

CDMA ALOHA 방식을 이용한 음성/데이터 통합 전송 모델링 및 트래픽 용량 개선

정회원 권기형*, 신승호**, 진용욱***

The Channel Modeling and The Performance Improvement for The Voice/Data Integrated Transmission Using CDMA ALOHA

Ki-Hyung Kwon*, Seung-Ho Shin**, Yong-Ohk Chin*** *Regular Members*

요 약

음성과 데이터를 동시에 전송하기 위해 비동기 CLSP CDMA Unslotted ALOHA 방식을 이용하여 전송할 때 전송 용량을 계산하고 이를 분석한 결과 데이터 채널 임계치에 의해 전체 전송 트래픽이 감소되는 것을 보이고 이를 개선하는 방법을 연구하였다. 전송 트래픽의 증가를 위해 본 논문에서는 음성 부하가 증가하면 데이터 채널을 줄여 음성 부하를 증가시키는 방법을 제안하였고 이에 의해 효율이 개선됨을 보였다.

ABSTRACT

It is studied to transmission traffic capacity and traffic capacity improvement which is decreased because of data channel threshold using asynchronous CLSP CDMA unslotted ALOHA for the voice/data integrated transmission. In this paper, it is proposed improving method that is decreasing data channel when voice traffic is increasing and shown the performance improving.

I. 서 론

최근에는 멀티미디어 통신에 대한 요구가 증가하면서 가입자선에 대한 음성/데이터 통합 서비스에 대한 필요성이 증가하고 있다. 대표적인 통합 서비스로 공중망에서는 ISDN, 백본망은 ATM으로의 진화가 연구되고 있다. 또한 LAN 사용자가 증가하면서 화상회의, 영화 등의 멀티미디어 서비스의 증가도 지속적으로 증가하고 있다. 음성/데이터 서비스는 음성의 실시간 처리의 요구와 데이터의 정확도의 요구 때문에 동시 전송이 쉽지 않다. 이러한 멀티미디어 통신을 위해서는 가변적인 트래픽 및 대용량 트래픽을 처리할 수 있어야 하며 특히 가입자선을 무선화 할 경우 다중 접속 방식이 요구된다. 다중 접속 방식에는 ALOHA 와 같이 회선 공유

방식과 주파수 분할 다중접속, 시분할 다중접속, 부호 분할 다중 접속이 있으며, 이중 CDMA가 타 방식에 비해 저전력화 및 용량 때문에 일반화하고 있다. 특히 CDMA는 음성 사용자에게 대해 채널을 먼저 할당하여 음성의 실시간 처리요구를 만족시킬 수 있고 데이터 사용자는 채널에 여유가 있을 때 처리하므로 매우 효율적이다. 이를 위해 본 논문에서는 비동기 CDMA ALOHA CLSP (Channel Load Sensing Protocol)을 이용한 음성/데이터 통합 전송 시스템을 제안하였다.^{[1]-[9]} 이 방식은 시스템에 최대 적용 가능한 비트 오류율로 최대 채널 B를 정하고 데이터 전송을 위한 비트오류율에 의해 임계치 채널 A를 정하는데 통상적으로는 비트오류율이 $B < 10^{-3}$ 가 되도록 한다^[1]. 이렇게 하여 A이내의 패킷에 대해서는 음성/데이터 전송요구 모두를 허용

* 상지영서 대학 인터넷 정보과

** 인천대학교 컴퓨터공학과

*** 경희대학교 전자 정보 학부

논문번호: T01007-0323, 접수일자: 2001년 3월 23일

* "본 연구는 한국 과학재단 지정 인천대학교 멀티미디어 연구 센터의 지원에 의한 것입니다."

하고 그 이상 접속 요구 시 데이터를 감소시켜 A이내에서 패킷을 전송하며 최종적으로 음성만 전송하는 경우는 B이내에서 패킷을 전송한다. 즉 음성/데이터 전송은 A채널까지, 음성만의 전송은 B채널까지 패킷 전송이 가능하다. 이를 분석해본 결과 전체 제공 부하가 A 근처인 경우 데이터 때문에 전체 채널이 A에 의해 제한되므로 전체 전송 트래픽이 상당히 감소하는 점을 알게 되었다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 음성 부하와 데이터 부하에 대해 상호 영향을 계산하여 각각의 변동에 의해 변화되는 전송 트래픽을 모델링하여 전체 용량이 감소하는 부분에 대해 데이터 전송을 감소시켜 전체 트래픽이 개선될 수 있도록 하였다.

이를 위해 본 논문에서는 2장에서는 CLSP를 적용하는 CDMA ALOHA 시스템 모델을 제시하고 음성 및 데이터 부하의 상호 영향에 의한 처리 용량을 계산하였으며 3장에서는 2장에서 얻어진 처리 용량과 제안한 시스템의 성능을 비교 분석하였다.

II. 시스템 모델

1. 시스템 개요

본 논문은 그림 2-1과 같이 음성과 데이터의 패킷 발생확률이 동일한 다수의 사용자에게 대해 CLSP를 적용하는 비동기 ALOHA 시스템을 가정하였다. 여기에서 음성 전송을 위한 최저 비트 오류율(BER:Bit Error Rate)을 10^{-3} 이라고 하면 최대 채널 수 B가 결정된다. 그리고 데이터는 음성에 비해 낮은 비트 오류율을 가져야만 재전송이 감소하므로 이보다 훨씬 낮은 값에서 채널 수 A가 결정된다. 즉 A까지는 음성 및 데이터를 모두 전송하도록 허용하며 A이상의 요구가 발생하면 데이터의 전송을 감소시켜 음성과 데이터의 동시 전송 채널을 A로

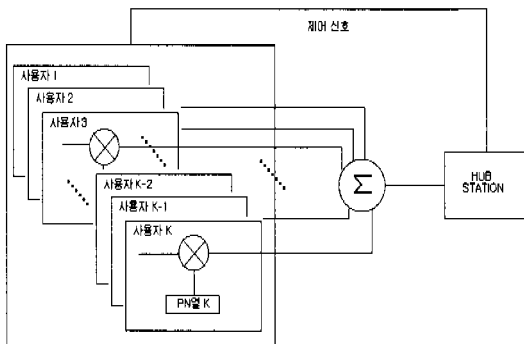


그림 2-1. 시스템 모델

유지한다.

그리고, 데이터 전송이 없으면 음성 채널을 B로 늘려 전송하는 것이 가능하다. 음성 요구가 B이상이 되면 그 이상은 허용하지 않는다. 이러한 시스템에 제공되는 음성 및 데이터에 대해 동일한 발생확률을 갖는다면 제공 음성 트래픽 G_v 및 동시 사용자 수 k_v 에 대해 발생확률은 다음과 같다.

$$P_v(G_v, k_v) = \frac{(G_v)^{k_v}}{k_v!} \exp(-G_v) \quad (1)$$

마찬가지로 제공 데이터 트래픽 G_d 및 동시 사용자 수 k_d 에 대해 발생확률은 다음과 같다.

$$P_d(G_d, k_d) = \frac{(G_d)^{k_d}}{k_d!} \exp(-G_d) \quad (2)$$

2. 시스템 처리 용량

식 3에서 음성 및 데이터가 동시에 발생할 때 동시 사용자 수가 A이하인 경우는 음성과 데이터를 동시에 전송한다. 그 외의 경우는 음성이 B가 될 때까지 음성을 모두 전송한다. 음성이 B 이상의 경우는 B까지만 전송한다.

먼저 전체 채널이 A이하의 경우 데이터 패킷이 한 개도 없는 경우는 다음 식과 같다.

$$P_A(kd=0) = P_d(G_d, 0) \sum_{k_v=0}^A k_v P_v(G_v, k_v) \quad (3)$$

데이터 패킷이 한 개인 경우도 식4와 같다.

$$P_A(kd=1) = P_d(G_d, 1) \sum_{k_v=0}^{A-1} k_v P_v(G_v, k_v) \quad (4)$$

따라서 음성 패킷의 평균수는 다음 식과 같다.

$$P_{A_{v1}} = \sum_{k_d=0}^A P_d(G_d, k_d) \sum_{k_v=0}^{A-k_d} k_v P_v(G_v, k_v) \quad (5)$$

음성이 B이하의 경우는 다음과 같다.

$$P_{A_{v2}} = \sum_{k_d=A+1}^{\infty} P_d(G_d, k_d) \sum_{k_v=0}^B k_v P_v(G_v, k_v) \quad (6)$$

음성이 B이상의 경우는 데이터와 관계없이 음성을 B 채널만큼 처리하므로 다음 식과 같다.

$$P_{A_{v3}} = \sum_{k_d=B+1}^{\infty} B P_v(G_v, k_v) \quad (7)$$

따라서 전송되는 음성 패킷의 평균은 다음과 같다.

$$PA_v = PA_{v1} + PA_{v2} + PA_{v3} \quad (8)$$

데이터 패킷에 대한 평균도 식 4에서 계산할 수 있는데 음성과 데이터가 동시에 발생하는 경우 전체 채널 A의 범위에서 처리되는 데이터 패킷의 평균은 다음과 같다.

$$PA_{d1} = \sum_{k_d=0}^A \sum_{k_v=0}^{A-k_d} k_d P_d(G_d, k_d) P_v(G_v, k_v) \quad (9)$$

전체 채널 A를 넘어서는 범위에서 가능한 데이터 패킷은 음성이 점유하는 채널 수에 따라 달라진다. 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$PA_{d2} = \sum_{k_d=1}^{A-1} \sum_{k_v=A-k_d}^{\infty} (A-k_v) P_v(G_v, k_v) P_d(G_d, k_d) \quad (10)$$

따라서 전송되는 데이터 패킷의 평균은 다음과 같다.

$$PA_d = PA_{d1} + PA_{d2} \quad (11)$$

(8)식과 (9)식을 보면 음성이 데이터보다 처리용량이 많음을 알 수 있으며 이는 음성의 실시간성 요구를 쉽게 만족시키고 동시에 데이터의 정확한 처리를 가능하게 하는 방식으로 CDMA ALOHA가 유용한 방식임을 알 수 있다. 그러나 음성 제공 부하가 크게 증가하는 경우에 대처가 어렵다.

이를 해결하는 방법으로 본 논문에서는 데이터 채널을 감소시켜 음성 전송 요구를 증가시켰다. 감소시킬 데이터 채널의 수를 AA라하고 전송 패킷을 다시 계산하면 다음과 같다.

$$PA1_{v1} = \sum_{k_d=0}^{A-AA} P_d(G_d, k_d) \sum_{k_v=0}^{A-AA-k_d} k_v P_v(G_v, k_v) \quad (12)$$

$$PA1_{v2} = \sum_{k_d=A-AA+1}^{\infty} P_d(G_d, k_d) \sum_{k_v=0}^R k_v P_v(G_v, k_v) \quad (13)$$

따라서 전송 음성 패킷은

$$PA1_v = PA1_{v1} + PA1_{v2} + PA_{v3} \quad (14)$$

이다. 마찬가지로 데이터 전송 패킷은 다음과 같다.

$$PA1_{d1} = \sum_{k_d=0}^{A-AA} \sum_{k_v=0}^{A-AA-k_d} k_d P_d(G_d, k_d) P_v(G_v, k_v) \quad (15)$$

$$PA1_{d2} = \sum_{k_d=1}^{A-AA-1} \sum_{k_v=A-AA+1-k_d}^{\infty} (A-k_v) P_v(G_v, k_v) P_d(G_d, k_d) \quad (16)$$

여기에서 데이터 채널이 AA가 감소된 만큼 음성이 증가하게 된다.

III. 성능 분석

식 8 및 식 11에 의해 얻어지는 시스템 전송 패킷을 구하기 위해 프로세싱 이득 N=100, 음성 임계치 B는 BER<10⁻³, 음성/데이터 임계치 A는 BER<10⁻⁴을 적용하여 A=27, B=45를 구하여 제공 음성부하 및 제공 데이터 부하를 변화시키면서 전송 음성 및 데이터 트래픽의 변화를 얻었다. 그림 3-1, 그림 3-2 및 그림 3-3에서 제공 데이터 트래픽을 G_d = 0에서 50으로, 제공 데이터 부하 G_v = 5, 10, 15로 변화시키면서 전송 음성 트래픽, 전송 데이터 트래픽, 전체 트래픽을 도식한 것이다. 그림 3-1에서 전송 음성 트래픽을 보면 제공 음성 부하 및 제공 데이터 트래픽에 따라 전송율이 점점 작아진다 다시 커지게 된다.

그 이유는 제공 부하가 증가하여 사용중인 채널 수가 A에 가까워지면 전송 요구를 전부 수용할 수 없고 따라서 블러킹이 발생하게 되며 이는 전체 채널 수가 A인 것처럼 시스템을 만든다.

그림 3-2는 제공 데이터 트래픽이 증가하더라도 전송 데이터 트래픽은 처음에는 증가하지만 어느 이상에서는 일정 값을 가짐을 볼 수 있다.

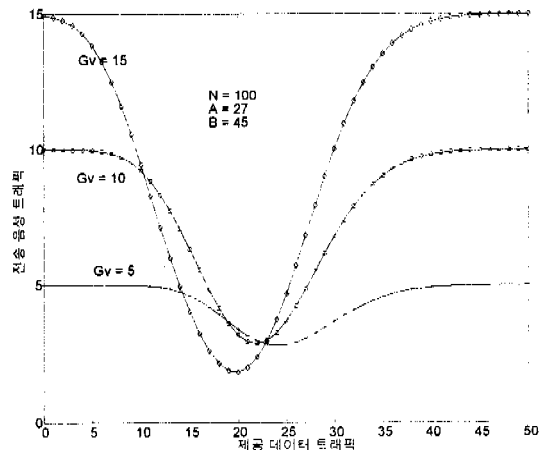


그림 3-1. 전송 음성 트래픽(데이터 트래픽의 변화에 대해)

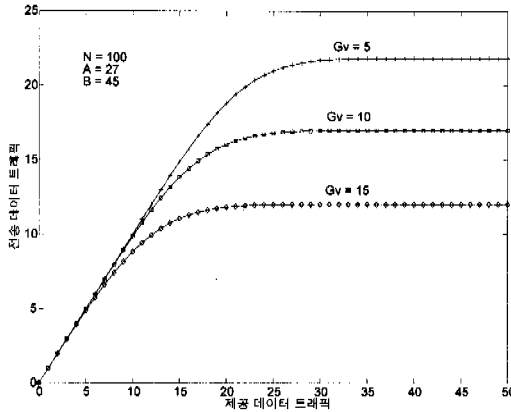


그림 3-2. 전송 데이터 부하(제공 데이터 부하의 변화에 따라)

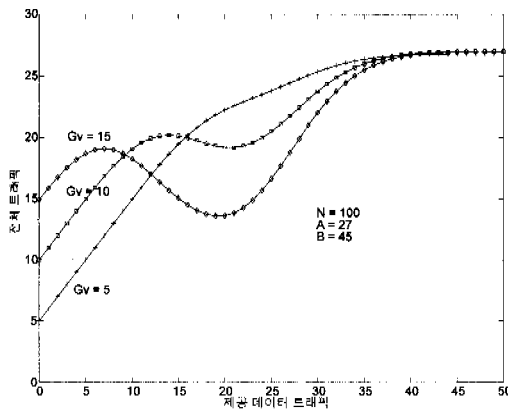


그림 3-3. 전체 전송부하(제공 데이터 부하의 변화에 대해)

그 이유는 제공 음성 부하가 고정되어 있는 상태에서 제공 데이터 부하가 증가하더라도 전체 부하는 증가할 수 없음을 보여준다. 그림 3-3은 A의 채널 제한으로 인해 데이터 트래픽이 증가하더라도 음성 트래픽이 고정되어 있으면 증가하지 않음을 보여준다. 그림 3-4, 그림 3-5, 그림 3-6은 제공 음성 트래픽의 변화에 대한 전송 트래픽의 변화를 보여준다. 그림을 보면 제공 음성 트래픽이 A에 가까워지면 전송 용량이 감소함을 볼 수 있다. 그 이유는 앞에서 설명한 바와 같이 제공 부하가 A 근처에 가까워지면 채널 수는 A이기 때문에 블러킹이 생기기 때문이다. 그러다가 그림 3-6에 보는 바와 같이 데이터 전송이 없으면(음성 부하 35 근처) 그때부터는 음성만이 전송되어 전체 전송 부하가 증가하게 된다. 따라서 음성 제공 부하가 채널 수 A에서 처리할 수 있는 용량에 가까워지면 전체 용량이 크게 감소하게 되며, A를 넘어서면 데이터 전송은 없고

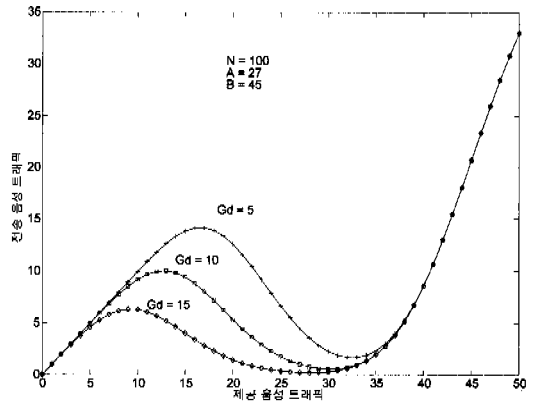


그림 3-4. 전송 음성부하(제공 음성 부하의 변화에 대해)

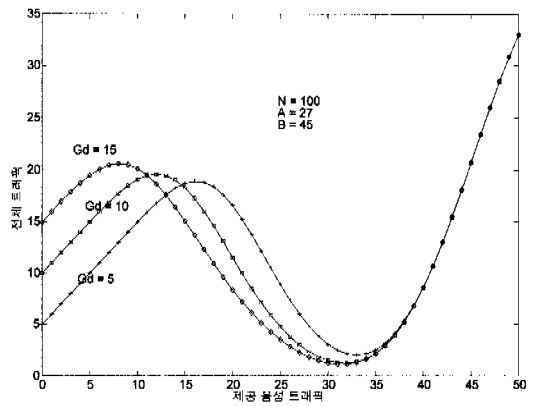


그림 3-5. 전체 전송부하(제공 음성 부하 변화에 대해)

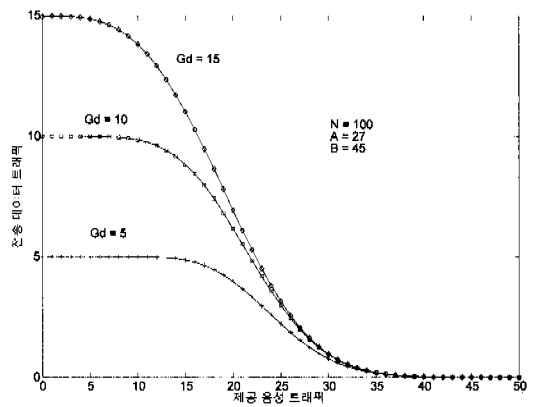


그림 3-6. 전송 데이터 트래픽(제공 데이터 트래픽의 변화에 따라)

음성만이 B까지 전송되므로 다시 증가한다. 3-4와 같은 터널 효과를 해결하기 위해 본 논문에서는 제공 음성 부하가 A의 용량에 가까워지면 인위적으로 데이터 채널을 감소시켰다. 이렇게 하여 음성 제공

부하가 22부터 37정도로 A근처에 대해 10개의 데이터 채널을 감소시켜 그림 3-7, 그림 3-8, 그림 3-9에서 보여 주고 있다. 먼저 그림 3-7은 제공 음성 트래픽의 변화에 대해 전송 음성 트래픽이 크게 증가함을 보여준다. 제공 음성 트래픽 25-30범위에서 그림 3-4의 전송 음성 부하가 3미만인 것에 비해 그림 3-7은 최소 5이상 20정도까지 증가했음을 알 수 있다.

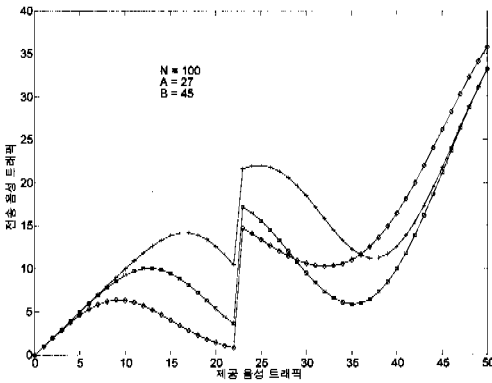


그림 3-7. 데이터 채널 제한 시 전송 음성 부하

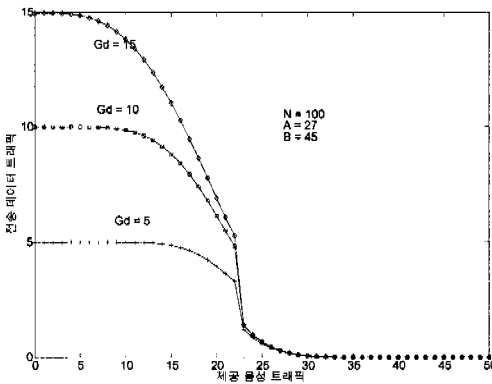


그림 3-8. 데이터 채널 제한시 데이터 트래픽

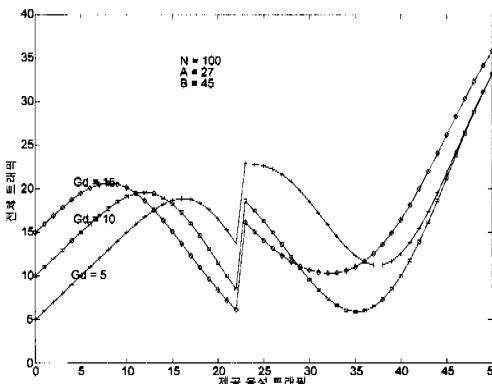


그림 3-9. 데이터 채널 제한 시 전체 부하

또한 인해 제공 데이터 부하가 5이고 제공 음성 부하 30인 경우 그림 3-8에서 전송 데이터 부하가 전송되지 않지만 그림 3-6에서는 1정도 전송되며 따라서 인해 데이터 트래픽은 약간 감소됨을 알 수 있었다.

즉, 그림 3-6에서는 제공 데이터 부하가 5, 10, 15인 경우 전체 전송 트래픽이 2정도인데 비해 데이터 채널을 제한하는 그림 3-9의 경우 제공 데이터 부하가 10일 때 전체 전송 부하는 5이상이며 제공 데이터 부하가 5일 때는 12정도임을 보여주고 있다. 이는 데이터가 감소한 것에 비해 음성이 크게 증가하여 전체 트래픽이 훨씬 증가함을 알 수 있었다.

IV. 결론

CDMA ALOHA CLSP를 적용하는 경우 채널을 음성 및 데이터 동시 전송 임계치와 음성의 임계치 두 가지를 갖게 되는데 이는 음성의 실시간성을 효과적으로 지원하며 동시에 데이터의 지연을 이용하면 전송효율을 높일 수 있는 방법이다. 그런데 음성 트래픽이 동시 전송 임계치에 가까워지면 데이터가 많지 않더라도 이 임계치 효과에 의해 효율이 크게 떨어지는 문제점이 있다. 본 논문은 이러한 문제를 개선하는 방안으로 음성 트래픽이 임계치 근처에 도달하면 데이터 전송을 제한하여 전체 용량을 개선하도록 하였다. 이에 의해 음성 27에 데이터 5의 경우 전체 용량이 5정도인데 비해 10 이상으로 2배 이상을 전송할 수 있음을 보였다. 따라서 CDMA ALOHA CLSP를 적용하는 경우 제공 음성 트래픽이 동시 전송 용량에 근접하는 경우 데이터 트래픽을 제한하여 전체 용량을 크게 개선할 수 있음을 보였다.

참고 문헌

- [1] Takeshi Sato, Abbas Sandouk, Takaya Yamazato, masaaki Katayama Akira Ogawa, "Effects of Transmission Control in an Integrated Voice and Data CDMA System", IEFCE, Fundamentals, Vol E80-A. No., 12 Dec., 1997
- [2] Takeshi Sato Hiraku Okada, Takaya Yamazato, masaaki Katayama Akira Ogawa, "Throughput Analysis of DS/SSMA Unslotted Aloha System

- with Fixed Packet Length”, IEEE, Journal on Selected Areas In Communications, Vol 14. No. 4, May, 1996
- [3] Masato Saito, Hiraku Okawa, Takashi Sato, Takaya Yamazato, masaaki Katayama, Akira Ogawa, “Throughput Improvement of CDMA Slotted ALOHA System”, IEICE, Trans., Comm., Vol E80-B. No., 1, Jan., 1997
- [4] Hiraku Ogawa, Takaya Yamazato, masaaki Katayama, Akira Ogawa, “CDMA Slotted ALOHA System with Finite Buffers”, IEICE, Trans., Comm., Vol E81-A. No., 7, July, 1998
- [5] Pål K. Frenger, Pål Orten, Tony Ottosson, and Arne B. Svensson, “zRate-Compatible Convolution Codes for Multirate DS-CDMA Systems”, IEEE Trans., on Comm., Vol. 47, No. 6, June, 1999.
- [6] Fook Loong Lo, Tung Sang Ng, Tony T. Yuk, “Performance Analysis of a Fully-Connected, Full-Duplex CDMA ALOHA Network with Channel Sense and Collision Detection”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 14, No. 9, DEC. 1996.
- [7] Oriol Sallent, Ramon Agusti, “A Proposal for an Adaptive S-ALOHA Access System for a Mobile CDMA Environment”, IEEE Trans., On Vehicular Tech., Vol. 47, No. 3, Aug.,1998
- [8] Tadahiro Wada, Takaya Yamazato, Masaaki Katayama, Akira Ogawa, “Error Correcting Capability of Constant Amplitude Coding for Orthogonal Multi-Code CDMA System”, IEICE Trans. Fundamentals, vol. E81-A, No. 10, 10 Oct., 1998.
- [9] Masato Saito, Hiraku Ogawa, Takashi Sato, Takaya Yamazato, masaaki Katayama, Akira Ogawa, “Throughput Improvement of CDMA Slotted ALOHA System”, IEICE, Trans., Comm., Vol E80-B. No., 1, Jan., 1997
- [10] Dimitri Bertsekas, Robert Gallager, “Data Networks”, prentice Hall, pp. 317-320, pp. 152-173, 1992
- [11] Michel Daoud Yacoub, “Foundations of Mobile Radio Engineering”, CRC press, pp. 437-445, pp467 1993
- [12] 김종상 편저, “데이터 통신 및 컴퓨터망”, 회중당, pp. 334-344, 2월, 1994
- [13] 김종상 역, “데이터 통신 및 컴퓨터 통신”, 회중당, pp. 401-409, 8월, 1995
- 권기형(Ki-Hyung Kwon) 정회원
통신학회논문지 2000년 제25권 제 8A호 참조
- 신승호(Seung-Ho Shin) 정회원
통신학회논문지 1986년 11권 5호 참조
- 진용옥(Young-Ohk Chin) 정회원
통신학회논문지 1992년 17권 3호 참조