

CLSP를 이용한 대역확산 ALOHA 네트워크의 성능 향상에 관한 연구

正會員 김 태 중*, 김 호 준*, 박 병 훈*, 황 금 찬*

A Study on the Performance Improvements of Spread ALOHA with CLSP

Tae Joong Kim*, Ho Joon Kim*, Byeong Hoon Park*,
Keum Chan Whang* *Regular Members*

※이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 연구과제 연구비에 의해 연구되었음

요 약

본 논문에서는 Slotted 대역 확산 ALOHA 네트워크의 효율을 향상시키기 위해 채널 제거 기법 CLSP (CLSP/CC; Channel Load Sensing Protocol/Channel Clearance)를 제안하였다. 제안된 CLSP/CC는 이동국과 Hub에 간단한 채널 제거 기능만을 추가함으로써 오류가 발생된 패킷의 계속적인 전송을 억제하여, 불필요한 채널 사용을 줄이는 것을 가능하게 한다. 본 논문에서는 기존 CLSP와의 성능 비교를 위해 시뮬레이션을 이용하였으며, 성능 평가 요소로서 네트워크 효율, 평균 처리 시간, 재전송 상태의 이동국 수 등을 고려하였다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 제안한 CLSP/CC는 CLSP에 비해 특히 트래픽 부하(offered load)가 많은 환경에서 네트워크 효율과 평균 처리 시간의 성능 향상이 두드러지고, 채널을 효율적으로 사용함으로써 지원할 수 있는 최대 트래픽 부하량이 증가하여, Slotted 대역 확산 ALOHA 네트워크에서 더욱 많은 이동국을 수용할 수 있음을 확인할 수 있다.

ABSTRACT

This paper presents a new CLSP/CC (CHannel Load Sensing Protocol/Channel Clearance) in order to obtain better performances in spread slotted ALOHA networks. This proposed protocol can decrease a wasteful using of channel by prohibiting continuous transmission of packets destroyed in previous slot, with little added system complexities. The performances of the proposed CLSP/CC, which include network throughput, average processing

*연세대학교 전기공학과
論文番號:97146-0506
接受日字:1997年 5月 6日

time and the number of mobile stations in retransmission state, are obtained and compared with those of existing CLSP by simulations in this paper. As the results of simulations, the proposed CLSP/CC gets higher throughput and less average processing time, especially in the highly offered load. And CLSP/CC can obtain maximum network throughput at larger offered load than existing CLSP, so it enable to accommodate more mobile stations or highly offered loads in slotted spread ALOHA network.

I. 서 론

최근 들어, 언제, 어디서나, 누구와도 음성, 디지털 데이터, 정지 및 동영상 등 모든 종류의 데이터를 통신할 수 서비스를 가능하게 하고, 많은 가입자를 수용할 수 있는 방안으로 다양한 형태에 유연히 대처할 수 있는 패킷 무선 통신망에 대한 관심이 높아가고 있으며, 또한 차세대 광대역 통신망과의 연계를 위한 무선 네트워크의 필요성도 증가하고 있다[1]-[3]. 이와 같은 서비스 형태는 통신 위성을 이용하여 비서비스 지역을 최소화함과 동시에 원거리 통신도 가능한 것으로 예상됨에 따라, 최근에는 위성을 근간으로 하는 이동 개인 휴대 통신에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 많은 사용자를 수용할 수 있으며 다양한 데이터 형태를 지원하기 위한 다중 접속 방식으로 이동국의 전력의 효율적 사용이 가능하고, 동시에 무선 채널에서 신뢰성을 확보할 수 있는 대역확산 ALOHA 방식이 주목받고 있다[4]-[11]. 이 대역확산 ALOHA 방식은 현재 국내에서 디지털 셀룰러 시스템 및 개인 휴대 통신(PCS)의 표준안으로 결정된 코드 분할 다중 접속 방식(CDMA)의 패킷 스위칭(Packet-Switching) 방식의 형태로서 하나의 기지국(이하 Hub)에서는 각 이동국에 시간 분할 멀티플렉싱(TDM; Time Division Multiplexing) 방식을 통해 정보를 내려주고(down), 각 이동국은 패킷 발생율과 재전송 방식에 따라 하나의 기지국으로 정보를 전송한다(up). 즉, 이동국의 효율적 전력 이용 및 무선 채널에서의 신뢰성의 장점이 있는 CDMA 방식과 프로토콜의 간략성 및 확장 가능성의 장점을 갖는 ALOHA 방식의 결합된 형태로 볼 수 있다.

현재 국내외에서는 이 대역확산 ALOHA 다중 접속 방식의 효율을 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다[4]-[7]. Saito[5] 등은 QS-CDMA에 MCLSP (Modified CLSP)를 통해 전송 확률을 변화시켜 효율을 향

상시키는 방법을 제시하고 있으며, Raychaudhuri는 새롭게 발생하는 데이터와 재전송을 시도하는 데이터를 구분한 구체적인 트래픽 형태를 간단한 CDMA 방식에 적용하여 효율을 계산하였다[6]. 또한, Abramson은 각 이동국이 동일한 PN 부호를 사용하는 Unslotted spread ALOHA 방식의 적용성 및 장점 등에 대해 기술하였다[7]. 특히, Ogawa[4] 등은 패킷의 길이보다 슬롯의 길이를 작게 설정함으로써 Unslotted 방식에 적용되는 CLSP (Channel Load Sensing Protocol)를 Slotted 대역확산 ALOHA 네트워크에 적용하여 네트워크 효율을 향상시켰다.

본 논문에서는 [4]의 모델을 이용하여 Slotted 대역확산 ALOHA 네트워크의 성능을 향상시키기 위해 새로운 방식의 채널 제거 기법 CLSP (CLSP/CC)를 제안하였다. 제안된 CLSP/CC는 패킷 전송을 멈추어 채널상의 부하를 제거하는 기능만을 이동국에 추가함으로써 오류가 발생된 패킷의 계속적인 전송을 억제하여, 불필요한 채널 사용을 줄이는 것을 가능하게 한다. 즉, [4]의 모델에서 이전 슬롯에서 오류가 발생된 패킷을 계속적으로 전체 패킷이 모두 전송될 때까지 전송함으로써 발생할 수 있는 채널의 비효율적 사용을 억제함으로써 네트워크의 효율을 향상시키는 것이 CLSP/CC의 목적이다. 그리고, 제안된 CLSP/CC의 성능은 다양한 CLSP 분턱값 및 패킷 길이 대 슬롯 길이 비에 대해 시뮬레이션을 통해 얻을 수 있으며, 기존 CLSP 방식과 비교하였다. 본 논문에서 고려한 성능은 네트워크 효율, 평균 처리 시간, 그리고 재전송 상태의 이동국 수 등이다.

이하에서는 제2장에서 네트워크 및 프로토콜 모델을 설명하고, 제3장에서는 고정된 수용 용량하에서 다양한 분턱값 및 패킷 길이 대 슬롯 길이 비 시뮬레이션의 결과 및 비교 분석 내용을 나타내고, 제4장에서는 결론을 내리고 있다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 패킷 발생 확률이 동일한 N 개의 이동국과 하나의 Hub로 구성된 무선 통신망을 가정하였다. 또한, 일반적으로 하나의 Hub에서 이동국으로의 채널(Forward Link)에서는 시간 분할 멀티플렉스 기법을 통해 쉽게 데이터를 전송할 수 있기 때문에, 본 논문에서는 이동국으로부터 Hub로의 채널(Reverse Link)만을 고려하였다. 각 이동국에는 타 이동국과 구분 가능한 의사 잡음 부호(PN 부호)가 할당되고, 패킷 전송 시에는 이 부호를 이용하여 대역 확산 및 이동국 구분을 성취한다.

그리고, 본 논문에서는 CLSP를 Slotted 대역확산 ALOHA 네트워크에 적용하기 위해 슬롯의 길이를 패킷 길이보다 작게 설정함으로써 패킷간의 중첩을 만들 수 있는 시스템을 가정한다[4]. 그림 1에 나타난 바와 같이, 슬롯의 길이를 T_S , 패킷의 길이를 T_P 로 설정하였을 때, 패킷 길이 대 슬롯 길이의 비(η)는 다음과 같이 슬롯 길이에 의해 정규화된 패킷 길이로 정의할 수 있다.

$$\eta = \frac{T_P}{T_S}, \quad \eta > 1$$

만약, η 를 정수(integer)가 아닌 값으로 설정할 경우에는 패킷의 마지막 부분이 시간 슬롯을 모두 사용하지 않게 되므로, 채널의 낭비를 초래할 수 있기 때문에 비효율적인 특성을 나타낸다[4]. 따라서, η 를 2, 3, 4의 정수로 설정하였다.

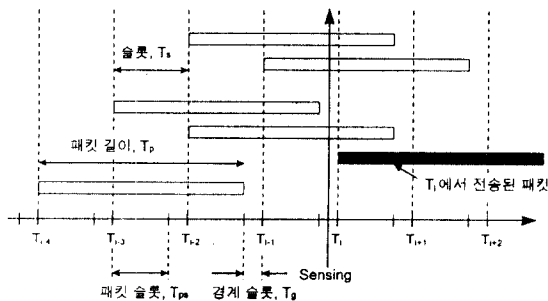


그림 1. 대역확산 ALOHA 네트워크의 Hub의 수신측의 슬롯 구성 동작 원리

그리고, 본 논문에서는 패킷 오류 확률 P_{ep} 을 계산하기 위해 β -채널 모델을 고려하였다. 이 β -채널 모델은 일정 문턱값(β)을 초과하는 패킷이 동시에 수신될 경우에는 모든 패킷이 전송에 실패하고, 이하의 패킷이 수신될 시에는 모든 패킷이 성공적으로 수신되는 모델로서, 이를 이용한 패킷 오류 확률 P_{ep} 은 다음의 식 (1)과 같다[4].

$$P_{ep} = \begin{cases} 1, & K > \beta \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

여기에서 K 는 하나의 슬롯에 동시에 전송되는 패킷의 수를 의미하며, β 는 시스템의 수용 용량으로서, 수신 패킷의 성공 여부는 동시에 접속을 시도하는 패킷의 수에 의해 결정된다.

일반적으로 DS/SSMA에서 평균 비트 오류 확률은 가우시안 근사법을 통해 간단하게 식 (2)와 같이 Q 함수에 의해 계산될 수 있으며, 처리 이득과 동시 사용자 수에 의해 결정된다[12].

$$P_{eb} = Q\left(\sqrt{\frac{3N}{K-1}}\right) \quad (2)$$

여기서, N 은 처리 이득으로서 하나의 비트 당 PN 부호의 칩 수로 정의되며, K 는 동시에 데이터를 전송하는 사용자 수이다. 하지만, 식 (2)는 평균 비트 오류로서, 실제 본 논문에서 고려하는 패킷 오류 확률 P_{ep} 을 위해서는 다음의 식 (3)과 같이 간단하게 다시 계산하여야 한다.

$$P_{ep} = 1 - (1 - P_{eb})^L \quad (3)$$

여기에서, L 은 하나의 패킷의 길이[비트]로서, 패킷의 크기가 증가함에 따라 패킷 오류 확률은 수용 용량을 기준으로 동시 사용자 수에 따라 급격하게 변화하는 특성을 가지게 된다[4]. 따라서, 일정 길이 이상의 패킷을 사용하는 경우에는 앞서 언급한 β -채널 모델을 사용하여 모델링하는 것이 타당하게 된다. 그림 1에서는 본 논문에서 고려한 대역확산 ALOHA 네트워크의 Hub 수신단 측의 동작을 나타낸다. 우선, 시간 축은 연속적인 슬롯으로 구성되며, 하나의 슬롯(T_S)은 실제 패킷 전송을 시도하는 전반부의 패킷 슬롯

(Packet Slot, T_{PS})과 채널의 상태를 감지하고, 모든 이동국에 알려주는 기능 등을 위한 후반부의 경계 슬롯(Guard Slot, T_g)으로 구성된다. CLSP를 적용하기 위해 Hub는 경계 슬롯에서 다음 패킷 슬롯에 전송이 이어지는 패킷의 수(채널 부하; channel load)를 감지하여 채널의 상태를 접속 가능(Enable-access; E), 접속 불가(Disable-access; D)로 구분하여 모든 이동국에 알려주고, 또한 전송 성공의 여부(NAK)를 각 기지국에 전송한다.

그리고, 본 논문에서는 비활성 상태의 이동국에서 p_0 의 확률로 새롭게 발생하는 패킷으로 전송을 시도하고, 재전송 상태의 이동국은 p_r 의 확률로 패킷 재전송을 시도하는 것으로 가정한다. 따라서, 각 상태의 이동국에서 발생하는 패킷의 수는 이산 정규 분포(Binomial)를 이룬다. 그리고, 본 논문에서 고려하는 트래픽 부하(G)는 하나의 패킷을 전송하는 데 소요되는 시간동안 발생하는 패킷의 수로 정의하며, 이 트래픽 부하를 발생시킬 수 있는 확률 p_0 를 식 (4)와 같이 계산한다. 여기에서 패킷 발생 확률 p_0 와 재전송 확률 p_r 은 동일한 값을 가지는 것으로 가정한다[6].

$$Np_0 (\approx \lambda T_s) = \frac{G}{\eta} \Rightarrow p_0 = \frac{G}{\eta N} \quad (4)$$

여기서, T_s 는 슬롯의 크기이고, G 는 하나의 패킷 크기 동안의 트래픽 부하이다. 위 식 (4)는 이산 정규 분포와 포아송 분포의 관계를 나타내며, 이동 가입자가 하나의 슬롯 동안 패킷이 새롭게 발생하는 확률 p_0 는 트래픽 부하, 전체 이동 가입자 수, 그리고 패킷 길이 대 슬롯 길이의 비, η 에 의해 결정되는 반면, 비활성 상태의 이동 가입자 수, 전송 상태의 이동 가입자 수, backlogged 상태의 이동 가입자 수와 같이 각 상태의 이동 가입자 수에 무관함을 확인할 수 있다.

2.1 Channel Load Sensing Protocol (CLSP)

기존의 CLSP에서는 Hub에서 경계 슬롯의 채널 부하를 측정하여 α 보다 작을 경우에는 접속 가능(E), α 이상에서 β 이하까지의 채널 부하의 경우에는 접속 불가(D)를 전송한다. 그리고, 이와 동시에 패킷 전송을 마친 이동국에 전송 성공의 여부(ACK/NAK)를 알려준다.

이상과 같은 방식으로 Hub에서 접속 가능을 전송

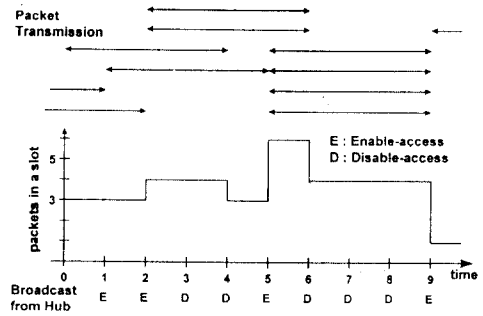


그림 2. 기존의 CLSP에 따른 Hub 수신측의 채널 상태 및 전송 신호의 예

하면, 패킷 발생 확률 p_0 로 새롭게 발생된 패킷이 있는 이동국은 즉시 전송을 시도하고, 이전 슬롯들에서 전송 실패한 패킷이 있는 이동국은 재전송 확률 p_r 로 패킷 전송을 시도한다. 반면, Hub에서 접속 불가를 전송하면, 현재 전송하지 않고 있는 이동국은 전송할 패킷의 유무와 상관없이 전송을 시도하지 않고 접속 가능 신호가 Hub로부터 전송될 때까지 기다리고, 이미 패킷을 전송하고 있는 이동국은 계속적으로 패킷을 전송한다. 전송을 마친 이동국은 Hub로부터 전송되는 전송 성공 여부에 따라 다음 슬롯에서의 동작을 결정한다. 즉, 전송 성공 (ACK)를 수신한 이동국은 전송을 위해 저장되어 있던 패킷을 제거하고, 새롭게 발생하는 패킷을 기다리는 비활성 상태로 옮겨가는 반면, 전송 실패 (NAK)를 수신한 이동국은 이후 슬롯부터 앞서 설명한 접속 가능 및 접속 불가의 신호와 재전송 확률에 의해 패킷 재전송을 시도한다.

그림 2에서는 시스템의 수용 용량(β)이 5이고, CLSP 문턱값(α)이 3이며, 패킷 길이 대 슬롯 길이의 비(η)가 4인 Slotted 대역 확산 ALOHA 네트워크를 가정하여, 기존의 CLSP 방식을 적용한 경우 Hub 수신측의 채널에 전송된 패킷의 수와 Hub로부터 전송되는 채널 상황에 관한 신호를 예를 들어 나타내었다. 그림 2에서는 3번째 패킷 슬롯이 시작되기 전 경계 슬롯의 채널 부하가 4이므로, Hub는 접속 불가를 전송하고, 이를 수신한 각 이동국은 다음 패킷 슬롯에 새롭게 패킷을 전송하지 못한다. 이 접속 불가는 채널 부하가 2가 되는 5번째 슬롯에서 해제되고 접속 가능이 Hub에서 전송되고, 이를 수신한 이동국은 자

체 확률로 발생된 패킷으로 전송을 시도한다. 하지만, 6번째 슬롯에서 패킷 전송을 시도한 이동국의 수가 4이고 채널 부하가 2이므로 수용 용량을 초과하게 되어 이 슬롯에 패킷을 전송한 이동국은 모두 전송 실패를 확인하고, 재전송 상태로 들어간다.

이상의 예에 따르면, 6번째 슬롯에서 수용 용량을 초과하는 트래픽 부하가 전송되어 전송에 실패한 패킷들이 다음 슬롯에도 계속 전송되기 때문에, 불필요한 채널 사용을 증가시키게 된다. 이 효과는 그림 2에서 표시된 4개의 슬롯 (6번째 슬롯에서 9번째 슬롯까지) 동안 나타나게 된다. 따라서, 특히 트래픽 부하가 많은 환경에서는 이상의 불필요한 채널 사용이 증가하게 되어 결국 네트워크 효율에 악영향을 미치게 된다.

2.2 Channel Load Sensing Protocol with Channel Clearance (CLSP/CC)

본 논문에서 제안한 CLSP/CC에서는 간단한 채널 제거 기능만을 추가함으로써 오류가 발생된 패킷의 지속적인 전송을 억제하여, 불필요한 채널 사용을 줄이는 것을 가능하게 한다. 즉, 패킷 전송을 마친 시간 슬롯에서 비로소 패킷의 전송 성공 여부를 확인할 수 있는 종래의 CLSP와는 달리, CLSP/CC에서는 종래의 CLSP 기능에 덧붙여 Hub에는 전송 실패 (NAK)를 모든 이동국에 전송하는 기능을, 이동국에는 Hub로부터 전송 실패(NAK)를 수신했을 때 전송 중인 패킷을 멈추고 재전송 상태로 옮겨가는 기능을 추가함으로써 간단하게 구현할 수 있다. 이의 동작 원리는 다음과 같다.

우선, Hub에서 접속 가능 전송한 경우와 접속 불가능 전송한 경우에는 다음 슬롯에서 이동국의 전송 시도는 앞서 설명한 기존의 CLSP와 유사하다. 하지만, Hub에서 전송 실패가 전송된 경우에는, 전송을 마친 이동국은 다음 슬롯부터 재전송 상태로 들어가는 반면, 다음 슬롯까지 계속적으로 패킷을 전송하여야 하는 이동국은 즉시 패킷의 전송을 멈추고, 재전송 상태로 옮겨간다. 다시 설명하면, CLSP와 달리 Hub에서는 전송된 패킷의 성공 여부를 패킷을 전송한 이동국 외의 모든 이동국에게 전송하고, 이를 수신한 모든 이동국은 이 성공 여부를 다음 슬롯에서의 패킷 전송에 중요한 정보로 사용하는 것이다.

이상에서 언급한 바와 같이, Hub에서 전송 실패가

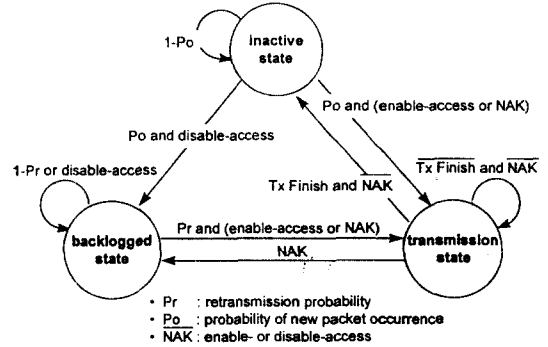


그림 3. 채널 제거 기법 CLSP에서 이동국의 상태 변화 천이도

전송된 경우, 전송 중인 모든 이동국은 패킷 전송을 멈추게 되므로 이전 슬롯에서 발생되어 다음 슬롯까지 이어지는 패킷이 없어지고(채널 부하가 0), 모든 이동국은 Hub로부터 접속 가능한 신호를 수신한 경우와 같이 패킷 전송을 시도한다. 따라서, 기존의 CLSP에서는 이전 슬롯에서 오류가 발생된 패킷을 다음 슬롯에도 계속 전송함으로써, 채널 부하가 증가되고, 이로 인해 타 이동국이 채널에 접속하여 패킷을 전송할 수 있는 가능성을 줄이게 되고 네트워크 효율에 악영향을 미치는 반면, CLSP/CC에서는 무의미한 전송을 막아 채널 사용율을 효율적으로 향상시킬 수 있다.

그림 3에서는 본 논문에서 제안한 CLSP/CC에 따른 각 이동국의 상태 천이도를 도시하고 있다. 여기에서 각 이동국은 3가지 상태 중 하나에 머무르게 되며, 상태의 천이는 시간 슬롯이 완료되는 경계 시간에서 이루어지는 것으로 가정한다. 그림 3에서, 비활성 상태는 전송할 패킷이 없는 이동국의 상태를 의미하며, 전송 상태는 현재 패킷을 전송하고 있는 이동국의 상태이며, 재전송 상태는 재전송할 패킷을 보유한 채, 현재 전송하고 있지 않은 이동국의 상태를 나타낸다.

우선, Hub로부터 전송된 신호가 접속 가능인 경우에는, 전송할 패킷이 새롭게 발생된 비활성 상태의 이동국과 재전송 상태에서 재전송 확률에 의해 재전송을 허락받은 이동국은 패킷 전송을 시도함으로써 전송 상태로 옮겨간다. 전송 상태인 이동국과 전송할

패킷이 없는 비활성 상태의 이동국, 그리고 재전송 허락을 받지 못한 재전송 상태의 이동국은 현재의 상태를 유지하게 된다.

반면, Hub로부터 전송된 신호가 접속 불가인 경우에는, 전송할 패킷이 새롭게 발생된 비활성 상태의 이동국은 재전송 상태로 옮겨가게 되고, 재전송을 허락받은 재전송 상태의 이동국은 현재의 재전송 상태를 유지하며, 전송 상태인 이동국과 전송 및 재전송할 패킷이 없는 이동국은 이전의 상태를 유지하게 된다. 마지막으로, Hub로부터 전송된 신호가 전송 실패인 경우에는, 전송 상태인 이동국은 즉시 재전송 상태로 옮겨가서 원래 재전송 상태에 있던 이동국과 함께 재전송 확률에 따라 패킷 재전송을 시도하고, 전송할 패킷이 있는 비활성 상태의 이동국도 전송을 시도하는 반면, 나머지 이동국은 원래 상태를 유지한다.

그림 4에서는 이상의 Hub와 이동국의 동작을 예를 들어 도시하였다. 본 논문에서 제안한 CLSP/CC에 따른 Hub 수신측의 채널 상태와 Hub로부터 이동국으로 전송하는 신호를 그림 2에서 고려한 시스템과 동일한 사양하에서 나타내고 있다. Hub에서 전송되는 신호가 전송 실패(6번째 슬롯)전까지는 그림 2와 동일한 형태를 갖게 되는 반면, 전송 실패가 전송된 후에는 전송 중에 있는 패킷이 모두 전송을 멈추어 채널을 제거하고 채널 부하가 0인 상태로 다음 슬롯을 시작하게 된다. 따라서, 앞부분에 오류가 발생된 패킷은 1/4만 전송한 상태에서 전송을 멈추기 때문에 채널 부하가 시스템의 수용 용량을 초과한 슬롯 하나(T_0)만 불필요한 전송으로 사용되고, 그 영향이 다음 시간 슬롯에 이어지지 않는다.

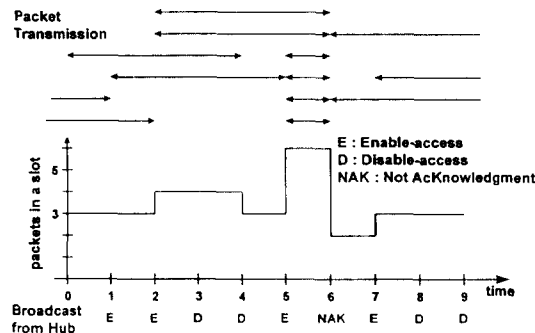


그림 4. 채널 제거 기법 CLSP에 따른 Hub 수신측의 채널 상태 및 전송 신호의 예

III. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 CLSP/CC를 Slotted 대역확산 ALOHA 네트워크에 적용하여 성능을 평가하였다. 또한, CLSP/CC를 네트워크 효율뿐만 아니라, 평균 처리 시간, 재전송 상태의 이동국 수 등의 성능에 대해서도 CLSP를 사용하지 않는 경우 및 기존의 CLSP를 적용한 경우와 비교, 평가하였다. 본 시뮬레이션에서는 β -채널 모델의 문턱값인 수용 용량(β)을 10으로 고정하였는데, 이는 도플러 효과($f_b T = 0.0002$)와 3개의 다중 경로를 갖는 리치안(Rician) 페이딩 채널하에서 완전한 전력 제어 기법과 처리 이득(processing gain) 127, 3개의 탭을 갖는 레이트 수신기를 적용한 시스템을 사용하여, 10^{-3} 의 평균 비트 오류를 지원하는 환경을 가정하였다[13]. 또한, CLSP를 위한 문턱값(α)을 3, 6, 9로 설정하였으며, 패킷 길이 대 슬롯 길이의 비(η)를 2, 3, 4로 구분하였다.

그림 5에서는 본 논문에서 구축한 시뮬레이션의 검증 을 위해, CLSP를 사용하지 않는 네트워크 및 기존의 CLSP를 사용하는 네트워크의 효율 η 가 2인 네트워크 환경에서 나타내고 있다. 이 그림에서 나타내는 효율은 [4]의 결과와 유사한 결과를 나타내며, 트래픽 부하가 적은 ($G \leq 10$) 환경에서는 α 가 큰(6 혹은 9) CLSP에서 더욱 높은 효율을 얻을 수 있는 반면, 트래픽 부하가 많은 ($G > 10$) 환경에서는 α 가 작은(3) CLSP에서 더욱 높은 효율을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 특히, α 가 9인 네트워크 환경에서는 특정 트

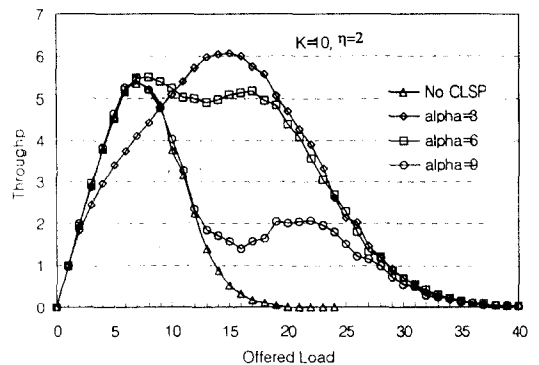
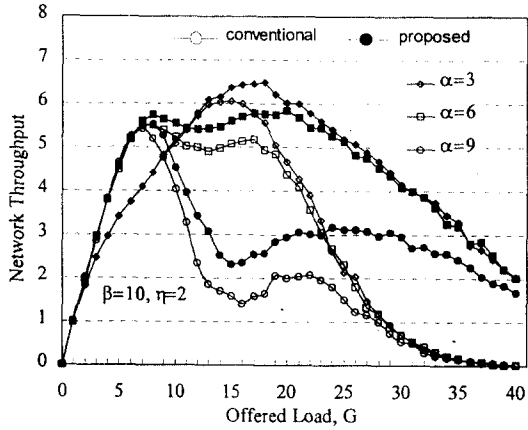
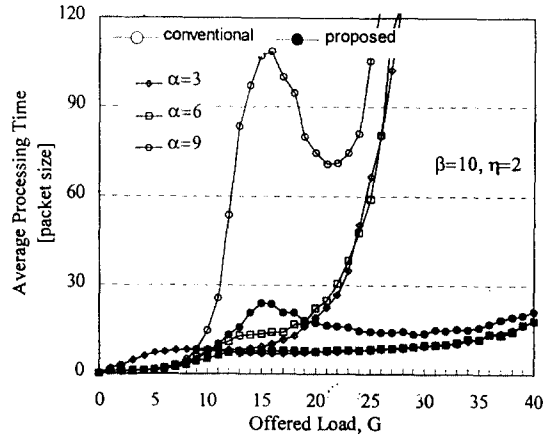


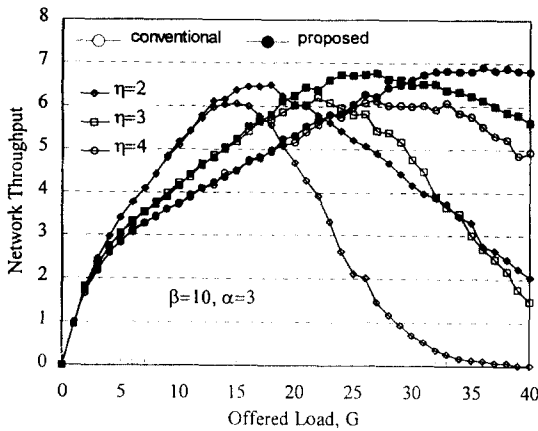
그림 5. 기존의 CLSP를 적용한 대역확산 ALOHA 네트워크의 효율



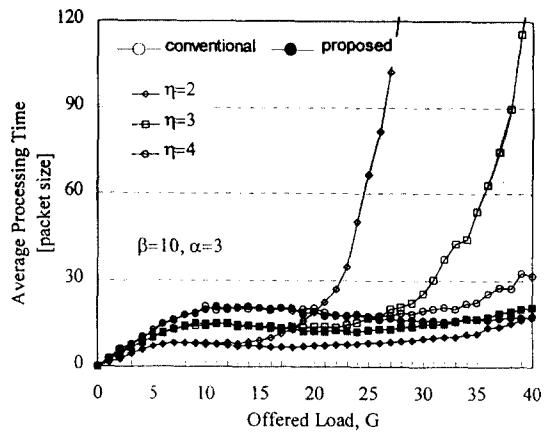
(a) 문턱값 α 에 따른 네트워크 효율 ($\eta=2$)



(a) 문턱값 α 에 따른 평균 처리 시간($\eta=2$)



(b) 패킷 길이 대 슬롯 길이 비 η 에 따른 네트워크 효율 ($\alpha=3$)



(b) 패킷 길이 대 슬롯 길이 비 η 에 따른 평균 처리 시간($\alpha=3$)

그림 6. CLSP/CC를 적용한 대역확산 ALOHA 네트워크의 효율

그림 7. CLSP/CC를 적용한 대역확산 ALOHA 네트워크 평균 처리 시간

래픽 부하하에서($15 \leq G \leq 25$) 네트워크 효율이 증가하는 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 종래의 CLSP에서 8 이상 15 이하의 트래픽 부하에서 채널 접속을 허용하기 위한 문턱값(α)이 상대적으로 너무 크기 때문에 발생하는 것이다. 다시 말해, α 가 9인 경우, 이어지는 슬롯 상의 패킷 수가 8 이하인 상태에서 접속 가능 신호를 수신한 이동국에서 다음 슬롯에 패킷을 전송함으로써 패킷 성공 확률을 감소시키게 되기 때문이다.

그림 6에서는 본 논문에서 제안한 CLSP/CC를 적용한 대역확산 ALOHA 네트워크의 효율을 나타내고 있다. 이에 따르면, CLSP/CC는 전반적으로 기존의 CLSP보다 우수한 효율을 얻을 수 있음을 확인할 수 있고, 이동국의 수가 많거나 전송 확률이 높아서 채널에 접속을 시도하는 패킷의 수가 많아질수록 성능 향상의 정도가 더욱 커짐을 알 수 있다. 특히, 본 논문에서 제안하고 있는 CLSP/CC의 네트워크 효율은 종래의 CLSP에 의한 네트워크 효율이 최대치를 갖는

트래픽 부하 이상에서 우수한 특성을 나타내는 것을 확인한 바, 더욱 많은 이동국과 트래픽을 안정되게 제공할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 트래픽 부하가 많은 환경에서는 동시에 전송된 패킷의 수가 수용 용량을 초과하여 Hub로부터 전송 실패의 신호가 전송될 가능성이 커지게 되고, 이로 인해 본 논문에서 제안한 채널 제거 기법의 효과가 나타나는 것으로 사료된다.

반면, 그림 6에서 확인할 수 있듯이, 모든 트래픽 부하하에서 최적의 문턱값 α 나 최적의 패킷 길이 l 에 대한 길이에 비 η 는 존재하지는 않는다. 하지만, 대체적으로 α 및 η 는 작은 트래픽 부하하에서는 작을수록, 큰 트래픽 부하하에서는 클수록 우수한 네트워크 효율을 얻을 수 있다.

그림 7은 그림 6에서 고려한 시스템과 동일한 환경에서 평균 처리 시간을 나타낸다. 여기에서 평균 처리 시간은 비활성 상태에 있는 하나의 이동국에서 새롭게 패킷이 발생된 시점부터 패킷 전송을 시도하여 성공적으로 전송되는 시점까지의 평균 패킷 길이를 의미한다. 이 결과에 따르면, 기존의 CLSP에서의 평균 처리 시간은 CLSP/CC의 네트워크 효율이 CLSP의 효율보다 우수한 특성이 나타나는 트래픽 부하에서 상대적으로 급격하게 증가하는 반면, 제안된 CLSP/CC에서는 트래픽 부하가 증가하더라도 일정 수준의 평균 처리 시간(30 패킷 길이)을 초과하지 않는다. 다만, $\eta=2$ 및 $\alpha=3$ 인 경우는 그림 6에 나타난 네트워크 효율의 변화에 의해 일정 범위($10 \leq G \leq 20$)의 트래픽 부하하에서 비효율적인 영역이 나타난다(그림 6(a) 참조). 이상의 결과는 이동국의 수가 많거나 패킷 발생 확률이 높은 트래픽을 서비스하는 환경에서 시간 지연 특성이 중요한 트래픽의 서비스에 본 논문에서 제안된 CLSP/CC를 사용하는 것이 바람직하다는 결과를 확인할 수 있다.

또한, 본 논문에서 제안한 CLSP/CC의 하나의 특성을 그림 6과 그림 7에서 확인할 수 있다. 그림 6(b)에서 η 가 3인 CLSP와 η 가 2인 CLSP/CC의 네트워크 효율이 동일한 값을 갖는 트래픽 부하 영역($32 \leq G \leq 35$)에서 평균 처리 시간의 특성은 확연하게 구분됨을 확인할 수 있다. 이와 같은 현상은 이동국이 일단 패킷 전송을 시도하면 전송이 완료될 때까지 패킷을 전송하는 종래의 일반적인 프로토콜과 달리, 본 논문에서

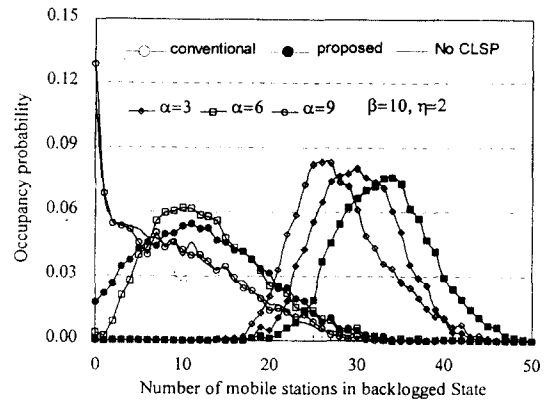


그림 8. 대역확산 ALOHA 네트워크의 재전송 상태의 이동국 수의 분포($\eta=2$)

서 제안한 CLSP/CC에서는 패킷 전송 중에도 채널 상태에 따라 패킷 전송을 멈춤으로써 채널을 효율적으로 사용하기 때문이다. 즉, 본 논문에서 제안한 CLSP/CC는 종래의 CLSP에 비해 네트워크 효율 특성보다 평균 처리 시간의 특성이 더욱 우수해진다.

그림 8은 $\eta=2$ 인 대역확산 ALOHA 네트워크에서 문턱값(α)에 따라 최대의 네트워크 효율을 얻을 수 있는 트래픽 부하에서 재전송 상태에 있는 이동국의 수를 확률적으로 나타내었다. 이 결과에 따르면, 본 논문에서 제안한 CLSP/CC의 경우 높은 트래픽 부하에서 최고의 네트워크 효율을 얻을 수 있으며, 재전송 상태의 이동국이 증가함을 확인할 수 있다. 따라서, 최대 네트워크 효율을 확보하는 트래픽 부하가 증가하여, Slotted 대역 확산 ALOHA 네트워크에서 더욱 많은 이동국을 수용할 수 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 Slotted 대역 확산 ALOHA 네트워크의 효율을 향상시키기 위해 채널 제거 기법 CLSP (CLSP/CC: Channel Load Sensing Protocol/Channel Clearance)를 제안하였다. 제안된 CLSP/CC는 이동국과 Hub에 간단한 채널 제거 기능만을 추가함으로써 오류가 발생된 패킷의 지속적인 전송을 억제하여, 불필요한 채널 사용을 줄이는 것을 가능하게 한다. 즉, Hub에는 전송 실패 (NAK)를 모든 이동국에 전



김 호 준(Ho Joon Kim) 정회원

1963년 6월 6일생

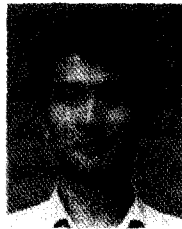
1986년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월:연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(석사)

1988년 3월~1993년 4월:삼성전자 근무

1993년 3월~현재:연세대학교 본대학원 전기공학과 박사과정

※주관심 분야:멀티미디어 네트워크, 이동통신시스템, 디지털 신호처리



박 병 훈(Byeong Hoon Park) 정회원

1986년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월:연세대학교 대학원 전기공학과(공학석사)

1988년 3월~1994년 2월:삼성전자 선임연구원

1994년 3월~현재:연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정

※주관심분야:이동통신, 통신 프로토콜, 멀티미디어 네트워크

황 금 찬(Keum-Chan Whang)

정회원

1944년 7월 18일생

1967년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1979년 6월:Polytechnic Institute of New York Electrical Eng.(Ph.D)

1980년 9월~현재:연세대학교 전기공학과 교수

※주관심분야:이동무선통신, 대역확산 통신, 무선 패킷망, 광대역 통신망, 탄성표면파 소자 및 그 응용 분야