게 대한 서비스를 제공하지 않는 방법이다. 송신자는 수신자를 고려한 추가적인 서비스를 제공하지 않기 때문에 서비스 제공방식이 매우 간단하다. 하지만, 서비스에 필요한 자원이 부족한 상태에서는 일시적 또는 영구적으로 서비스를 제공하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

둘째, 송신자는 모든 수신자 그룹이 요구하는 QoS를 검사하여, 이 중 그룹의 최저 QoS 요구사항에 따라 서비스를 결정한다. 그리고, 결정된 서비스에 따라 모든 참가자들에게 동일한 QoS를 제공한다. 이 방법은 그룹 사이에 일단 QoS 협상이 이루어지면 그룹의 관리와 그룹이 요구하는 QoS 처리 방법이 간단하다. 하지

만, 일부 그룹 참가자들 때문에 충분한 QoS를 제공 받기를 원하는 그룹 참가자들도 저하된 품질의 서비스를 제공받을 수 밖에 없다. 또한, 그룹 참가자의 탈퇴 또는 참가에 따라 새로운 QoS의 협상이 다시 이루어져야 하며 이에 따른 서비스 재 조정이 필요하다.

셋째, 송신자는 그룹이 가지는 QoS의 특성에 따라 그룹의 서비스를 구분하고, 구분된 서비스 종류에 따라 적합한 자료를 생성하여 제공하는 방법이다. 따라서, 송신자는 QoS 특성에 맞는 서비스 그룹을 관리하고 이에 따라 여러개의 연결을 유지해야 한다. 이 방법은 각 참가자들의 요구사항에 맞게 QoS를 제공할 수 있지만, 자료의 소스는 각 QoS 클래스에 적합한 자료를 생성해야 하고, 다수의 그룹 주소를 관리하기 위한 그룹 관리가 매우 복잡하다. 또한, 하나의 그룹내에 여러개의 전송 경로가 구성되기 때문에 중복된 자료와 제어 정보의 전송으로 인한 네트워크 자원의 낭비를 초래한다.

2.2 문제점 및 해결방안

상기의 3가지 시나리오가 갖는 근본적인 문제점은 그룹통신으로 사용되고 있는 DVMRP, MOSPF, CBT 등과같은 현재의 멀티캐스팅 프로토콜이 그룹 참가자들에게 동일한 QoS와 서비스를 제공하기 때문이다. 따라서, 멀티캐스팅에 참가한 일부 그룹 참가자들에게 차등적인 서비스의 제공이 불가능하다. 또한, 대부분의 실시간 전송 프로토콜들은 종단간 전송 프로토콜이므로 서비스 환경 변화나 그룹내의 QoS 상태의 변화에 따라 실시간적이고, 능동적인 대처 능력이 부족하다.

이러한 문제점들을 극복하고, 실시간 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공하기 위해서는 멀티캐스팅 프로토콜에서의 QoS를 고려한 멀티캐스팅이 이루어져야 한다. 즉, 그룹 주소와 함께 그룹의 QoS를 구분하여 그룹을 관리하고 자료를 전송할 수 있는 확장된 멀티캐스팅 기능을 제공해야 한다. 또한, 그룹 참가자의 QoS에 따른 이질적 서비스를 효과적으로 제공하기 위해서는 일부 망의 중간 노드가 그룹 참가자들의 QoS 요구 사항에 따른 QoS를 관리하고, 필요한 경우 자료의 변환 과정을 통하여 그룹에 필요한 서비스를 제공할 수 있는 기능을 수행하여야 한다.

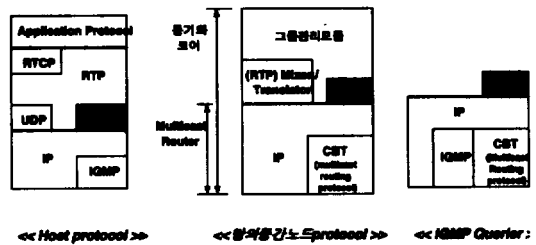
3. QoS를 고려한 멀티캐스팅 모델

본 장에서는 멀티캐스팅 그룹내에 차등적 멀티캐스

팅 기능 즉, 이질적인 QoS를 제공하기 위한 프로토콜 모델을 제안하고, 이를 위해 기존 프로토콜 모델에서 제공 되어야하는 확장 기능들에 대해 다루고 있다.

3.1. 모델의 개요

이질적인 QoS를 갖는 그룹에 대한 멀티캐스팅 기능과 실시간적 자료 처리 기능을 제공하기 위한 프로토콜 스택을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.



(그림 23) 이질적 QoS 그룹을 위한 프로토콜 모델 (Fig.1) Protocol model for Heterogeneous QoS group

그림 1의 프로토콜 스택의 경우, 양 종단에서의 프로토콜 모델은 기존 인터넷 프로토콜 모델과 큰 차이가 없다. 하지만, 망의 중간 노드에서의 몇가지 차이점이 발생한다.

망의 중간 노드에서의 프로토콜 스택은 두부분으로 나뉘어져 있다. 멀티캐스팅을 위한 Multicast/IP와 그룹에 대한 관리 및 처리 기능을 담당하는 부분으로서 그룹 관리 모듈, Mixer, 그리고 Translator(RTP) [13][16] 등이 포함될 수 있다. 본 논문에서는 상기의 모듈들로 구성된 노드를 동기화코어 (Synchronization-Core)라고 정의한다. 동기화 코어에서는 그룹과 QoS 클래스를 함께 고려한 멀티캐스팅 기능을 제공하며, 그룹 자료에 대한 실시간 자료 처리 기능 및 변환기능을 수행하는 역할을 담당한다. 본 논문에서는 동기화 코어에서의 멀티캐스팅 기능과 역할에 대해서만 다루고 있다. 다만, 멀티캐스팅 프로토콜과 상위 모듈과의 인터페이스를 위하여 기본 서비스 프리미티브만을 정의하고 있다. 이러한 서비스 프리미티브를 통하여 상위 모듈에서는 그룹의 QoS를 고려한 멀티캐스팅이 가능하게 된다.

상기의 프로토콜 구조에서는 QoS 정보를 고려한 멀티캐스팅을 수행하기 위하여 각 그룹 참가자들이 가지는 QoS를 특정 클래스들로 분류하여 처리한다. 본 논

문에서는 동일한 클래스를 가진 그룹 참가자들의 그룹을 구분하기 위하여, 동일한 그룹 주소를 가진 그룹을 그룹이라고 정의하며, 동일한 QoS 클래스를 가진 그룹을 클래스 그룹 또는 QoS 클래스 그룹으로 정의한다. 따라서, 각 그룹 참가자는 그룹 주소와 QoS 클래스 그룹 값을 통해 식별된다.

다음 절부터는 동기화 코어에서의 QoS를 고려한 멀티캐스팅을 제공하기 위하여 멀티캐스팅 프로토콜 또는 라우터에서 지원해야 할 기능들에 대해 다루고 있다.

3.2 QoS 클래스의 정의

서비스에 참가하고 있는 각 그룹 참가자들은 원하는 서비스와 네트워크 특성에 따라 적합한 QoS를 갖기 때문에, 이를 효과적으로 구분하고 처리하기 위해서는 일정한 클래스로 분류하여 처리하는 것이 바람직하다. 따라서, QoS특성에 적합한 잘 정의된 QoS 클래스 분류 방식이 필요하다. 가능한 QoS 클래스 분류방식으로는 세가지가 있다. 첫째, 서비스 요구사항을 정의한 자료구조를 플로우스펙이라한다[6]. 이러한 플로우스펙을 특정한 클래스로 분류하여 처리하는 플로우스펙 클래스 방식, 둘째, 각 자료가 요구하는 대역폭에 따른 대역폭 크기에 의한 클래스 분류 방식, 그리고 사용자가 QoS에 대해 정의하는 사용자 정의 QoS 클래스 방식으로 분류할 수 있다.

본 멀티캐스팅 구조에서는 기본적으로 대역폭에 의한 클래스 분류방식을 사용하고 있다. 이것은 QoS 분류 방식이 간단하고, 각 멀티미디어 서비스들이 사용하는 자료들에 대한 코딩 형식과 망의 특성에 따라 요구되는 대역폭은 대부분 일정한 값을 지니고 있기 때문이다. 또한, 특수한 형태의 QoS 클래스로서 사용자 정의 QoS 클래스 그룹을 사용하고 있다. 사용자 정의 클래스에 대한 분류 방법과 자료처리에 대한 정의는 사용자가 정의하도록 한다.

상기의 클래스 분류방식에 따라, 각 QoS 클래스 그룹들 상호간에는 두가지 관계가 존재한다. 이들 관계에 따라 멀티캐스팅의 형태와 구성이 달라진다.

첫째, 독립형 관계. 이 독립형 관계는 각 QoS 클래스가 서로 다른 성격을 가지고 있으며, 상호 변환이 가능하지 않다. 이러한 관계를 갖는 클래스 그룹에 대한 처리는 다른 그룹에 대한 처리 과정과 거의 동일하게 이루어진다. 독립형 관계는 사용자 정의 QoS 클래스 그룹들과 일부 특수 자료들에 대한 처리를 위해 사용되

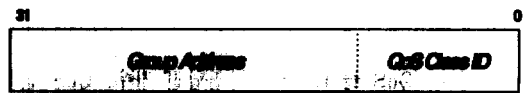
는 관계이다.

둘째, 부분 집합형 관계. 이 관계는 상위 QoS 클래스 그룹이 하위 QoS 클래스 그룹을 포함하는 관계이다. 따라서, 상위 클래스 그룹 참가자들은 하위 클래스 그룹에서 전송한 자료를 항상 수신할 수 있게 된다. 하지만, 그 반대의 경우는 발생하지 않는 비대칭 관계를 가진다. 대역폭에 의한 QoS 클래스 그룹들에서 기본적으로 사용되는 관계이다.

3.3 QoS 클래스의 표현 방법

대부분의 멀티캐스팅 프로토콜의 헤더에는 QoS 클래스를 표현할 수 있는 영역을 정의하고 있지 않다. 따라서, QoS 클래스를 표현하고 이를 식별하기 위한 방식이 정의되어야 한다. 이를 정의하기 위한 표현 방식으로는 다음과 같은 두가지 방법이 있다.

첫째, 그룹 주소내에 QoS 클래스에 대한 정보를 표현하는 방식이다. 현재, 대부분의 프로토콜에서 사용하고 있는 그룹 주소의 크기는 32-비트이다. 이중 상위의 비트들은 그룹의 주소를 나타내고 하위의 비트들은 QoS 클래스를 표현하도록 정의한다. 이러한 방식은 QoS 클래스를 표현하기 위해 추가적인 정보가 필요하지 않으며, 라우팅 테이블 등과 같은 멀티캐스팅 내외 구조적 변화가 필요하지 않다. 하지만, 이질적 QoS를 제공하지 않는 라우터들에서의 터널링이 필수적이며, 그룹 주소의 사용 영역이 좁아지고, 이로 인한 중복 그룹 주소 문제가 발생하게 된다.



(그림 24) QoS 클래스 정보를 포함한 그룹 주소 (Fig.24) Group Address with QoS Class information

둘째, 주소 정보 영역외에 QoS 클래스를 정의하기 위한 별도의 공간을 정의하는 방식이다. 대표적인 영역으로서는 각 프로토콜에서 정의하고 있는 옵션(option) 영역내에 이를 표현하거나 또는 IPv6 (IPng)의 Flow Label Filed 등에 표현하는 방식이다. 이는 그룹 주소의 범위를 최대한 활용할 수 있으며, 이질적 QoS 클래스를 제공하지 않는 라우터들에서도 동일한 그룹으로 처리하기 때문에 터널링이 필요하지 않다는 장점을 가진다. 하지만, 라우팅 테이블내에 QoS 클래스를 정의

하기 위해서는 라우팅 테이블 구조의 변경등과 같은 멀티캐스팅 라우팅에서의 구조적 변화가 수반된다.

본 논문에서는 그룹 주소와 QoS 클래스의 식별의 용이성과 그룹 주소 영역내에 QoS 클래스 정보를 표현할 경우, QoS를 고려한 멀티캐스팅을 제공하지 않는 라우터에서 발생하는 멀티캐스팅 자료 처리의 문제를 해결하기 위하여 별도의 QoS 클래스 영역을 사용하도록 정의하고 있다.

3.4 멀티캐스팅 트리의 구성

그룹 참가자들은 IGMP 프로토콜(1)을 통하여 그룹에 참가 탈퇴하게 된다. 이에 따라, 멀티캐스팅 프로토콜은 각 그룹 참가자들에게 자료를 송수신하기 위한 전송 경로를 구성한다. 본 논문에서는 인터넷 멀티캐스팅 프로토콜 중 하나인 CBT 프로토콜(10)(11)을 기본 구조로 사용하여 그룹과 QoS 클래스를 고려한 멀티캐스팅 경로를 구성하고 있다. 하지만, CBT 프로토콜에서 그룹 정보와 QoS 클래스 정보를 포함한 멀티캐스팅 경로를 구성하기 위해, 그룹 관리 기능과 전송 경로 구성을 담당하는 코어에서의 기능을 수정, 확장하였다. 각 코어에서 멀티캐스팅 전송 트리를 구성하기 위해 수정된 규칙은 다음과 같다.

첫째, QoS 클래스가 독립적인 경우, 각각의 멀티캐스팅 자료가 상호 독립적이므로 QoS 클래스 각각에 대한 전송 경로가 필요하다. 따라서, 각 코어에서는 각각의 QoS 클래스 그룹에 이를 수 있는 독립적인 라우팅 테이블을 구성한다. 또한, 상위 코어에게 각각의 QoS 클래스 그룹들에 대한 전송 경로 구성을 요청하기 위한 메시지를 전달한다.

둘째, QoS 클래스가 부분집합인 경우, QoS 클래스 그룹들상호간에 포함관계를 갖는다면, 이들 그룹들 사이에는 하나의 전송 경로를 공유하게 된다. 따라서, 상위 코어에게 모든 QoS 클래스들에 대한 정보를 모두 전달하지 않고, QoS 클래스값 중 최상위 QoS 클래스 정보만 전달함으로써 단 하나의 멀티캐스팅 경로가 구성될 수 있도록 메시지를 전달한다.

3.5 라우팅 테이블의 확장

각 라우터에서는 그룹 참가자들에게 자료를 전송하기 위해 그룹에 대한 라우팅 정보를 가지고 있어야 한다. 따라서, 본 논문에서 제시하고 있는 QoS 클래스 그룹에 대한 멀티캐스팅을 제공하기 위해서는 라우팅

테이블내에 그룹 주소와 QoS 클래스 정보를 기록, 관리하여야 한다. 이를 위한 라우팅 테이블의 구성은 표 1과 같다.

<표 8> 확장된 라우팅 테이블 엔트리
<Table 1> Extended Routing Table Entry

Group id	Parent id	Parent interface	No. of QoS Class	QoS Class id	Child id	Child interface
					Child id	Child interface
				QoS Class id	Child id	Child interface
Group id	Parent id	Parent interface	No. of QoS Class	QoS Class id	Child id	Child interface

3.6 자료 전송 기능

각 코어에서 멀티캐스팅 자료를 수신하게 되면, 설정된 멀티캐스팅 경로를 통해 자료를 전송하게 된다. 각 코어에서 자료를 전송하기 위한 기능들과 역할들은 다음과 같다.

첫째, 특정 클래스 그룹 또는 일부 클래스 그룹들에 대한 자료전송 기능, 자료의 송신자는 그룹이 가진 다양한 QoS 클래스 그룹에 대한 선택적 또는 전체에 대한 자료 전송이 가능해야 한다. 각 자료의 전송 방식에 따른 전송 규칙은 다음과 같다.

- 나열형 모드. 이것은 송신자가 원하는 QoS 클래스 그룹을 모두 나열하여 전송하는 모드이다. 각 멀티캐스팅 라우터에서는 전송하는 자료에 설정된 QoS 클래스 값에 따라 해당 클래스들에 대한 멀티캐스팅을 수행한다. 이 모드는 또한 특정 클래스 하나에 대한 자료 전송에도 사용된다.

- 부분 집합형 모드. 이 모드를 통해서 다수의 QoS 클래스 그룹들이 공통적인 자료의 수신을 가능하게 하는 모드이다. 이 모드로 전송된 자료들의 경우, 각 멀티캐스팅 라우터에서는 전송된 자료의 QoS 클래스 보다 같거나 큰 모든 QoS 클래스에 대한 멀티캐스팅을 수행하며, QoS 클래스가 작은 그룹 참가자에게 대한 자료 전송은 수행하지 않는다. 하지만, 동기화 코어에서는 해당되는 자료를 멀티캐스팅 상위 계층에 전달하고, 상위 계층을 통하여 하위 QoS 클래스에 대한 자료

처리와 이에 대한 멀티캐스팅 기능을 수행할 수 있도록 한다.

둘째, 그룹 전체에 대한 멀티캐스팅 기능. 그룹 참가자가 가지는 QoS 클래스 값에 상관 없이 모든 그룹 참가자들에 대한 자료 송수신 기능이 필요하다. 특히, 그룹 전체에 대한 상태 및 제어 정보의 교환을 위해 매우 중요하다.

표 2에서는 상기의 멀티캐스팅 모드들에 대한 자료 전송 서비스 프리미티브들을 정의하고 있다. 이들 서비스 프리미티브들을 이용하여 상위 계층(모듈)에서는 그룹 및 QoS 클래스 그룹 참가자들에게 원하는 형태의 멀티캐스팅을 수행할 수 있다.

〈표 2〉 자료 전송 서비스 프리미티브
〈Table 2〉 Data Transmission Service Primitives

내 용	서비스 프리미티브
Group Data	Group_Data_Send Group_Data_Receive
Class Data	MClass_Data_Send MClass_Data_Receive UpClass_Data_Send UpClass_Data_Receive

3.7 그룹 관리 기능.

모든 멀티캐스팅 프로토콜들은 그룹의 참가 탈퇴와 관련된 동적인 그룹의 관리와 멀티캐스팅 트리를 구성하게 된다. QoS 클래스를 고려한 멀티캐스팅에서는 그룹에 대한 기본적인 관리 기능 외에 QoS 클래스 그룹에 대한 몇가지 추가적 기능들이 포함되어야 한다.

첫째, QoS 클래스의 변화에 따른 그룹 관리. 그룹의 변화는 그룹의 참가, 탈퇴와 QoS 클래스의 추가, 삭제, 그리고 변화로 나타난다. 따라서, 이러한 그룹의 변화와 QoS 클래스의 변화에 따른 라우팅 테이블의 관리와 멀티캐스팅 트리를 구성할 수 있는 기능이 필요하다.

둘째, 동기화 코어의 상위 계층에서는 QoS 클래스의 변화에 따른 그룹 관리 기능과 자료 처리 기능을 제공한다. 따라서, 멀티캐스팅 프로토콜에서는 인지된 QoS 클래스 그룹의 변화에 대한 상태를 상위 계층에 전달할 수 있는 기본 인터페이스를 제공하여야 한다.

동기화 코어에서 그룹의 관리와 QoS 클래스 그룹들에 대한 동적 그룹 관리 기능을 제공하기 위한 기본 서비스 프리미티브들에 대해 표 3에 정리하였다.

〈표 10〉 그룹 관리 서비스 프리미티브
〈Table 3〉 Group Management Service Primitives

내 용	서비스 프리미티브
QoS Class 관리	QoS_Class_Join_Request QoS_Class_Join_Indication QoS_Class_Release_Request QoS_Class_Release_Indication Change_QoS_Class_Request Change_QoS_Class_Indication Get_Group_QoS_Class_List
Group 관리	Group_Join_Request Group_Join_Indication Group_Release_Request Group_Release_Indication Get_Group_List

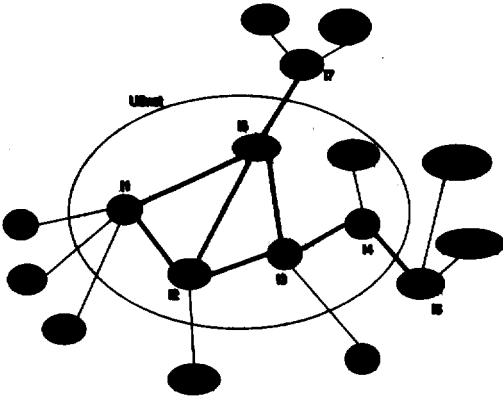
4. 모의 실험 및 성능 분석

본 논문에서는 실험을 위해 서비스 그룹내의 참가자들이 서로 다른 QoS를 갖거나 요청할 경우에 대한 멀티캐스팅에 대해 고려하였다. 본 실험을 통하여 그룹 정보와 QoS를 고려한 멀티캐스팅을 이용한 서비스 제공과 QoS를 고려하지 않고 그룹 정보만을 이용하여 멀티캐스팅을 제공하는 기존의 멀티캐스팅 프로토콜과의 성능 분석과 특성을 비교하고자 하였다. 실험에서는 QoS를 적용하지 않는 멀티캐스팅 프로토콜을 사용하지 않는 경우, 자료의 송수신과 다중 연결을 통해 각각의 QoS 클래스 그룹들에게 필요한 흐름들을 생성하도록 하였다. 또한, 본 논문에서 제안하고 있는 동기화 코어 구조를 통한 멀티캐스팅을 (CBT) (Dynchronization-CBT) 알고리즘으로 정의하였으며, SCBT 알고리즘에서는 대역폭과 대부에서 그룹의 QoS 클래스에 대한 관리와 자료 처리 기능을 수행하기 때문에 그룹의 송신자는 그룹 참가자들에 대한 QoS를 고려하지 않고, 자신의 QoS 형태에 따라 자료를 전송하도록 하였다.

4.1. 실험 환경

본 실험에는 현재 MBONE의 USnet을 중심으로

구성된 실제 위상을 단순화하여 그림 3과 같이 구성하였다. 그림 3의 각 링크의 선의 굵기는 대역폭의 크기를 나타낸다. 즉, 굵은 선으로 나타낸 부분은 고대역폭(34Mbps 이상) 링크를 나타내고 있으며, 가는 선으로 표시된 부분은 저대역폭(2Mbps 이하) 링크를 나타낸다.



(그림 25) 시뮬레이션 위상
(Fig. 3) Simulation topology

본 실험에서 사용된 시뮬레이션 변수들을 정리하여 표시하면 표 4와 같다. 본 실험에서는 그룹의 송신자는 임의로 정해진 QoS 클래스에 따라 자료를 생성하도록 하였으며, 송신자수가 변화되면서의 실험 결과를 비교하였다. 클래스 그룹은 대역폭에 의한 클래스 그룹만을 고려하였으며, 클래스 그룹 상호간에는 부분 집합형 관계를 갖도록 정의하였다. 따라서, 각 클래스 그룹에 대한 자료 생성은 각 클래스에 따라 자료의 생성 주기를 변화시킴으로써 발생하는 트래픽 량에 따라 조절하였다. 또한, 각 송신자는 수신자의 클래스에 상관없이 그룹의 모든 참가자들이 요구하는 클래스에 따라 자료의 수신이 가능하도록 자료를 생성한다.

<표 11> 시뮬레이션 변수
(Table 4) Simulation parameter

그룹의 수	1
그룹의 크기	30
송신자의 수	1 - 10
QoS 클래스 크기	5
라우터에서의 처리 시간	0.001 & 0.01
동기화 코어에서의 처리 시간	0.01
자료 생성 주기	0.5 - 2.5
패킷의 크기	동일

실험 결과의 비교, 분석을 위하여 현재 사용되고 있는 멀티캐스팅 프로토콜 중 송신자별 전송 트리를 구성하는 DVMRP [5]와 공유 트리를 구성하는 CBT를 사용하였다. 또한, 동기화 코어의 수에 따른 실험 결과의 분석을 위해 하나 또는 4개의 동기화 코어를 사용하는 SCBT-1, SCBT-4 알고리즘으로 각각 구분하여 실험을 수행하였다.

실험을 통하여 비교, 분석할 성능 평가 요인을 정리하면 표 5와 같다. 서비스 성능을 위한 평가요인으로써 종단간 평균 지연시간을 고려하였으며, 트래픽의 특성을 위하여 송신자를 포함한 각 중간 노드에서의 트래픽 집중도를 고려하였고, 그룹 관리 비용을 위해 자원활용도와 라우팅 테이블 크기를 각각 고려하였다.

<표 12> 결과 분석 요인
(Table 5) Performance analysis factor

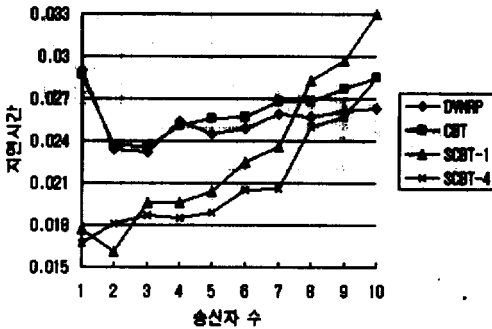
요인	정의
종단간 평균 지연시간	그룹의 송신자가 전송한 자료가 수신자에게 전달되기까지 발생하는 그룹 자료들에 대한 평균 지연시간
자원의 사용율	송신된 자료가 수신자에게 도달하기 까지 점유하는 평균 노드의 수
트래픽 집중도	송신자들과 중간 라우터들에서의 최소 트래픽에 대한 최대 트래픽 비율
라우팅 테이블의 크기	전체 그룹 참가자들에게 자료 전송시 필요한 그룹당 라우팅 테이블의 수

4.2 실험 결과 및 성능 분석

4.2.1. 종단간 지연시간

전송된 자료들에 대해 발생하는 양종단간의 평균 지연시간은 그림 4와 같이 나타났다. 실험을 통해 송신자의 수가 적을 경우에는 SCBT 알고리즘이 가장 적은 지연시간을 나타냈지만, 송신자의 수가 증가함에 따라 SCBT 알고리즘이 다른 알고리즘들에 비해 급격한 지연시간의 증가함을 알 수 있다. 이러한 현상은 송신자의 수가 적을 때는 동기화 코어에서의 트래픽 량이 비교적 적었기 때문에 다른 알고리즘에 비해 균형적인 트래픽 분산과 처리능력의 분산 효과를 가져올 수 있었지만, 송신자의 수가 증가함에 따라 동기화 코어에서의 처리시간 증가와 이로 인한 큐잉 지연시간이 크게 증가하였기 때문으로 분석된다. 이러한 현상은 단순히 네트

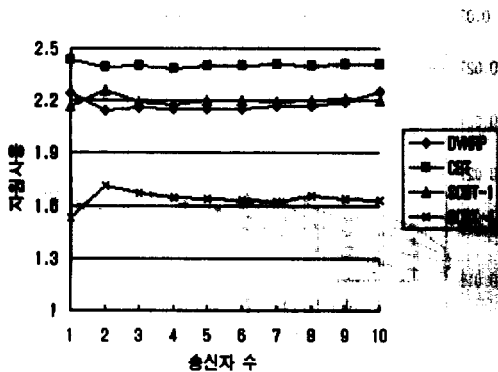
워크 계층에서 자료 전송에 필요한 시간에 비해 실시간 자료 처리에 소요되는 시간이 상대적으로 매우 크기 때문에 발생하는 것으로 분석된다. 특히, 이러한 현상은 동기화 코어가 하나인 SCBT-1 알고리즘에서 두드러지게 발생하고 있다.



(그림 26) 평균 전송 지연 시간
(Fig.4) Average Transmission Delay

4.2.2. 네트워크 자원 활용율

그림 5를 통해 자원 활용율을 비교해 보면 SCBT-4, DVMRP, SCBT-1, CBT 순으로 나타나고 있다. 실험 결과를 통해 볼 때, SCBT이 적은 네트워크 자원을 사용함을 알 수 있다. 이러한 결과는 DVMRP나 CBT의 경우, 그룹이 요구하는 QoS 클래스에 따라 그룹내에 여러개의 동일한 멀티캐스트 경로가 생성되기 때문으로 분석된다.

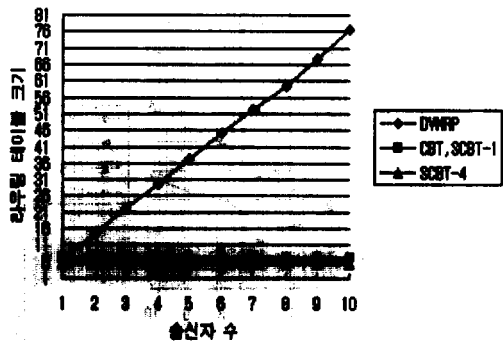


(그림 27) 네트워크 자원 사용률
(Fig.5) Network Resource Utilization

SCBT-1은 하나의 동기화코어에서 각 클래스 그룹에 대한 자료 처리와 분배가 이루어지기 때문에 자료 전송에 필요한 자원의 양이 동기화 코어에서 각 클래스 그룹 참가자들에게 도달하기 위해 필요한 자원의 양과 거의 비슷하다. 따라서, DVMRP와는 거의 비슷한 수준의 자원을 요구하게 된다. 또한, SCBT-4와 같이 다수개의 동기화 코어를 사용할 경우 여러개의 이질적 QoS 클래스 그룹에 대한 자료 전송시에도 공유된 하나의 전송 트리를 구성하여 전송할 수 있기 때문에 가장 적은 자원을 사용함과 동시에 자원의 효율적 사용이 가능함을 알 수 있다.

4.2.3. 라우팅 테이블 크기

각 라우팅 알고리즘에서 그룹 참가자들에게 자료를 전송하기 위해 필요한 평균 라우팅 테이블 크기를 비교해 보면, 그림 6에서 보는 바와 같이 SCBT-4, CBT, SCBT-1, DVMRP 순으로 나타난다.



(그림 28) 라우팅 테이블 크기 비교
(Fig.6) Routing Table Size Comparison

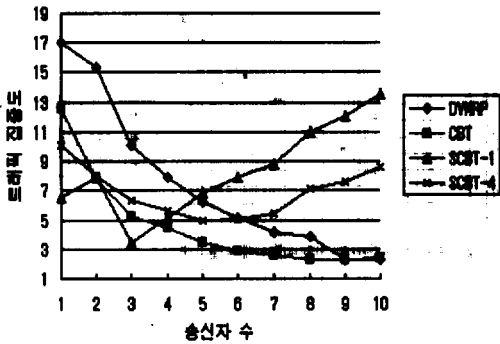
실험 결과, 그룹이 송신자별 트리를 구성하는 방법보다 공유 트리를 구성하는 것이 라우팅 테이블의 크기가 작을 것이다. 특히, SCBT 알고리즘의 경우, 다수의 클래스 그룹이 공유된 코어를 통해서 라우팅 테이블을 구성하기 때문에, 상대적으로 적은 라우팅 테이블을 사용함을 알 수 있다.

4.2.4. 트래픽 집중도

그림 7에서는 네트워크내에서의 트래픽 집중도를 나타내고 있다.

이와 같은 결과는 송신자의 수가 적은 경우, 즉 네트워크 내의 전체 트래픽 양이 적은 경우에는 DVMRP나 CBT 프로토콜은 송신자에서 모든 클래스 그룹에 해당하는 자료를 생성해야 하기 때문에 송신자쪽에 트래픽이 집중되지만, SCBT에서는 동기화 코어를 통해 모든 클래스 그룹에 자료 처리와 전송을 수행하므로 다른 알고리즘에 비해 균형적인 자료의 분산이 이루어진다는 것을 알 수 있었다.

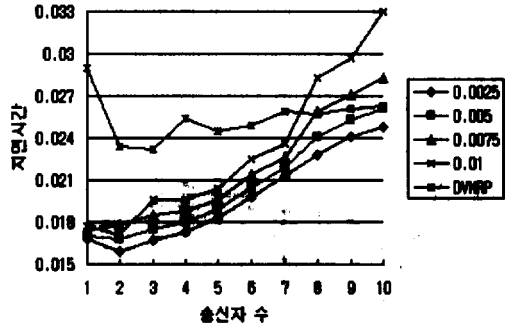
하지만, 송신자의 수의 증가로 네트워크 내의 전체 트래픽 양이 증가함에 따라, DVMRP나 CBT와 같이 송신자에 집중되었던 트래픽은 전체 네트워크로 확산되어 최소 트래픽 양에 대한 최대 트래픽 양이 감소하는 결과를 초래하였다. 그러나, SCBT의 경우에는 네트워크 내의 전체 트래픽 양이 증가함에 따라 전체 네트워크의 트래픽 보다는 동기화 코어에서의 트래픽이 크게 집중되므로 최소 트래픽 양에 대한 최대 트래픽 양의 비율이 크게 증가하게 된다는 것을 알 수 있었다.



(그림 29) 트래픽 집중도 비교
(Fig. 7) Comparison of the Traffic Concentration

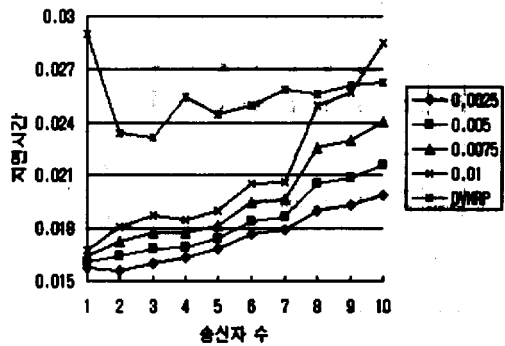
4.2.5. 동기화 코어에서의 처리속도에 따른 성능 분석
본 실험에서는 동기화 코어에서의 클래스 그룹에 대한 처리 시간과 전체 성능과의 비례 관계를 알아보기 위해, 동기화 코어의 처리 속도를 조절하면서 자료들에 대한 평균 지연시간을 측정하였다. 실험에 사용된 값들은 앞의 실험과 동일하다. 단, 동기화 코어에서의 클래스 자료들에 대한 처리 시간을 일반 라우터에서의 처리시간의 2.5배, 5배, 7.5배, 10배로 각각 변화시키면서 패킷의 평균 지연시간을 측정하였다. SCBT-1과 SCBT-4의 성능 평가 결과는 그림 8과 그림 9에 나타

내었다. 또한, 기존의 알고리즘 성능과의 상대적 비교를 위해, DVMRP의 성능 측정 결과도 함께 나타내었다.



(그림 30) SCBT-1의 평균 전송 지연시간
(Fig.8) Average Transmission Delay Comparison of the SCBT-1

그림 8과 그림 9를 통하여, 동기화 코어에서의 처리 시간이 단축될수록 지연시간에 대한 전체적인 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이것은 동기화 코어 특히, 실시간 자료 처리에 필요한 처리 시간과 작업량 집중으로 인한 지연시간이 SCBT 알고리즘의 서비스 성능에 매우 큰 영향을 미친다는 사실을 증명하고 있다. 하지만, 단 하나의 동기화코어를 갖는 SCBT-1의 경우에는 과도한 자료의 집중 때문에 처리 시간의 증대로 인한 커다란 성능 향상 효과를 기대할 수 없음을 알 수 있다.



(그림 31) SCBT-4의 평균 전송 지연시간
(Fig.9) Average Transmission Delay Comparison of the SCBT-4

5. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 서비스 참가자들이 네트워크 환경에 의해 또는 서비스 및 네트워크 환경 변화로 그룹 참가자들에게 다양한 형태의 QoS를 제공하고 실시간 자료 처리 기능을 수행할 수 있는 멀티캐스팅 모델에 대해 설명하였다. 동기화 코어를 기반으로 한 이 모델은 현재 인터넷 멀티캐스팅 프로토콜과 실시간 전송 프로토콜을 기반으로 구성되었기 때문에, 쉽게 인터넷에 적용 가능하다.

뿐만아니라, 실험을 통하여 제안된 멀티캐스팅 구조와 기존의 인터넷에서 제안되고 있는 멀티캐스팅 구조를 비교함으로써, 제안된 멀티캐스팅 구조의 성능분석을 수행하였다. 실험을 통하여 나타난 제안된 SCBT 멀티캐스팅 구조의 특징은 다음과 같다.

첫째, 기존의 멀티캐스팅 구조에 비해 적은 네트워크 자원을 사용한다. 제안된 구조에서는 그룹들의 이질적 QoS 클래스 그룹에 대한 개별적 처리 때문에 발생하는 불필요한 대역폭과 큰 라우팅 테이블에 대한 요구를 최소화함으로써 각 노드에서 자원을 효율적으로 사용할수 있도록 한다.

둘째, 그룹 참가자의 특성에 맞는 실시간 서비스가 가능하다. 실험을 통해, 동기화 코어를 기반으로 한 멀티캐스팅 구조가 다른 멀티캐스팅과 비교할 때, 상당히 좋은 성능을 보여주고 있다. 따라서, 본 멀티캐스팅 구조를 통해, 서비스 환경이 상이한 참가자들에게 차등 서비스를 제공하고 서비스 환경 변화에 따른 실시간 자료 처리가 가능하기 때문에, 응용 서비스는 그룹 참가자들의 개별적인 환경에 무관하게 각각의 특성에 맞는 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.

셋째, 동기화 코어에서의 작업량이 집중되므로 서비스 성능을 위해서는 동기화 코어의 처리속도가 매우 중요하다. 따라서, 서비스 성능을 위해서는 동기화 코어의 기능을 병렬처리 또는 하드웨어적인 방법으로 구현함으로써 처리 시간을 최소화하는 것이 중요하다. 또한, 특정 동기화 코어에서의 작업량 집중을 막고 균형적인 자료의 분산이 이루어지기 위해서는 다수의 동기화 코어를 갖는 계층적 동기화 코어 구조가 바람직하다.

참 고 문 헌

[1] S. Deering, "Host Extensions for IP

Multicasting," RFC1112, IETF, 1989.

[2] R. Braudes, S. Zabele, "Requirements for Multicast Protocols," RFC1458, IETF, 1993

[3] Tom Billhartz, J. Bibb Cain, Ellen Farrey-Goudreau, Doug Fieg, "Performance and Resource Cost Comparisons for the CBT and PIM Multicast Routing Protocols in DIS Environments," In Proceedings of the IEEE Infocom '96, 1996, pp 85-93

[4] Liming Wei, Deborah Estrin, "The Trade-offs of Multicast Trees and Algorithms," Internet Draft, IETF, March 1995

[5] T. Pusateri, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," Internet Draft, IETF, January 1997.

[6] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview," Internet Documents, RFC 1633, Jun. 1994.

[7] S. Deering, D. Estrin, D. Farinacci, V. Jacobson, C. Liu, L. Wei, "Protocol Independent Multicast (PIM) : Motivation and Architecture," Internet January 1995.

[8] D. Estrin, D. Farinacci, V. Liu, L. Wei, P. Sharma, "Protocol Independent Multicast Sparse Mode (PIM-SM) : Protocol Internet Draft, IETF, January, 1996.

[9] S. Deering, D. Estrin, D. Farinacci, M. Handley, R. Helmy, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, D. Thaler, L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM) : Protocol Specification," Internet Draft, IETF, Jun 1996.

[10] A. J. Ballardie, "Core Based Trees (CBT) Multicast Architecture," Internet Draft, IETF, February 1996.

[11] A. J. Ballardie, S. Reeve, N. Jain, "Core Based Trees (CBT) Multicast - Protocol Specification," Internet Draft, IETF, April 1996.

- [12] R. Braden, L. Zhang, D. Estrin, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification," Internet Draft, IETF, July 1995.
- [13] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC1889, IETF, January 1996.
- [14] D. Hoffman, G. Fernando, S. Kleiman, V. Goyal, "RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video," Internet Draft, IETF, June 1996.
- [15] H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control," RFC1890, IETF, January 1996.
- [16] H. Schulzrinne, "Issues in Designing a Transport Protocol for Audio and Video Conferences and other Multiparticipant Real-Time Applications," Internet Draft, IETF, October 1993.

이 광 일

1993년 충남대학교 졸업(이학사)
 1996년 충남대학교 대학원 졸업
 (이학석사)
 1997년~현재 충남대학교 대학원
 박사과정 재학
 관심분야 : 인터넷 프로토콜, 멀티캐스팅, 이동 컴퓨팅, QoS 라우팅

조 평 등

1980년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1980년 한국전자통신연구소 입소
 1995년 충남대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학석사)
 1992~1994년 지능망 서비스 시스템 개발
 1995~1997년 대용량 통신처리 시스템 개발
 1998~현재 책임 연구원, 무선통신표준연구실 근무
 "전기통신 기술기준에 관한 연구" 수행
 관심분야 : 전기통신 기술기준, 통신처리시스템, 지능망, Network architecture design, 통신프로토콜

김 경 일

1997년 충남대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학사)
 1997년~현재 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과(석사과정)
 관심분야 : 이동 컴퓨팅, 라우팅 프로토콜

김 상 하

1980년 서울대학교 화학과(학사)
 1984년 미국 U. of Houston 화학과(석사)
 1989년 미국 U. of Houston 전산학과(박사)
 1990년~1992년 한국과학기술원 /SERI 선임연구원

1992년~현재 충남대학교 컴퓨터과학과 부교수
 관심분야 : 컴퓨터네트워크, 이동컴퓨팅, 분산컴퓨팅