

# BcN 환경에서 효과적인 멀티캐스트 서비스를 위한 연결 수락 제어 방안

조성균<sup>+</sup> · 최성곤<sup>\*\*</sup> · 최준균<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 방송, 통신, 인터넷이 통합되는 BcN 환경에서 멀티캐스트(Multicast) 서비스를 지원하기 위한 네트워크의 분기점(Rendezvous Point)에서 시스템 모델을 살펴본다. 서비스에 따른 다중의 큐와 단일 서버로 이루어진 버퍼를 기하 분포의 배치 확률을 가지는 입력이 들어올 때, 단일 큐와 단일 서버로 모델링하여 입력률  $\lambda$ 에 따른 버퍼의 크기를 보이고, 서비스 제공자와 네트워크 운영자 사이의 관계를 알아본다. 이 때 두 관점의 이익이 같아 지는 최적의 입력률  $\lambda_{opt}$ 를 기준으로 새로운 서비스 요청에 대하여 이익을 기반으로 하는 호 수락 제어를 할 수 있는 범위를 제시한다.

키워드 : 멀티캐스트, 연결수락제어

## Admission Control Method for Efficient Multicast Service in BcN Environment

Seng Kyoun Jo<sup>+</sup> · Seong Gon Choi<sup>\*\*</sup> · Jun Kyun Choi<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

We focus on the RP (Rendezvous Point) system model in the multicast network based on BcN (Broadband Convergence Network) integrating broadcasting, telecommunication and Internet with one. Based on the condition multiple queues with different service and single server, when the arrivals come in group with the size of the group geometrically distributed, we define the relationship between incoming arrival rate and corresponding buffer size.

We also investigate the profit according to both Service Provider and Network Operator. Then we make a decision whether a new service request is accepted or not based on given incoming rate range.

Key Words : Multicast, CAC

### 1. 서 론

BcN은 방송·통신·인터넷이 융합된 품질보장형 광대역 멀티미디어 서비스를 언제 어디서나 끊김없이 안전하게 광대역을 이용할 수 있는 차세대 통합 네트워크를 말한다. 즉 유무선의 다양한 접속환경에서 고품질의 음성, 데이터 및 방송이 융합된 광대역 멀티미디어 서비스이다 [1]. 이러한 변화는 유무선 초고속 인터넷 망의 확산과 디지털화된 방송 프로그램 제작 환경의 변화 등으로 인해 더욱 가속화 되고 있는 실정이다.

BcN에서의 대표적인 서비스, 예를 들어 주문형 비디오/오

디오나 화상 회의 서비스는 전송되어야 할 데이터의 양과 특정한 다수의 수신 그룹 등과 같은 제약사항으로 많은 대역폭을 소모하게 된다. 따라서 이와 같은 서비스를 지원하기 위하여 멀티캐스트 기술이 사용되는데, 다수의 유니캐스트 전송에서 오는 대역폭 낭비를 방지하기 위하여 효과적으로 사용될 수 있다. 멀티캐스트 서비스를 사용하는 어플리케이션으로 IP TV나 VoD 서비스를 살펴보면 서비스를 원하는 사용자는 일정한 절차를 통해 서비스 그룹에 가입을 하게 되고 이러한 가입자 정보를 바탕으로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜[2, 3, 4, 5]을 사용하여 서비스 제공자는 멀티캐스트 트리를 생성하여 가입자를 관리하게 된다. 이 때 단일 전송을 받아 여러 명의 사용자에게 분기해 주는 지점, 즉 Rendezvous Point(RP)가 존재하게 되는데 RP는 멀티캐스트를 지원할 수 있는 라우터로서 트래픽을 일정 기간 동안 저장하고 복사를 하여 전송을 하는 역할을 한다.

※ 본 연구는 2005년 한국과학재단, 과학기술부, 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 이루어졌음.

<sup>+</sup> 준 회원 : 한국정보통신대학교 석사

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 충북대학교 정보통신공학과 교수

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 한국정보통신대학교 정교수

논문접수 : 2005년 7월 20일, 심사완료 : 2005년 10월 5일

본 논문에서는 멀티캐스트 기술을 이용하여 방송과 같은 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공하기 위하여 서비스 제공자와 네트워크 관리자 두 가지 입장에서 RP에서의 이익을 살펴보고 입력률에 따른 버퍼 관리에 대하여 알아본다. 또한 이를 바탕으로 새로운 연결 요청에 대하여 이를 수락 제어할 수 있는 기준을 제시한다.

이를 바탕으로 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II절은 멀티캐스트 서비스를 위한 시스템의 시나리오를 제시하고 III절은 본 논문에서 제시한 RP를 모델링 하였으며 IV절에서는 모델링을 바탕으로 수학적 분석을 하였다. 또한 서비스 제공자와 네트워크 운영자 사이에서 이익을 위한 관계를 살펴보고 연결 수락 제어에 관한 정책을 수립하였다.

## 2. 멀티캐스트 서비스를 위한 시스템 구조

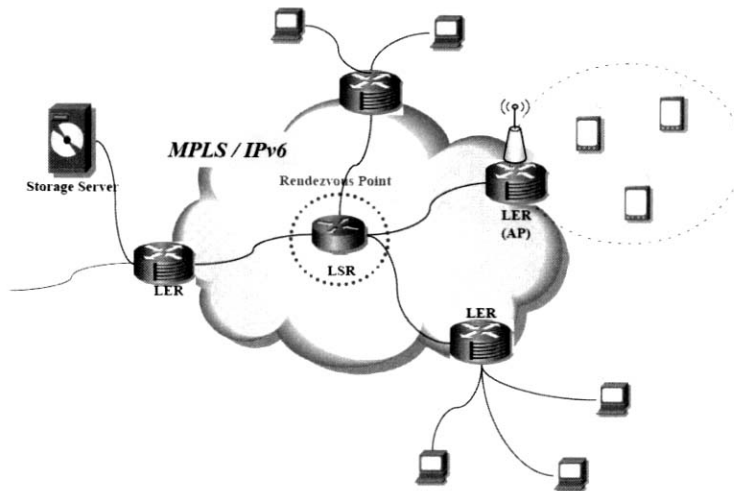
### 2.1 BcN에서의 멀티캐스트 서비스 시나리오

BcN은 방송·통신·인터넷이 융합된 광대역 멀티미디어

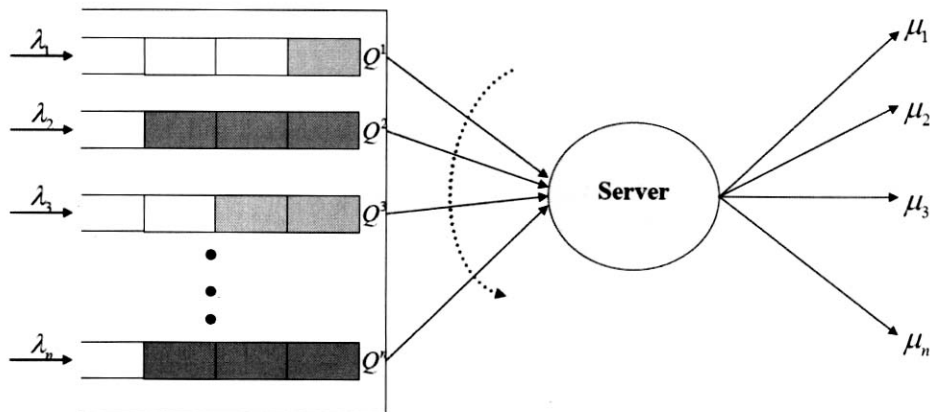
서비스를 제공할 수 있는 차세대 통합 네트워크로서 특히 이용자 중심의 유비쿼터스 서비스 구현을 위한 핵심인프라로 자리잡고 있다. 이러한 BcN 환경을 바탕으로 본 논문에서는 개방형 서비스 플랫폼을 지원하는 MPLS(Multi Protocol Label Switching)[6]와 IPv6[7]를 기반으로 메트로 망에서 멀티캐스트 서비스를 지원할 수 있는 환경을 제시한다.

이 때 MPLS를 지원할 수 있는 라우터(LSR)로서 멀티캐스트 그룹에 관련된 정보를 유지하고 관리하는 분기점으로 RP(Rendezvous Point)가 설정되고, RP를 중심으로 멀티캐스트 트래픽이 사용자 그룹으로 전달되게 된다.

대역폭 할당을 위하여 RP에서의 역할을 간단히 살펴보면, 예를 들어 기존의 서비스가 고정된 대역폭을 사용하는데, 방송과 같은 서비스의 경우 서비스가 요구하는 일정한 대역폭보다 적은 경우로 요청이 들어오면 서비스의 특성상 요청이 거절되게 된다. 그러나 서비스를 만족시켰지만 RP에서 처리하는 대역폭보다 적은 경우의 요청에 대해서는 사용 가능한 대역폭 안에서 이를 위하여 예약을 함으로써 RP에서 대역폭



(그림 1) BcN에서 멀티캐스트 서비스 시나리오



(그림 2) 다중의 입력 큐와 단일 서버로 구성된 RP에서의 버퍼

에 관한 버퍼의 관리가 유지된다.

### 3. 멀티캐스트 환경에서의 시스템

RP는 버퍼 안에 각 서비스별로 저장할 수 있는 큐로 구성된다. (그림 2)는 서비스  $n$ 의 트래픽이 Poisson 분포를 따르며 각각 독립인 도착률  $\lambda_n$ 로 버퍼에 도착하여  $Q^n$ 큐에 저장되고 단일 서버에서  $\mu_n$ 의 처리율로 처리되는 것을 말한다.

입력단이 각각 독립이고 Poisson 분포를 따르는 다중의 큐와 단일 서버로 구성된 RP의 버퍼를 겹침과정(Superposition)[8] 특성을 이용하여 단일의 트래픽 도착률  $\lambda$ 와 단일 서버 처리율  $\mu$ 로 표현될 수 있다.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \tag{1}$$

이 경우는 직렬식 대기행렬 시스템[9]을 살펴봄으로써 큐잉 모델을 유추할 수 있다.

각 대기행렬은 무한 용량을 가지며, 배치 서비스를 조절하는 것이 가능하도록 자신의 서버를 갖는다. 고객은 마지막 대기행렬에서만 시스템을 이탈하도록 허용되었다.  $j = \{1, 2, \dots, N\}$ 에서  $n(j)$ 는 서비스중인 고객을 포함하여 스테이션  $j$  안에 있는 고객의 수이다. 트래픽의 도착은 확률  $p$ 를 갖는 기하분포이고, 그룹(batch)의 크기를 갖고 들어온다. 각 스테이션에서 서비스 시간은  $j=1, 2, \dots, N$ 에서 확률  $p_j$ 를 갖는 배치 기하분포이다. 각 시간지점에서 시스템의 상태는 서비스 시간분포의 기하학적 특성에 기인한 Markov Chain으로 볼 수 있다. 그러나 상태의 수가 무한히 증가할수록 평형상태 방정식으로부터 직접적인 해를 얻는 것은 불가능하다. 그러므로 Henderson과 Taylor에 의해 제안된 방법을 사용해야 한다.

Boucherie와 Van Dijk[10]는 그룹 내 지역 평형의 개념에 근거한 유사한 방법을 제안하였다. 이 모형은 Markov Chain을 갖는 연속시간 대기행렬 모형에 근거하며, 또한 적 형태의 해를 제공하는 조건으로 구체화된 역행성을 소개하였다. Henderson과 Taylor의 방법 [11]을 따르면, 시스템의 상태가  $n$ 일 때,  $k$ 고객의 벡터를 네트워크로 보내는 확률인  $q(n, k)$ 를 얻기 위해 함수를 다음과 같이 정의하였다. 즉,

$$\Phi(n) = \prod_{j=1}^N (1 + \mu_j + \mu_j^2 + \dots + \mu_j^{n(j)}) \frac{1}{\mu_j^{n(j)}}$$

$$\Xi(k) = p^{k(0)}(1-p)$$

$$\Psi(n-k^+) = \prod_{j=1}^N \frac{1}{\mu_j^{n(j)-k(j)}}$$

여기서 다음 식이 얻어진다.

$$q(n, k) = \frac{(1-p)p^{k(0)} \prod_{j=1}^N \mu_j^{k(j)}}{\prod_{j=1}^N (1 + \mu_j + \mu_j^2 + \dots + \mu_j^{n(j)})} \tag{2}$$

경로배정 방정식에서와 같이, 네트워크를 따라 진행되는 방법만이 있게 된다. 그러므로 다음 식을 갖게 된다.

$$k = (k(0), k(1), \dots, k(N)) \text{와 } k' = (k(N), k(0), k(1), \dots, k(N-1))$$

여기서

$$f(k(0), k(1), \dots, k(N)) \Xi(k(0), k(1), \dots, k(N)) = f(k(N), k(0), \dots, k(N-1)) \Xi(k(N), k(0), \dots, k(N-1))$$

일 때 다음 식을 얻는다.

$$\frac{f(k(0), k(1), \dots, k(N))}{f(k(N), k(0), \dots, k(N-1))} = p^{k(N)-k(0)} \tag{3}$$

이 때 함수  $g(n)$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{g(n)}{g(n-k^+ + k'^+)} &= \frac{p^{n(1)+n(2)+\dots+n(N)}}{p^{n(1)+n(2)+\dots+n(N)-k(1)-\dots-k(n)+k(0)+\dots+k(N-1)}} \\ &= p^{k(n)-k(0)} \end{aligned} \tag{4}$$

$$g(n) = p^{n(1)+n(2)+\dots+n(N)} \tag{5}$$

이 정리의 조건이 만족되고, 평형분포는  $\pi(n) = \pi(n(1), n(2), \dots, n(N))$ 의 형태로 주어진다.

$$\pi(n) = K p^{n(1)+n(2)+\dots+n(N)} \prod_{j=1}^N (1 + \mu_j + \mu_j^2 + \dots + \mu_j^{n(j)}) \tag{6}$$

이 식이 적 형태의 해가 된다.

정규화 상수  $K$ 는  $n$ 의 모든 가능성에서  $\pi(n)$ 의 합이 1이 됨을 이용하면 쉽게 도출될 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned} K \sum_{n(1)=0}^{\infty} \frac{p^{n(1)}}{\mu_1^{n(1)}} (1 + \mu_1 + \mu_1^2 + \dots + \mu_1^{n(1)}) \dots \\ \sum_{n(N)=0}^{\infty} \frac{p^{n(N)}}{\mu_N^{n(N)}} (1 + \mu_N + \mu_N^2 + \dots + \mu_N^{n(N)}) \\ = 1 \end{aligned} \tag{7}$$

시스템의 처리율 (throughput)은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \chi &= \sum_{i=1}^{\infty} ip^i(1-p) \\ &= \frac{p}{1-p} \end{aligned} \tag{8}$$

시스템의 평균 응답시간은 다음과 같다.

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_N \tag{9}$$

여기서  $T_1, T_2, \dots, T_N$ 는 각 대기행렬 1, 2, ...,  $N$ 의 평균 응답시간이다.

그러나 각 스테이션에서 고객의 평균수는 다음과 같이 구하게 된다.

$$\begin{aligned} \bar{n}(i) &= (1-p)(1-\frac{p}{\mu_i}) \sum_{k=1}^{\infty} k \left(\frac{p}{\mu_i}\right)^k (1 + \mu_i + \mu_i^2 + \dots + \mu_i^k) \\ &= \frac{\frac{p}{\mu_i} + p - 2\left(\frac{p^2}{\mu_i}\right)}{1 - \left(\frac{p}{\mu_i} + p - \frac{p^2}{\mu_i}\right)} \end{aligned} \tag{10}$$

그러므로 Little's Theorem을 사용하여, 평균 응답시간을 구하면 다음과 같다.

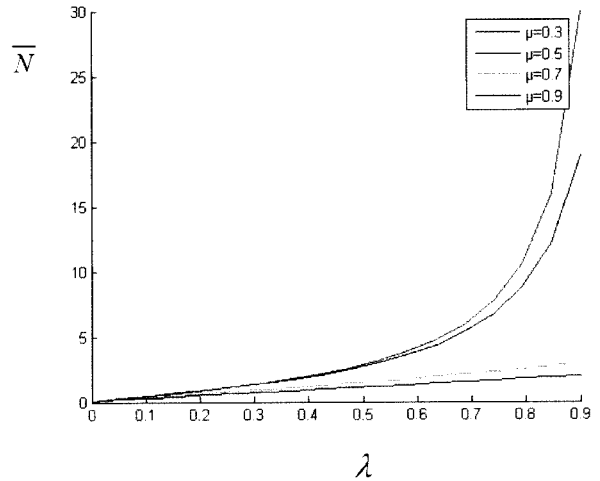
$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{\chi} \{ \bar{n}(1) + \bar{n}(2) + \dots + \bar{n}(N) \} \\ T &= \sum_{j=1}^N \frac{1 + \mu_j - 2p}{\mu_j \left(1 - \frac{p}{\mu_j}\right)} \end{aligned} \tag{11}$$

#### 4. 수학적 분석

위에서 설명된 직렬식 대기행렬 시스템에서 단일 도착률  $\lambda$ 에 대하여 배치의 확률  $p$ 로 도착하는 트래픽에 대하여 RP에서의 처리율  $\mu (= \mu_i)$ 를 이용하여 RP에서의 버퍼의 크기를 계산하면 다음과 같다.

$$\bar{n} = \frac{\frac{p}{\mu} + p - 2\left(\frac{p^2}{\mu}\right)}{1 - \left(\frac{p}{\mu} + p - \frac{p^2}{\mu}\right)} \tag{12}$$

주어진 대기시간  $T (= T_1)$ 과 Little's Theorem을 이용하여, 도착률  $\lambda$ 와 평균 버퍼 크기와의 관계를 알아보면 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 처리율  $\mu$ 에 따른 입력률  $\lambda$ 와 버퍼의 크기 관계

RP의 대기행렬 모델을 바탕으로 서비스 제공자와 네트워크 운영자의 두 가지 관점에서 이익(profit)을 살펴보자. 먼저 고정된 크기의 버퍼에 대하여 기존의 서비스를 위하여 일정 부분의 대역폭이 사용되고 있다고 가정하자. 사용 가능한 대역폭에 대하여 두 가지 관점에서 보면, 서비스 제공자 입장에서는 새로운 서비스나 혹은 다른 요구사항으로 서비스를 요구하는 사용자를 처리하기 위하여 남은 대역폭을 사용하기 때문에 사용 가능한 대역폭이 클수록 이익은 커진다. 반면에 네트워크 운영자 입장에서는 버퍼의 처리율 관점에서 사용 가능한 대역폭이 커 질수록 이익은 작아지게 된다. (그림 5)는 버퍼에서 사용 가능한 대역폭을 기준으로 두 관점이 서로 상반되는 것을 보여준다.

이를 바탕으로 두 관점의 이익이 같아지는 최적의 지점을 살펴보면 입력률이  $\lambda_{opt}$ 일 때, 서비스 제공자와 네트워크 운영자의 이익이 같아지고, 이를 바탕으로 양자간에 이익을 위한 서비스 계약 조정을 처리할 수 있다.

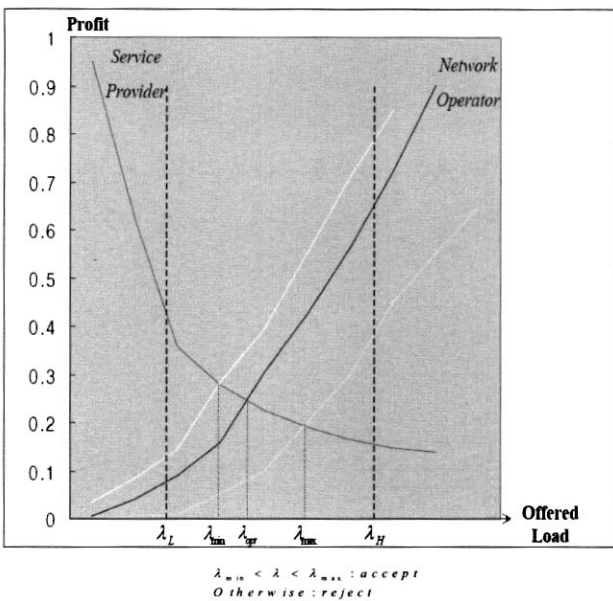
네트워크 운영자 관점에서 새로운 혹은 서비스 제공자 관점에서 새로운 혹은 기존의 서비스에 대한 다른 대역폭을 요구하는 요청이 들어오면 이를 수락 혹은 거절하는 기준이 (그림 4)와 같이 결정될 수 있으며, 이 때 최적의 입력률  $\lambda_{opt}$ 를 기준으로 새로운 입력률  $\lambda$ 에 따라서 연결 수락제어 정책을 다음과 같이 결정할 수 있다.

#### • 기존 방법과의 결과 비교

(그림 4)에서 점선으로 표시된 부분은 제안된 방법을 사용하지 않는 경우의 결과를 대표적으로 보여준다. 즉, 기존의 방법은 서비스 제공자와 네트워크 운영자가  $\lambda_H$  또는  $\lambda_L$ 에 대해 서비스를 제공할 수 있음을 보여주며 이 경우, 서비스 제공자 및 네트워크 운영자의 이익이 각각 얼마가 되는 지를 나타낸다. 예를 들어,  $\lambda_H$ 에 대해 서비스를 제공한다고 가정하

면, 네트워크 운영자의 이익은 상당히 좋으나 서비스 제공자의 이익은 상대적으로 좋지않은 결과를 초래하며, 반대로  $\lambda_L$ 에 대해 서비스를 제공한다고 가정하면, 그 반대의 결과가 나타난다는 것을 보여준다. 결과적으로 기존의  $\lambda_H$ 와  $\lambda_L$  등을 근거로 연결 수락을 제어하는 방법은 두 입장의 이익 관점에서 많은 차이가 있음을 보여준다.

반면, 제안된 방법으로 입력률  $\lambda$ 의 범위를  $\lambda_{min}$  또는  $\lambda_{max}$ 의 방법으로 조절함으로써 서비스 제공자와 네트워크 운영자 사이에서 합리적인 이익 분배가 가능하게 할 수 있음을 보여주며, 또한 이를 바탕으로 서비스 계약의 수준이 결정될 수 있음을 보여준다.



(그림 4) 서비스 제공자와 네트워크 운영자의 이익 관계( $\mu=0.5$ )

### 5. 결 론

BcN 환경에서 멀티캐스트 서비스 지원을 위하여 RP에서의 대기행렬 모델을 살펴보고, 입력률에 따른 버퍼의 크기와 의 관계를 알아보았다. 또한 이익의 측면에서 서비스 운영자와 네트워크 관리자는 서로 상반된 관계에 있기 때문에 두 관점에서 이익이 같아지는 최적의  $\lambda_{opt}$ 를 찾고, 이를 바탕으로 새로운 서비스 요청에 대하여 연결 수락을 제어할 수 있는 입력률의 범위를 근거로 CAC의 적용 기준을 결정하였다.

### 참 고 문 헌

[1] 장길수, "BcN 사업의 추진동향 및 제도 정비 방향" 전자정보센터(IEIC), 2004.

[2] D. Waitzman, C. Partridge and S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," RFC 1075, Nov., 1988.  
 [3] T. Maufer and C. Semeria, "introduction to IP Multicast Routing," draft-ietf-mboned-intro-multicast-03.txt, Jul., 1997.  
 [4] T. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, "Core-Based Trees(CBT): An Architecture for Scalable interdomain Multicast Routing," Proc. ACM SIGCOMM, 1993.  
 [5] D. Zappala, "Alternate path routing for multicast," Proc. IEEE INFOCOM, Vol.3, Mar., 2000.  
 [6] E. Rosen, A. Viswanathan and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, Jan., 2001.  
 [7] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, Dec., 1998.  
 [8] Sheldon M. Ross, 'Stochastic Processes', 2nd Ed., Wiley, 1996.  
 [9] E. Gelenbe and G. Pujolle, 'Introduction to Queueing Networks', 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley, 1998,  
 [10] Boucherie, R. J. and Van Dijk, "Product forms for queueing networks with state dependent multiple job transitions," Adv. Appl. Prob., 23, 1991.  
 [11] W. Henderson and P. Taylor, "Product form in networks of queue with batch arrivals and batch service," Queueing System Vol.6, 1990.

### 조 성 균



e-mail : skjo@icu.ac.kr  
 2004년 한국항공대학교 항공통신정보공학과(학사)  
 2004년~현재 한국정보통신대학교(ICU) 공학부(석사)  
 2004년~2004년 한국전자통신연구원(ETRI) 광전달망제어팀 위촉 연구원

관심분야: VPN, Multicast



**최성근**

e-mail : sgchoi@cbnu.ac.kr  
1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1998년 한국정보통신대학교(공학석사)  
2004년 한국정보통신대학교(공학박사)  
1992년~1998년 LG정보통신이동통신기술  
연구소

2004년~현재 충북대학교 정보통신공학과 교수  
관심분야: 광대역통신망, 이동성, MPLS



**최준근**

e-mail : jkchoi@icu.ac.kr  
1982년 서울대학교 전자공학과  
1985년 한국과학기술원(공학석사)  
1988년 한국과학기술원(공학박사)  
1986년~1997년 한국전자통신연구원 책임  
연구원

1998년~현재 한국정보통신대학원대학교 정교수  
관심분야: ATM, MPLS, GMPLS, Optical Internet