

## 멀티캐스트 수송계층 프로토콜

고려대학교 박혜근·황의석·이형우\*·조충호\*\*

### 1. 개 요

최근 인터넷 상에서 멀티캐스트가 가능해짐에 따라, 다자간의 데이터 전송과 회의를 할 수 있는 그룹 통신 어플리케이션들의 개발이 촉진되었다. 이 어플리케이션들을 제공하기 위해서 많은 멀티캐스트 수송계층 프로토콜들이 제안되고, 구현되었다.

그룹 통신 어플리케이션들은 일대일 통신 어플리케이션에 비해 보다 많은 요구 사항들을 가진다. 따라서, 기존의 TCP 같은 방법만으로는 어려워졌다. 한가지의 일반적인 프로토콜로는 모든 종류의 멀티캐스트 어플리케이션들의 요구 사항들을 동시에 효율적으로 만족해 주기 어렵다[1]. 따라서 지연에 민감하지만 어느 정도의 데이터 손실을 허용하는 실시간 서비스를 지원해 주기 위한 프로토콜[2, 3, 4, 5, 6, 7], 반대로 지연에는 민감하지 않지만 손실이 발생되면 안되는 데이터 분산 서비스들을 위한 프로토콜[8, 9, 10, 11, 12, 13] 그리고 데이터 손실과 시간 지연 모두를 고려해 개발된 멀티캐스트 수송계층 프로토콜[14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]들로 발전되어 왔다. 특히 IETF와 IRTF(Internet Engineering Task Force & Research Task Force)에서는 멀티캐스트 수송계층 프로토콜 연구, 개발, 표준화, 전개, 기술이전 활동을 통합하는데 중점을 두고 활동을 하고 있다.

본 고에서는 지금까지 발표된 멀티캐스트 전송 프로토콜들을 분류하기 위한 기준(Com-

parison Criteria)을 살펴보고, 이러한 분류기준에 따라 이미 제안된 프로토콜을 분류하고 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜 설계를 위한 문제와 최근의 연구 주제들을 살펴 보도록 한다[21].

### 2. 비교 기준

일반적으로 멀티캐스트 전송 프로토콜들은 멀티미디어 응용 서비스-실시간 응용 서비스, 데이터 서비스, 범용서비스들을 지원하도록 설계되어야 한다. 본 장에서는 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서 신뢰성 있는 멀티캐스팅 프로토콜의 설계시 고려해야 할 사항들을 정리하였다.

#### 2.1 데이터 전송(data propagation)

참여하고 있는 사이트들간에 데이터를 전송하는데 사용되는 메커니즘으로 대부분의 프로토콜에서는 데이터 전송 메커니즘으로 IP 멀티캐스트를 이용하며 IP 멀티캐스트가 지원되지 않을 때에는 점대점 전송(unicast)을 사용한다. 단 예외적으로 몇몇 프로토콜[14, 18]에서는 broadcast를 사용한다.

#### 2.2 신뢰성 보장을 위한 방법(Reliability Mechanism)

TCP와 같은 전통적인 신뢰성 있는 점대점 전송 프로토콜은 패킷 손실을 복구하기 위하여 ACK를 이용한다. 신뢰성을 보장하기 위한 이러한 방법은 패킷 손실 검출에 대한 책임이 송신자에게 있기 때문에 송신자주도(sender-init-

\*정회원

\*\*중신회원

tiated) 방식이라 한다. 멀티캐스트 환경에서 그룹의 크기가 증가함에 따라 송신자주도 방식에서의 송신자는 그룹의 모든 수신자로부터 한꺼번에 수많은 수신성공을 알리는 ACK 패킷을 받게 되는 ACK 폭증(implosion)이 생기게 된다. 이때 수신자의 수가 늘어남에 따라서 송신자의 처리부담이 늘어나게 된다. 신뢰성 보장을 위한 수신자주도(receiver-initiated) 방식에서는 수신자가 패킷 손실을 검출하고 NACK를 생성함으로써 재전송을 요구한다. 패킷 손실 복구에 대한 책임을 수신자에게 둬으로써 ACK 폭증문제를 완화시킨다. [22]에서 제안된 성능 비교 연구에서는 수신자주도 멀티캐스트 수송 프로토콜이 송신자주도 멀티캐스트 수송 프로토콜보다 성능이 좋음을 보여주었다. 대부분의 신뢰성 있는 멀티캐스트 전송 프로토콜들은 수신자주도 방식이거나 또는 이 두 가지 혼합(hybrid) 방식이다.

### 2.3 정정 요청과 재전송(Repair Request and Retransmission)

신뢰성 있는 전송 프로토콜은 전송데이터에 오류가 나타났을 때, 정정 요청과 데이터의 재전송을 어떻게 하는가에 따라서 구분된다. 즉 각각을 점대점(unicast) 또는 전체 그룹(multicast)으로 분류할 수 있다.

### 2.4 피드백 제어(Feedback Control)

수신 측에서 발생하는 제어정보의 양을 프로토콜이 어떻게 조절하는가? 수신자 기반의 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜은 피드백 폭증(feedback implosion)을 야기할 수 있다. 특히 NACK 기반 메커니즘을 사용하는 프로토콜의 경우 많은 그룹들이 연결되어 있는 멀티캐스트 트리(tree)의 상위레벨에서 손실이 생겼을 때 피드백 폭증이 발생한다. 피드백 폭증을 피하기 위해 멀티캐스트 프로토콜은 피드백 제어메커니즘을 제공하여 멀티캐스트 그룹에 의해 생성되어지는 피드백의 양을 제한할 수 있다.

### 2.5 흐름과 혼잡제어(Flow and Congestion Control)

트래픽이 범람하고 망이 혼잡하게 되는 것을

방지하는데 사용되는 메커니즘으로 윈도우 기반(window-based) 제어방식과 전송률 기반(rate-based) 제어방식이 있다. 지금까지 몇몇 프로토콜은 어떤 명백한 형태의 흐름/혼잡 제어 메커니즘을 구현하지 않았다. 이는 재전송을 위한 정정 요구가 지연되어 데이터의 흐름을 느리게 함으로써, 망의 혼잡을 어느 정도 줄일 수 있기 때문이다.

### 2.6 제어의 위치(Locus of Control)

메시지 정렬, 그룹 멤버쉽, 재전송 같은 기능들을 제어하기 위해 프로토콜이 중앙 사이트를 사용하는 중앙제어방식을 사용할 것인지 분산 제어를 할 것인지를 구분한다.

### 2.7 정렬(Ordering)

정렬은 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜의 요구조건은 아니지만, 대부분의 프로토콜이 정렬이 중요한(order-critical) 응용(예: 파일 전송등)에 사용되므로 정렬의 제공 여부 정도를 알아볼 필요가 있다.

### 2.8 그룹 관리(Group Management)

프로토콜이 멀티캐스트 그룹을 관리하는 방법을 말한다. 멤버쉽 식별자로서 그룹 참여자가 서로 다른 참여자의 존재를 수송계층 제어 관점에서 알 수 있는지 없는지에 따라서 명시적(explicit) 방식과 암시적(implicit) 방식으로 나눌 수 있다. 암시적 방식은 멤버쉽에 대한 관리가 전혀 없고 해당 그룹에 관심 있는 자는 누구나 참여할 수 있다. 명시적 방식은 사전에 등록된 사용자만이 그룹에 참여할 수 있도록 한다.

### 2.9 목표 어플리케이션(Target application)

어떤 어플리케이션을 지원하기 위해 구현되었는가에 따라 멀티캐스트 수송프로토콜을 구분한다.

대부분의 멀티캐스트 수송계층 프로토콜들은 기본적인 설계목표로 확장성을 중요시 한다. 그룹의 크기를 확장할 수 있는 멀티캐스트 전송프로토콜을 설계하기 위해서는, 위에서 나열한 몇몇 기능들을 조심스럽게 설계해야 한다.

특히, 확장성을 위하여 사용자 수가 늘어남에 따른 병목현상을 피하기 위한 분산제어가 바람직하다.

### 3. 멀티캐스트 수송계층 프로토콜의 분류

본 장에서는 지금까지 발표된 멀티캐스트 수송 프로토콜을 다용도, 다자간 대화형, 데이터 어플리케이션으로 분류하여 특징들을 살펴보고 프로토콜 설계 결정에 따르는 적합성을 살펴볼 것이다(표 1 참조).

### 3.1 신뢰성 보장방법

RTP를 제외하고 살펴본 모든 프로토콜은 신뢰성 있는 전송을 제안하고 있다. RBP, RMP, LBRM, TMTP, MFTP는 ACK와 NACK를 모두 이용하여 신뢰성을 보장하고 있으며, 나머지 프로토콜은 NACK만을 이용하고 있다. 송신 측에서의 피드백 폭증을 피하기 위하여 이러한 프로토콜들은 송신 측으로부터 보내진 모든 메시지에 대한 수신확인과 재전송 요청에 대한 책임을 지고 있는 특정 위치(site)를 선정한다. 그룹의 나머지 수신자들은 잃어

표 1 멀티캐스트 수송 프로토콜의 분류

구분	프로토콜	신뢰성 보장방법	정점요청	재전송	피드백 제어	흐름 제어	세이 위치	정렬	그룹 관리
다용도 프로토콜	RBP[14]	ACK-NACK	U-cast	U-cast	--	-	Centralized	Total	Explicit
	MTP[15]	NACK	U-cast	M-cast	-	Rate	Centralized	Total	Explicit
	RMP[16]	ACK-NACK	M-cast	U-cast	-	Window	Centralized	Total	Explicit
	XTP[17]	ACK-NACK	U-cast	U-/M-cast	-	Rate/Window	Centralized	-	Explicit
	URGC[18]	NACK	U-cast	U-cast	-	-	Centralized	Total	Explicit
	RMF[19]	ACK-NACK	U-/M-cast	U-/M-cast	polling/Time-based	-	Centralized	Total	Explicit
다중점 대화형 응용을 위한 프로토콜	MTP-2[2]	NACK	U-cast	M-cast	--	Rate	Centralized	Total	Explicit
	RTP[3]	NACK-small group size only	-	-	Probabilistic polling	Rate	Distributed	-	-
	SRM[4]	NACK	M-cast	M-cast	Timer-based	-	Distributed	-	Explicit
	LBRM[5]	ACK-NACK	U-cast	U-/M-cast	Structure-based	-	Centralized	-	Implicit
	RAMP[6]	NACK	U-cast	U-or-M-cast	-	Rate	Distributed	Yes	Explicit
	TRM[7]	NACK	M-cast	M-cast	Timer-based	Window	Distributed	Yes	Implicit
데이터 서비스 프로토콜	Muse[8]	NACK	U-cast	U-cast	-	-	Distributed	-	Implicit
	MDP[9]	NACK	M-cast	M-cast	Timer-based	Rate	Distributed	Yes	Implicit
	AFDP[10]	NACK	U-cast	M-cast	-	Rate	Centralized	Yes	Explicit
	TMTP[11]	ACK-NACK	U-cast	M-cast(limited)	Structure-based	Window	Distributed	-	Implicit
	RMTP[12]	NACK	U-cast	U-/M-cast	Structure-based	Window	Distributed	-	Implicit
MFTP[13]	ACK-NACK	U-/M-cast	M-cast	Timer-based	Window	Distributed	-	Explicit	

- RBP:Reliable Broadcast Protocol
- MTP:Multicast Transport Protocol
- RMP:Reliable Multicast Protocol
- XTP:Xpress Transport Protocol
- URG:Uniform Reliable Group Communication Protocol
- RMF:Reliable Multicast Frameworks
- MTP-2:Multicast Transport Protocol-2
- RTP:Real-Time Transport Protocol

- SRM:Scalable Reliable Multicast
- LBRM:Log-Based Receiver-Reliable Multicast
- TRM:Transport Protocol for Reliable Multicast
- MDP:Multicast Dissemination Protocol
- AFDP:Adaptive File Distribution Protocol
- TMTP:Tree-Based Multicast Transport Protocol
- RMTP:Reliable Multicast Transport Protocol
- MFTP:Multicast File Transfer Protocol

버린 메시지에 대한 재전송 요청을 위하여 NACK를 이용한다.

RTP는 신뢰성 있는 전송을 보장하지 않는다. 대신에 수신자로부터의 피드백에 기초하여 송신자 송신률(rate)을 조절함으로써 손실을 피하도록 한다. 그러나 수신자의 수가 미리 정해진 임계치(threshold)보다 작을 경우의 피드백 제어 메커니즘은 수신자가 패킷 손실을 검출하였을 때 NACK를 이용할 수 있도록 한다.

멀티캐스트 전송에서 신뢰성을 다루기 위하여 FEC(forward error correction)을 이용한 방법의 연구들이 최근에 나오고 있다. 데이터의 손실을 예측하고 추가 데이터를 전송하는 것이다. 이를 사용하여 수신자는 어느 정도의 패킷 손실에 대해서는 원래의 데이터를 재구성할 수 있다.

송수신자 양쪽의 프로세싱에 과부하(overhead) 측면과 추가 데이터의 전송측면 그리고 재전송 요청 없이 손실로부터 복구할 수 있는 능력과 손실된 패킷의 재전송 사이에는 trade-off가 있다. 두 논문[23, 24]에서는 FEC-based 에러 복구 메커니즘에 대한 성능을 측정하였다.

### 3.2 정정 요청과 재전송

MTP, AFDP와 같은 프로토콜에서는 수신자는 송신자에게 NACK를 unicast하여 손실된 패킷에 대한 재전송 요청을 한다. 이에 대하여 송신자는 다른 수신자도 같은 패킷을 손실할 수 있다는 가정 하에 전체 그룹에 멀티캐스트로 전송한다. SRM과 같은 프로토콜은 NACK의 전송도 멀티캐스트로 한다. 이는 같은 패킷을 잃어버린 다른 수신자가 NACK를 생성하는 빈도를 줄이기 위함이다.

LBRM, SRM, TMTP와 같은 프로토콜은 지역 복구의 개념을 제안하였다. 패킷 손실에 대한 복구를 꼭 송신자에 요청할 필요 없이 복구할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. LBRM에서 logging 서버는 이것이 담당하고 있는 수신자들의 오류복구를 위한 패킷 재전송에 대한 책임을 지고 있다. SRM, TMTP는 멀티캐스트 재전송 범위에 한계를 두기 위하여 제한된 멀티캐스트를 이용할 수 있다.

### 3.3 피드백 제어

수신자 기반의 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜은 피드백 폭증을 야기할 수 있다. 특히 [25]에서는 피드백 폭증 문제를 해결할 수 있는 방법으로 구조기반(structure-based)와 시간기반(timer-based) 두 가지 방안으로 분류하였다. TMTP, RMTP 프로토콜은 그룹에 의해 생성되어지는 피드백의 양을 조절(filter)하기 위해 멀티캐스트 그룹 구성원들을 몇 개의 그룹으로 편성하여 각 조의 dedicated server 또는 designated site에서 피드백 정보의 처리를 담당하게 하고 있다.

시간기반 해결방안은 소스(source)에서의 폭증을 피하기 위한 확률적 피드백 감소 메커니즘(probabilistic feedback suppression)에 의존한다. SRM 프로토콜에서 수신자는 임의의 시간동안 재전송 요청을 위한 NACK 전송을 연기한다. 연기되는 시간은 현재 시간과 소스로서의 단방향 지연(one-way trip) 시간 사이에 균일하게 분포되어 진다. 이것은 소스에 가까운 그룹 구성원이 보다 빨리 피드백을 보내도록 하여 멀리 떨어진 그룹 구성원은 피드백을 보내지 않도록 하는 것이다. 한 위치(site)는 다른 그룹 구성원들과의 거리를 측정하기 위하여 정기적인 세션(session) 메시지를 이용한다.

IVS 화상회의, RTP에서 이용되어지는 피드백 제어 메커니즘은 구조기반 또는 시간기반 범주에 속하지 않는다. 이 방법에서는 비디오 소스가 피드백을 보낼 수 있는 수신자들의 집합을 probabilistic polling을 이용하여 선택하고, 선택된 수신자들이 수신상태정보를 소스에 보낸다.

### 3.4 흐름 및 혼잡 제어

흐름 및 혼잡 제어를 위해서, MTP, RMP는 TCP처럼 윈도우 기반(window-based) 흐름 제어 메커니즘을 이용하며 RTP, AFDP, RAMP는 데이터 전송률을 기반(rate-based)으로 하여 흐름을 제어한다. 멀티캐스트 프로토콜에 대한 흐름, 혼잡 제어는 어려운 문제이며 현재 연구되어 지고 있는 분야 중의 하나이

다. 혼잡 제어 메커니즘은 신뢰성 있는 멀티캐스트 전송 프로토콜이 인터넷에 전개되어질 수 있도록 하는데 있어서 중요한 사항이기 때문에 IRTF Reliable Multicast WG(Working Group)의 급선무중의 하나로 여겨져 왔으나 현존하는 멀티캐스트 전송 프로토콜 중 오직 몇 개만이 명백한 혼잡 제어를 구현하고 있다.

수신자기반 계층적 멀티캐스트(Receiver-driven layered multicast)[26]는 혼잡 제어 문제를 데이터 손실에 민감하지 않은 비디오 스트림 멀티캐스트 전송의 관계에서 다루고 있다. 스트림은 몇 개의 계층으로 분해되어지고 이들 계층들을 합치면 보다 나은 품질의 비디오가 될 수 있도록 인코딩(encoding)이 이루어진다. 스트림중 가장 낮은 계층은 가장 낮은 품질의 적은 대역폭(low-bandwidth)의 비디오를 제공한다. 각각의 연속적인 계층은 더 낮은 계층과 결합되어 질 때 보다 나은 품질의 이미지정보를 제공하도록 설계되어졌다. 대역폭이 더 풍부할 때 수신자는 더 많은 계층들을 받을 수 있다. 수신자 측에서 혼잡을 파악했을 때 수신자는 높은 대역폭(higher-bandwidth) 그룹에 가입하지 않음으로써 망의 혼잡을 피하도록 한다. 또한 주기적으로 혼잡을 경험하지 않은 수신자는 이용 가능한 네트워크 대역폭을 이용하기 위하여 높은 대역폭 그룹에 가입하여 수신 이미지의 질을 높인다.

[27]에서 제안된 벌크 데이터(bulk-data) 전송을 위한 혼잡 제어 메커니즘은 데이터를 다중의 누적 중복 계층(multiple cumulative redundant layers)에 나누어 보내기 위해 FEC 기술을 이용한다. 각 계층은 다른 멀티캐스트 주소로 보내지며 수신자들은 적당한 멀티캐스트 그룹에 가입/탈퇴함으로써 수신율을 선택할 수 있다. 수신자는 더 많은 계층에 가입할수록 더욱더 빠르게 그리고 정확하게 데이터를 수신할 수 있다.

### 3.5 제어 위치

살펴본 프로토콜 중 몇 개는 특정한 제어 기능을 중앙 위치(site)에 할당한다. RBP, RMP는 소스에서 ACK 폭증을 피하고 전체그룹에 메시지 정렬을 제공하기 위해 중앙 위치를 이

용한다. MTP는 NACK-only 프로토콜이기 때문에 메시지 정렬을 제어하고 그룹 구성원을 관리하기 위해 중앙 위치를 이용한다. AFDP의 비서 위치(secretary site)는 그룹 구성원을 관리와 전송중인 송신자의 수를 제어한다. LBRM의 경우에 있어서 logging 서버는 소스로부터 전송되어진 모든 패킷을 기록하였다가 잃어버린 패킷을 재전송 한다.

### 3.6 정렬

RBP, MTP, RMP, URG와 같은 메시지 지향 프로토콜들은 중앙 site로 하여금 전체 메시지 순서 번호(sequence number)를 할당하게 하여 전체적으로 정렬된 전송을 보장한다.

AFDP 송신자는 패킷 스트림에 생성되어진 파일에 해당하는 단조 증가(monotonically increasing)하는 순서 번호를 할당하여, 수신자가 수신된 패킷을 정렬하고 패킷 손실을 파악하기 위하여 순서 번호를 이용하도록 한다. XTP, MDP, RAMP, TRM 또한 데이터 전송 순서를 위하여 순서 번호를 이용한다.

### 3.7 그룹 관리

몇몇 멀티캐스트 프로토콜은 그룹 구성원에 대한 정보를 요구하지 않는다. 소스는 단지 데이터 수신을 위해 멀티캐스트 그룹에 가입한 수신자들에게 데이터를 전송한다. 이러한 방법은 IP멀티캐스트가 그룹 구성원을 관리하는 방법에 대응하는 것으로 명백한 그룹 관리보다 좋은 확장성을 갖고있다. RTP와 같은 프로토콜들은 그룹 구성원에 대한 관리를 직접 제공하고 있지 않고, 응용계층에서 이루어지도록 한다.

다른 프로토콜들은 그룹 구성원에 대한 전체적인 제어를 요구한다. 이러한 경우에 구성원은 세션동안 그룹멤버쉽의 변동을 허락하지 않거나, 그룹멤버쉽 프로토콜을 이용하여 그룹으로의 참여 및 탈퇴를 관리하고 있다. 후자 접근방법의 한가지 변화로서 그룹으로의 가입은 확실히 관리하는 반면 탈퇴는 임의로 할 수 있는 방법도 있다. StarBurst의 MFTP는 이러한 명시적(explicit) 그룹 관리 방식을 구현하고 있다.

#### 4. 결 론

본고는 지금까지 발전되어온 멀티캐스트 전송 프로토콜 분야에 대해 살펴보았다. 사용중인 몇 개의 멀티캐스트 프로토콜을 다시 한번 살펴보았고, 멀티캐스트 프로토콜 설계 관점에서 분류하였다. 이 분류는 신뢰성 보장방법, 오류 정정 방법, 재전송 방법, 피드백제어, 흐름 제어, 제어위치, 정렬, 그룹관리 등을 고려하였다. 본고에서 제안된 분류기법 관점에서 프로토콜의 설계상의 문제점에 대해 설명하였고 이를 위한 최근의 연구주제도 살펴보았다.

새로 나타나는 응용들 때문에 인터넷에 신뢰성 있는 멀티캐스트 전송이 실현되기 위해서는 아직도 풀어야 할 문제가 많다. 그래서 IETF와 IRTF는 더 좋은 멀티캐스트 전송 프로토콜 연구, 발전, 표준화 등에 깊이 관계해왔다. 일대다 또는 다대다 전송 모델 때문에 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜은 기간 망의 성능에 많은 부담을 줄 수 있다. 이는 멀티캐스트 응용이 제어 트래픽뿐만 아니라 네트워크에 혼잡을 야기 시키고 결과적으로 붕괴를 초래할 수 있는 많은 양의 데이터를 생성할 수 있기 때문이다. 이런 부정적인 영향은 멀티캐스트 그룹의 크기가 성장함에 따라 더 심해지게 된 것이다. 그러므로 효과적인 혼잡 제어 메커니즘은 신뢰성 있는 멀티캐스트 연구단체의 협의사항에 우선적으로 고려해야 할 일 중에 하나이다. 또한 보안 기법과 오류 회복 기법도 중요한 연구 주제가 될 수 있을 것이다.

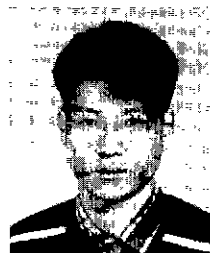
#### 참고문헌

- [1] D.Clark and D. Tennenhouse, "Architectural considerations for a new generation of protocols," *Proc. Conf. Commun. Architectures, Protocols, and Appls., ACM SIGCOMM '90*, Sept. 1990.
- [2] C. Bormann et al., "MTP-2: Towards Achieving the S.E.R.O. Properties for Multicast Transport," *Proc. Int'l. Conf. Comp. Commun. And Networks '94*, Sept. 1994.
- [3] H. Schulzrinne et al., "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," Internet RFC 1889, Jan. 1996.
- [4] S. Floyd et al., "A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing," *ACM SIGCOMM '95*, pp. 342-356, Oct. 1995.
- [5] H.W. Holbrook, S.K.Singhal, and D.R. Cheriton, "Log-based Receiver-Reliable Multicast for Distributed Interactive Simulation," *ACM SIGCOMM '95*, pp. 328-341, Oct. 1995.
- [6] A. Koifman and S. Zabele, "RAMP: A Reliable Adaptive Multicast Protocol," *Proc. INFOCOM '96*, San Francisco, CA, pp. 1442-1451, Mar. 1996, ..
- [7] B.Sabata, M. J. Brown, and B. A. Denny, "Transport Protocol for Reliable Multicast: TRM," *Proc. IASTED Int'l. Conf. Networks*, pp. 1442-1451, Jan. 1996.
- [8] K. Lidl, J. Osborne, and J. Malcolm, "Drinking from the Firehose: Multicast USENET News," *Proc. USENIX '94*, 1994.
- [9] J. Macker and W. Dang, "The Multicast Dissemination Protocol(MDP) framework," Internet draft, IETF, draft-macker-mdp-framework-00.txt, Nov. 1996.
- [10] J. R. Cooperstock and S. Kotsopoulos, "Why Use a Fishing Line When You Have a Net? An Adaptive Multicast Data Distribution Protocol," *Proc. USENIX '96*, 1996.
- [11] R. Yavatkar, J. Griffioen, and M. Sudan, "A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications," *Proc. ACM Multimedia '95*, 1995.
- [12] J. C. Lin, John and S. Paul, "Rmtp: A Reliable Multicast Transport Protocol," *proc. INFOCOM '96*, pp. 1414-1424,

- Mar, 1996.
- [13] K. Miller *et al.*, "StarBurst Multicast File Transfer Protocol(MFTP) Specification," Internet Draft, IETF, draft-miller-mftp-spec-02.txt, Jan. 1997.
- [14] J. M. Chang and N. F. Maxemchuk, "Reliable Broadcast Protocols," *ACM Trans. Comp. Sys.*, vol. 2, no. 3, pp. 251-73, Aug. 1984.
- [15] S. Armstrong, A. Freier, and K. Marzullo, "Multicast Transport Protocol," Internet RFC 1301, Feb. 1992.
- [16] B. Whetten, T. Montgomery, and S. Kaplan, "A High Performance Totally Ordered Multicast Protocol," *Theory and Practice in Distributed System*, Springer Verlag, LCNS 938.
- [17] T. Strayer, Xtp Web page, <http://www.ca.sandia.gov/xtp/xtp.html>.
- [18] R. Aiello, E. Pagani, and G. P. Rossi, "Design of a Reliable Multicast Protocol," *Proc. INFOCOM '93*, pp. 75-81, Mar. 1993.
- [19] B. DeCleene *et al.*, "Reliable Multicast Framework(RMF)," white paper, Mar. 1997.
- [20] X. R. Xu *et al.*, "Resilient Multicast Support for Continuous-Media Applications," *Proc. NOSSDAV '97*, 1997.
- [21] K. Obraczka, "Multicast Transport Protocols : A Survey and Taxonomy," *IEEE Commun. Magazine*, pp. 94-102, Jan. 1998.
- [22] S. Pingali, D. Towsley, and J. F. Kurose, "A Comparison of Sender-Initiated and Receiver-Initiated Reliable Multicast Protocol," *Proc. 1994 ACM SIGMETRICS Conf.*, May 1994.
- [23] L. Rizzo and L. Vicisano, "A Reliable Multicast Data Distribution Protocol Based on Software FEC Techniques," *Proc. High Perf. Commun. Sys. '97*, June 1997.
- [24] J. Nonnenmacher, E. Biersack, and D. Towsley, "Party-Based Loss Recovery for Reliable Multicast Transmissions," *Proc. ACM SIGCOMM '97*, pp. 289-300, Sept. 1997.
- [25] M. Grossglauser, "Optimal Deterministic Timeouts for Reliable Scalable Multicast," *Proc. INFOCOM '96*, San Francisco, CA, pp. 1425-1432, Mar. 1996.
- [26] S. McCanne and V. Jacobson, "Receiver-driven layered multicast," *ACM SIGCOMM '96*, pp. 117-130, Aug. 1996.
- [27] L. Vicisano and J. Crowcroft, "One to Many Reliable Bulk-Data Transfer in the Mbone," June 1997.

---

#### 박혜근



1992 고려대학교 자연과학대학  
의용전자공학과(학사)  
1998~현재 고려대학교 대학원  
전자 및 정보공학부  
석사과정  
관심분야: 이동통신시스템, 무선  
멀티미디어 시스템, 통  
신망 분석  
E-mail: hkpark@hard.korea.  
ac.kr

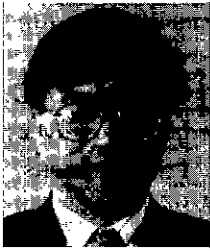
#### 황의석



1991 고려대학교 자연과학대학  
전산학과(학사)  
1998~현재 고려대학교 대학원  
전산학과 석사과정  
관심분야: 무선통신시스템, 멀티  
미디어시스템, 멀티캐  
스트, mobile IP  
E-mail: ushwang@tigerking.  
korea.ac.kr

---

이 형 우



1979 University of British Columbia, Electrical Engineering(학사)  
 1983 University of Waterloo, Electrical Engineering(박사)  
 1983~1988 University of British Columbia, Electrical Engineering 조교수  
 1988~1991 Carleton University, systems and

Computer Engineering 조교수  
 1992~1995 University of Waterloo, Electrical and Computer Engineering 조교수  
 1995~현재 고려대학교 전자 및 전자기공학부 교수  
 관심분야: 통신망 설계 및 성능분석, ATM 트래픽 제어, MAC 프로토콜, 이동망에서의 핸드오프의 위치관리, AON  
 E-mail:hwlee@tiger.korea.ac.kr

조 종 호



1981 고려대학교 공과대학 산업 공학과(학사)  
 1983 고려대학교 공과대학 산업 공학과(석사)  
 1986 프랑스 Institute National des Sciences Appliquées de Lyon 전산학과(석사)  
 1989 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)  
 1990~1994 순천향대학교 전산 통계학과 조교수  
 1994~현재 고려대학교 전산학

과 부교수  
 관심분야: 통신망 트래픽관리기술, 무선통신 시스템, 멀티미디어통신, 인터넷 비즈니스  
 E-mail:chcho@tiger.korea.ac.kr

● 제26회 임시총회 및 춘계학술발표회 ●

- 일 자 : 1999년 4월 23일(금)~24일(토)
- 장 소 : 목포대학교
- 문 의 처 : 한국정보과학회 사무국  
 Tel. 02-588-9246, Fax. 02-521-1352  
 http://kiss.or.kr  
 E-mail : kiss@kiss.or.kr