

개선된 전력할당 및 전송제어를 이용한 랜덤다원접속 프로토콜

正會員 丁凡鎭*, 郭慶燮**

Random Multiple Access with Modified Power Assignment and Transmission Controls

Bum Jin Jung*, Kyung Sup Kwak** Regular Members

要 約

무선통신 시스템에 있어서, 서로 다른 송신기의 위치로 인하여 발생하는 신호 전력의 차이는 수신기에서 가장 큰 신호 전력을 가진 패킷이 선택되는 신호 포획 현상을 발생시킨다. 이러한 현상은 슬롯형 알로하 시스템의 채널 효율을 증가시킨다.

본 논문에서는 다양한 종류의 패킷이 존재하는 패킷 무선망에서 랜덤 다원 접속을 위한 개선된 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 패킷의 길이와 발생한 시간에 따라서 패킷의 전송 전력을 제어함으로써 개선된 전송 방법을 제안하고 분석하였다. 그리고, 채널 효율을 개선하기 위해 개선된 전송 방법을 사용하였다. 개선된 전송 방법은 패킷이 발생하였을 때 프레임의 경계를 넘지 않는다면 다음 슬롯에서 전송한다. 신호 포획 모델을 고려하여 채널 효율을 구하였다. 제안된 프로토콜과 기존의 프로토콜들의 채널 효율을 비교하였으며, 제안된 프로토콜의 채널 효율이 현저하게 개선됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In the radio communication systems, the differences in received power levels due to different distance in transmitters cause capture effect from which the receiver detects accurately the highest power signal.

In this paper, we present a modified random access scheme for packet radio networks with variable length packets and variable power levels. For this system, we control the output power level depending on the length of packet and the time of generation. The basic idea of the modified transmission scheme is that each packet can be sent next slot unless it overrides the frame boundary.

* 삼성전자

** 한국통신학회 상임이사

論文番號 : 95044-0204

接受日字 : 1995年 2月 4日

The performance is analyzed based on the capture model. The modified transmission scheme is shown to have improved channel utilization.

We carry out, analytically and by simulation, the performance comparison of the proposed protocol with conventional random access protocols and show its better performance.

I. 서 론

랜덤 다원 접속 프로토콜(Random Multiple Access Protocol : RMA)인 s-ALOHA(slotted ALOHA)는 패킷 무선망에서 접속 제어 방법(Access Control Scheme)으로 널리 사용되는 방법 중의 하나이다⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹³⁾.

알로하 프로토콜은 수신 지역 내에서 전송하고자 하는 신호의 발생율이 상대적으로 낮고, 일단 발생된 신호는 최대한 빠른 전송이 요구되는 경우에 효율적이다⁽⁵⁾⁽¹⁴⁾.

랜덤 다원 접속 프로토콜은 패킷(packet)간의 충돌이라는 본질적인 문제를 내포하고 있다. 또한, 각 사용자가 다양한 길이의 패킷을 전송하고 가장 긴 패킷에 대해 동기 전송을 하는 환경에서는 짧은 길이의 패킷을 전송한 후에 사용되지 않는 슬롯 시간의 존재로 인하여 낮은 채널 효율을 가진다⁽³⁾⁽⁴⁾. 그러나, 재전송 알고리즘(Retransmission Algorithm)과 신호 포획 현상(Capture Effect) 등을 이용하여 낮은 채널 효율을 개선하고자 하였다.

무선망에서 발생하는 신호 포획 현상은 다원 접속 프로토콜의 연구에서 많은 관심을 끌고 있다. 신호 포획 현상이 발생하는 경우에는 충돌된 패킷 중에서 하나의 패킷은 성공적으로 수신되므로 전형적인 s-ALOHA 프로토콜에 비하여 높은 채널 효율을 얻을 수 있다⁽⁵⁾⁽¹²⁾. 그래서, 이러한 신호 포획 현상을 이용한 프로토콜에 대한 연구가 진행되어 왔다. 무선망에서 전송된 신호는 원근 현상(Near-Far Effect)과 페이딩(Fading)의 영향에 의해 신호 전력 레벨이 감소하게 된다. 대도시의 빌딩이 밀집된 지역에서는 그늘 현상(Shadowing)현상과 다경로(Multi-path)페이딩으로 인하여 신호 감쇄 현상은 더욱 뚜렷해진다. 이러한 자연적인 신호 감쇄 현상은 신호 포획 현상을 발생시키므로 프로토콜의 성능을 향상시킨다.

또한, 신호 포획 현상을 이용한 연구는 이러한 현상을 인위적으로 발생시킴으로써 프로토콜의 성능을 향상시키고자 하였다. Metzner는 사용자들을 높은 전력 집단과 낮은 전력 집단으로 나눌 것을 제안하였다⁽⁶⁾. 이후 연구는 각 패킷을 k개의 전력 레벨 중의 하나로 할당하여 전송하는 프로토콜과 신호들을 k개의 신호 전력 중의 하나로 전송하는 프로토콜 등에 대한 연구가 진행되었다⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

본 논문에서 제안된 프로토콜은 개선된 전력 할당 제어와 전송 제어(Modified Power Assignment and Transmission Control)를 사용하여 채널 효율 특성을 개선하였다⁽¹⁰⁾. 개선된 전력 할당 제어는 본 논문에서 제안한 규칙에 의해 각 패킷에 다양한 전송 전력을 할당함으로써 인위적인 신호 포획 현상이 발생하도록 하였다. 그리고, 개선된 전송 제어는 각 패킷의 길이에 따라서 패킷의 전송 시점을 달리함으로써 패킷간의 충돌의 확률을 감소시켰다. 제안된 프로토콜이 기존 프로토콜에 비하여 향상된 성능을 가짐을 보이고자 하였다.

II. 제안된 프로토콜

모든 기지국들이 슬롯화된 채널을 공유할 때 서로 다른 전력 레벨로 들어온 패킷들 사이에는 신호 포획 현상(Capture Effect)이 존재한다. 신호 포획 현상이란 패킷간에 충돌이 발생하였을 때 가장 높은 전력으로 슬롯에 들어온 패킷이 수신되는 현상이다. 만일 슬롯에 도착된 패킷들이 같은 전력 레벨이라면 신호 포획 현상이 발생하지 않고 모두 재전송 되어야 한다.

본 논문에서 제안한 프로토콜을 위하여 다음과 같은 신호 포획 모델로 부터 임계 신호 포획 모델(Threshold Capture Model)과 이상적인 신호 포획 모델(Perfect Capture Model)을 설정하였다.

$$S_i > w + \sum_{k=1}^c S_k, k \neq i \quad (1)$$

S_i : 가장 큰 전송 전력을 가지는 신호의 전력

w : 신호 포획 현상이 발생하기 위한 전력차

c : 신호 포획률

S_k : 가장 큰 전송전력을 가지지 않는 간섭신호의 전력

임계 신호 포획 모델은 식 (1)에서 c 가 유한한 값을 가지는 경우가 된다. 즉, 동시에 전송된 패킷 중에서 가장 큰 전송전력을 가지는 패킷은 다른 패킷들의 상호간섭신호들의 c 개 이하의 합에 대하여 신호포획현상을 발생시킨다. 제안된 프로토콜에서는 각 슬롯이 신호포획률 c 만큼의 전력차를 가지고 있다. 그러므로, 프레임 안의 임의의 슬롯에서 발생된 패킷은 그 다음 슬롯에서 발생된 c 개 이상의 패킷에 의해서만 영향을 받는다.

이상적인 신호 포획 모델은 식 (1)에서 c 가 무한대인 경우가 된다. 즉, 동시에 전송된 패킷 중에서 가장 큰 전송전력을 가지는 패킷은 다른 패킷들의 상호간섭신호의 크기에 상관없이 수신될 수 있다. 프레임 안의 임의의 슬롯에서 발생된 패킷은 그 이후 슬롯에서 발생된 패킷에 영향을 받지 않는다. 즉, 그 이후에 발생된 모든 패킷에 대해 신호 포획 현상을 가진다.

본 논문에서 제안한 프로토콜은 패킷의 발생시점에 따라서 각각 다른 전송전력으로 패킷을 전송함으로써 인위적인 신호 포획 현상(Capture Effect)이 발생하도록 하는 것으로, 기존 프로토콜의 전송 전력 할당 제어(Power Assignment Control)와 즉시 전송 제어(Immediate Transmission Control)⁽⁹⁾를 개선하여 채널효율(Throughput)과 시스템 안정성(Stability)

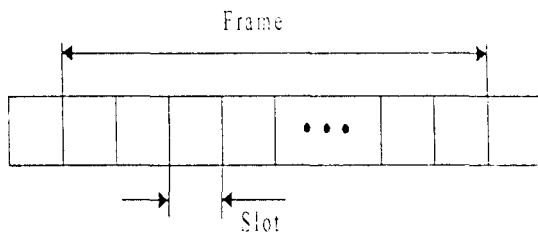


그림 1. 슬롯과 프레임의 정의
Fig. 1. Definition of Frame and Slot.

을 높이고자 하였다⁽¹⁰⁾.

제안된 프로토콜은 슬롯화된 채널(slotted channel)을 그림 1과 같이 프레임(Frame)과 슬롯(Slot)으로 구분하였다. 이때, 슬롯의 길이를 T 라 하고, 프레임의 길이는 1 로 정규화 하였다. 그리고, 각 프레임은 N 개의 슬롯으로 구성되어 있다.

제안된 프로토콜은 패킷의 길이(Length of packet)에 따른 전송 제어와 패킷의 발생시점(Generation time of packet)에 따른 전송제어를 하고 있다. Yamamoto 가 제안한 프로토콜⁽⁹⁾의 즉시 전송 제어는 한 슬롯 안에서 패킷이 발생하면 즉시 패킷을 전송함으로써 한 슬롯만을 고려할 때 순수 알로하(pure ALOHA)의 개념으로 전송 제어를 하고 있다. 그러나, 제안된 프로토콜은 한 프레임만을 고려할 때 슬롯형 알로하(slotted ALOHA)의 개념을 적용함으로써 패킷간의 충돌확률을 감소시켰다. 그리고, 본 논문에서 제안한 개선된 전력 할당 제어(Modified Power Assignment Control)는 그림 2와 같이 한 프레임 안의 각 슬롯은 고유의 전송전력을 가지고 있고, 시간이 지남에 따라 할당받는 전송전력을 감소시켰다. 그리고, 각 슬롯은 신호 포획 현상이 발생할 수 있을 정도의 전력차를 가진다. 따라서, 한 프레임 안에서는 먼저 발생한 패킷이 이후 발생한 다른 패킷에 대해서 신호 포획 현상을 가진다.

제안된 프로토콜은 한 프레임 안의 임의의 슬롯에서 패킷이 발생하였을 경우 다음 슬롯으로 부터 현재 프레임의 마지막 슬롯 동안에 패킷의 전송을 완료할 수 있으면 패킷을 다음 슬롯에서 패킷을 전송한다. 이것을 슬롯

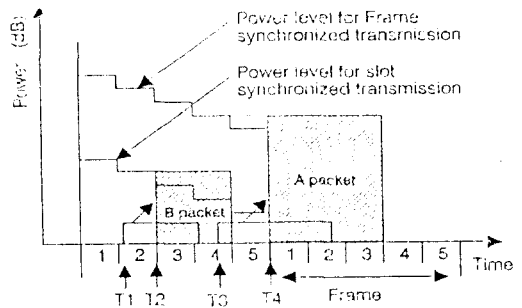


그림 2. 제안된 프로토콜에서 패킷의 전송방법
Fig. 2. Principle of packet transmission in proposed protocol.

동기전송(Slot Synchronized Transmission)이라고 한다. 그리고, 임의의 슬롯에서 발생된 패킷이 다음 슬롯으로 부터 프레임의 마지막 슬롯 동안에 패킷의 전송을 완료할 수 없다면 패킷을 다음 프레임의 시작점에서 전송을 한다. 이것을 프레임 동기전송(Frame Synchronized Transmission)이라고 한다. 이때 프레임 동기전송은 슬롯 동기전송에 비하여 높은 전송전력을 가짐으로써 프레임 동기전송되는 패킷은 슬롯 동기전송되는 패킷에 대하여 신호 포획 현상을 가진다.

그림 2는 제안된 프로토콜에서 패킷을 전송하는 과정을 예를 들어 보여주고 있다. T1에서 발생된 패킷 B는 프레임의 나머지 구간에서 전송을 완료할 수 있으므로 다음 슬롯인 T2에서 패킷을 전송한다. 그러나, T3에서 발생된 패킷 A는 프레임의 나머지 구간에서 전송을 완료할 수 없으므로 다음 프레임의 시작점인 T4에서 큰 전송 전력을 가지고 전송이 된다.

제안된 프로토콜은 패킷의 길이(Length of packet)에 따른 전송 제어에서 여러 패킷이 같은 슬롯에서 발생되더라도 발생된 패킷의 길이에 따라서 전송시기를 달리 하여서 패킷간의 충돌확률을 감소시켰다. 그리고, 패킷의 발생시점(Generation time of packet)에 따른 전송제어에서는 프레임 전체에서 여러 패킷이 발생하더라도 신호 포획 현상에 의해 패킷이 올바르게 수신되도록 하였다.

무선망내에서 발생하는 패킷의 종류를 다르게 하여서 제안된 프로토콜을 분석하였다. 무선망내에서 프레임의 길이를 가지는 한 종류의 패킷이 발생하는 경우와 프레임의 길이를 가지는 긴 패킷(Long packet)과 프레임보다 작은 길이를 가지는 짧은 패킷(Short packet)이 발생하는 경우와 다양한 길이의 패킷이 발생하는 경우를 가정하였다.

Ⅲ. 프로토콜 분석

프로토콜을 분석하기에 앞서 다음과 같은 조건을 가정하였다. 무선망내의 사용자의 수는 무한하며, 사용자들은 하나의 이상적인 채널을 사용한다. 그리고, 기지국에 도착하는 패킷의 수는 포아송 분포로 가정한다. 그리고, 충돌된 패킷들은 랜덤한 지연 시간을 가진 후 재전송되며, 이때의 재전송 트래픽은 수신기에 도달하는 입력 트래픽에 포함하여 해석하였다.

시스템 내의 임의의 사용자가 패킷을 전송할 때, 기지국에 도착하는 패킷의 총수 N은 랜덤 변수이고 포아송 분포를 가진다. 이의 확률 분포는 다음과 같다⁽¹⁴⁾⁻⁽¹⁶⁾.

$$P\{N=i\} = \frac{G^i}{i!} e^{-G} \quad (2)$$

여기서 G는 시스템 내에서 각 사용자가 전송하는 단위 시간당 총트래픽의 양이다.

제안된 프로토콜에 임계 신호 포획 모델과 이상적인 신호 포획 모델을 적용하였다. 임계 신호 포획 모델을 적용하면 임의의 슬롯에서 발생된 패킷은 그 이후의 슬롯에서 발생하는 c개 이하의 패킷에 대해 신호 포획 현상을 발생한다. 그러나, 본 논문에서는 제안된 프로토콜에 대한 분석을 용이하게 하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다. 제안된 프로토콜은 각 슬롯이 신호포획률 c만큼의 전력차를 가지므로 임의의 슬롯에서 발생된 패킷은 그 다음 슬롯에서 발생하는 패킷에 의해서만 영향을 받는다고 가정할 수 있다. 그리고, 이상적인 신호 포획 모델은 임계 신호 포획 모델에서 신호 포획률 c를 무한대로 수렴시켜서 구하였다.

제안된 프로토콜을 적용할 무선망의 조건은 다음과 같다. 무선망 내의 각 사용자가 전송하는 패킷의 종류는 하나이고, 패킷의 길이는 프레임의 길이인 1이라고 가정한다. 이 경우 프레임 안의 임의의 슬롯에서 발생된 패킷은 그 이후에 발생하는 패킷에 대해 신호 포획 현상을 발생하므로 채널효율을 향상시킨다.

임계 신호 포획 모델을 적용하였다. 슬롯 i에서 발생된 패킷은 슬롯 1에서 i-1번째 슬롯까지 패킷의 발생이 없고, 현재 슬롯에서 한 개의 패킷이 발생하면 패킷의 전송이 성공하게 된다. 그리고, 앞에서 한 가정에 의해 i+1번째 슬롯에서 c개 이하의 패킷이 발생하여야 한다.

따라서, 슬롯 i에서 발생한 패킷의 전송이 성공할 확률 P_i 는

$$P_i = e^{-(i-1)\lambda T} \lambda T e^{-\lambda T} \sum_{j=0}^c \frac{(\lambda T)^j}{j!} e^{-\lambda T} \quad (3)$$

이다. 따라서, 프레임 전체에 대한 패킷의 성공률 P는 전확률의 법칙에 의해

$$P = \sum_{i=1}^{N-1} \left\{ \lambda T e^{-i\lambda T} \sum_{j=0}^c \frac{(\lambda T)^j}{j!} e^{-\lambda T} \right\} + \lambda T e^{-N\lambda T} \quad (4)$$

이다. 그리고, 프레임 전체에서의 채널 효율 S 는 패킷의 성공률 P 에 패킷의 길이를 곱함으로써 구할 수 있다.

$$S = NT \times P$$

$$= NT \left[\sum_{i=1}^{N-1} \left\{ \lambda T e^{-\lambda T} \sum_{j=i}^{N-1} \frac{(\lambda T)^j}{j!} e^{-\lambda T} \right\} + \lambda T e^{-N\lambda T} \right] \quad (5)$$

이상적인 신호 포획 모델을 적용한 경우에 슬롯 i 에서 발생한 패킷은 슬롯 1에서 $i-1$ 번째 슬롯까지 패킷의 발생이 없고, 현재 슬롯에서 한 개의 패킷이 발생하면 패킷의 전송이 성공하게 된다. 그리고, $i+1$ 번째 슬롯 이후에 발생하는 패킷에 의하여 영향을 받지 않는다. 이것은 임계 신호 포획 모델을 사용하였을 경우에서 신호 포획률 c 가 무한대일 경우이다. 그러므로, 식 (5)에서 c 를 무한대로 수렴시키면, 이상적인 신호 포획 모델을 적용하였을 경우의 채널 효율 S 는

$$S = NT \sum_{i=1}^N \lambda T e^{-\lambda T} \quad (6)$$

이다.

한 프레임에 입력되는 총트래픽 G 는 입력 트래픽 λ 에 패킷의 길이 NT 를 곱한 것이 된다. 그림 3은 임계신호 포획모델을 사용하였을 때의 식 (5)를 그림으로 나타낸 것으로 신호포획률과 채널효율과의 관계를 보여주고 있다. 신호포획률 c 가 증가함에 따라 채널효율이 증가하고 있다. 그리고, 표 1과 표 2를 비교하였을 때, 임계 신호 포획 모델에서 $c=3$ 이면 충분히 이상적인 신호포획

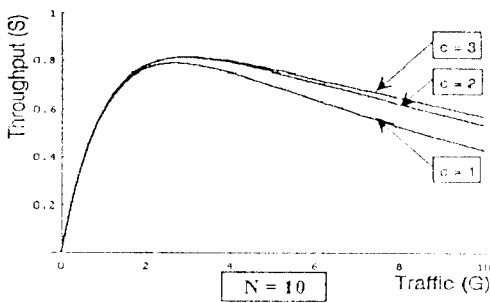


그림 3. $N=10$ 일 때 c 에 대한 채널효율특성
Fig. 3. Throughput versus channel traffic with $N=10$ and c with parameter.

모델의 결과에 도달함을 확인하였다. 그림 4는 이상적인 신호 포획 모델에서 전송전력레벨의 수 N 과 입력 총트래픽 G 와의 관계를 보여주고 있다. 표 2는 그림 4에서 각 전송전력레벨의 수 N 에서 최대 채널효율 (Maximum Throughput)을 가질 때의 G 값을 보여주고 있다. 전송전력레벨의 수 N 이 증가함에 따라서 최대채널효율이 높아지고, G 의 증가에 따른 채널효율의 감소가 현저하게 개선되었다.

제한된 프로토콜을 적용할 무선휘망의 조건을 다음과 같이 변경하여 분석하였다. 사용자들이 전송하는 패킷은 긴 패킷(Long packet)과 짧은 패킷(Short packet)이다. 긴 패킷의 길이는 1 이고, 짧은 패킷은 H 의 길이를 가진다. 이때 $H \leq 1/2$ 인 관계식을 만족한다고 한다. 왜냐하면 $H > 1/2$ 인 경우에는 슬롯 동기 전송이 발생하지 않기 때문에 제한된 프로토콜의 장점을 상실한다. 긴 패킷의 단위 시간당 평균 입력 트래픽은 $\lambda_l = \lambda(1-r)$, 짧은 패킷의 단위 시간당 평균 입력 트래픽은 $\lambda_s = \lambda r$ 이며, 전체 입력 트래픽은 $\lambda = \lambda_l + \lambda_s$ 이다. 그리고, r 은 전체 입력 트래픽 중에서 짧은 패킷이 차지하는 비율이다.

임계 신호 포획 모델을 적용한 경우에는 긴 패킷과 짧은 패킷의 성공률을 각각 구한 후 패킷의 평균 길이를 곱하여 채널효율을 구할 수 있다.

먼저, 긴 패킷의 전송이 성공할 확률은 프레임을 두 구간으로 구분하여 패킷의 성공률을 구한 후 전확률의 법칙을 적용하여 구한다.

긴 패킷이 슬롯 1에서 $N-H$ 슬롯 사이의 슬롯 i 에서 발생한 경우에는 슬롯 1에서 부터 긴 패킷이 발생한 슬

표 1. $N = 10$ 일 때 c 값의 변화에 대한 최대채널효율
Table 1. Maximum throughput versus channel traffic with $N=10$ and c .

c	Total Traffic(G)	Max. Throughput
1	2.68	0.788
2	2.94	0.812
3	3.00	0.814
10	3.00	0.815

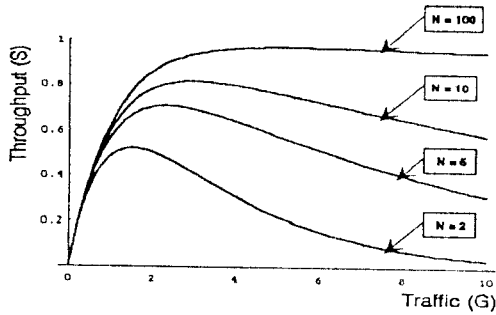


그림 4. N의 변화에 대한 채널효율특성
Fig. 4. Throughput versus channel traffic with N.

표 2. 전송전력 레벨의 수 N에 대한 최대채널효율
Table 2. Maximum throughput versus channel traffic with N.a

H	Total Traffic(G)	Max. Throughput
2	1.51	0.52
5	2.33	0.71
10	3.00	0.81
100	5.30	0.97

롯까지 다른 긴 패킷의 전송이 없어야 하고, 슬롯 i에서 한 개의 긴 패킷이 발생하여야 한다. 그리고 슬롯 i+1에서 c개 이하의 긴 패킷이 발생할 확률을 고려해야 한다. 그리고, N-H번째 슬롯에서 긴 패킷이 발생하면 그 다음 N-H+1 슬롯에서 c개 이하의 긴 패킷과 짧은 패킷의 발생을 고려해야 한다. 이 구간에서 긴 패킷의 전송이 성공할 확률을 P_{N-H} 이라 한다. 그리고, 긴 패킷이 슬롯 N-H+1에서 N 사이의 슬롯 i에서 발생한 경우에는 짧은 패킷도 프레임 동기 전송이 되기 때문에 짧은 패킷의 발생을 고려해야 한다. 그러므로, 슬롯 N-H+1에서 j까지 짧은 패킷의 전송이 없고, 슬롯 1에서 i-1까지 긴 패킷의 전송이 없어야 하고, 현재 슬롯 i에서 한 개의 긴 패킷이 발생하여야 한다. 그리고 슬롯 i+1에서 c개 이하의 긴 패킷과 짧은 패킷이 발생할 확률을 고려해야 한다. 그리고, N번째 슬롯에서 긴 패킷이 발생하면 다음 슬롯에서 발생하는 패킷을 고려할 필요가 없다. 이 구간에서 긴 패킷의 전송이 성공할 확률을 P_N 이라 한다. 따라서 전체 슬롯 동안의 긴 패킷의 성공률 P_l 은

$$\begin{aligned}
 P_l &= P_{N-H} + P_N \\
 &= \left[\sum_{i=1}^{N-H-1} \left\{ \lambda_i T e^{-\lambda_i T} \sum_{j=0}^{c-1} \frac{(\lambda_j T)^j}{j!} e^{-\lambda_j T} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + \lambda_i T e^{-\lambda_i(N-H)T} \sum_{j=0}^{c-1} \frac{(\lambda_j T)^j}{j!} e^{-\lambda_j T} \right] \\
 &\quad + \left[\sum_{i=N-H+1}^N \left\{ e^{-\lambda_i(i-(N-H))T} \lambda_i T e^{-\lambda_i T} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \sum_{j=0}^{c-1} \frac{(\lambda_j T)^j}{j!} e^{-\lambda_j T} \right\} + e^{-\lambda_i H T} \lambda_i T e^{-\lambda_i N T} \right] \quad (7)
 \end{aligned}$$

이다.

그리고, 짧은 패킷이 발생하는 경우에 성공할 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

프레임을 세 구간으로 나누어서 짧은 패킷의 성공률을 구한 후 결합하면 프레임 전체에서의 짧은 패킷의 성공률을 구할 수 있다.

짧은 패킷이 슬롯 1에서 H-1 사이의 슬롯 i에서 발생하는 경우에는 현재 프레임의 시작점에서 동기 전송이 발생하지 않아야 한다. 그리고, 슬롯 1에서 슬롯 i-1까지 짧은 패킷이 발생하지 않아야 하고, 현재의 슬롯에서 한개의 짧은 패킷이 발생하여야 한다. 동기 전송이 발생하지 않을 확률은 이전 프레임 동안 긴 패킷이 발생하지 않고, 이전 프레임의 마지막 H 슬롯 동안 짧은 패킷이 발생하지 않을 확률이다. 그리고, 슬롯 i+1에서 c개 이하의 짧은 패킷이 발생할 확률을 고려해야 한다. 1에서 H-1 슬롯 동안 짧은 패킷의 전송이 성공할 확률을 P_H 라 한다.

슬롯 H에서 N-H 사이의 슬롯 i에서 발생하는 경우에는 짧은 패킷의 동기 전송은 현재 슬롯까지 영향을 미치지 않기 때문에 긴 패킷의 동기 전송이 없어야 한다. 그리고, i-H 슬롯에서 i-1 슬롯까지는 짧은 패킷의 발생이 없어야 하고, 현재 슬롯에서 짧은 패킷이 하나만 발생하여야 한다. 그리고, 슬롯 i+1에서 c개 이하의 짧은 패킷이 발생할 확률을 곱해 주어야 한다. 그리고, 짧은 패킷이 N-H에서 발생하는 경우에는 그 이후에 발생하는 패킷에 영향을 받지 않는다. H에서 N-H 슬롯 동안 발생된 패킷의 성공할 확률을 P_{N-H} 라 한다.

슬롯 N-H+1에서 N사이의 슬롯 i에서 발생하는 경우에는 발생된 짧은 패킷은 동기 전송이 된다. 따라서 현

재 프레임에서 슬롯 i 번째까지 긴 패킷의 전송이 없어야 한다. 그리고, $i-1$ 에서 $N-H$ 슬롯 동안에 짧은 패킷이 발생하지 않아야 한다. 그리고, 현재 슬롯에서 짧은 패킷이 하나만 발생하여야 한다. 그리고, 슬롯 $i+1$ 에서 c 개 이하의 패킷이 발생할 확률을 고려해야 한다. 슬롯 N 에서 발생하는 경우에는 그 이후에 발생하는 패킷에 영향을 받지 않는다. $N-H+1$ 에서 N 슬롯 동안 발생한 패킷의 성공할 확률을 P_N 이라 한다.

따라서, 한 프레임 안에서 발생한 짧은 패킷의 성공률 P_s 는

$$\begin{aligned}
 P_s &= P_H + P_{N-H} + P_N \\
 &= \left[\sum_{i=1}^{H-1} e^{-\lambda_i NT} e^{-\lambda_i HT} \lambda_i T e^{-\lambda_i T} \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right] \\
 &\quad + \left[\sum_{i=H}^{N-H-1} \left\{ e^{-\lambda_i NT} \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + e^{-\lambda_i NT} \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \right] \\
 &\quad + \left[\sum_{i=N-H+1}^{N-1} e^{-\lambda_i i T} \lambda_i T e^{-\lambda_i (i-(N-H)) T} \right. \\
 &\quad \left. \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} + e^{-\lambda_i NT} \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \right]
 \end{aligned} \tag{8}$$

이다. 따라서, 전체 채널 효율 S 는 각각의 패킷의 성공률에 패킷의 길이를 곱하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 S &= NT \times P_i + HT \times P_s, \quad (-NT=1) \\
 &= \left[\sum_{i=1}^{N-H-1} \left\{ \lambda_i T e^{-\lambda_i i T} \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + \lambda_i T e^{-\lambda_i (N-H) T} \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right] \\
 &\quad + \left[\sum_{i=N-H+1}^{N-1} \left\{ e^{-\lambda_i (i-(N-H)) T} \lambda_i T e^{-\lambda_i i T} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right\} + e^{-\lambda_i HT} \lambda_i T e^{-\lambda_i i T} \right] \\
 &\quad + HT \times \left[\sum_{i=1}^{N-H-1} e^{-\lambda_i NT} e^{-\lambda_i HT} \lambda_i T e^{-\lambda_i T} \right]
 \end{aligned} \tag{9}$$

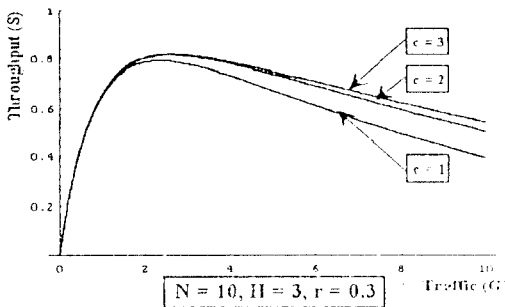


그림 5 $N=10, r=0.3, H=3$ 일 때 c 에 대한 채널효율
 Fig. 5. Throughput versus channel traffic with $N=10, r=0.3, H=3$ and c with parameter.

$$\begin{aligned}
 &\sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \left] + \left[\sum_{i=H}^{N-H-1} \left\{ e^{-\lambda_i NT} \right. \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + e^{-\lambda_i NT} \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \right] \\
 &+ \left[\sum_{i=N-H+1}^{N-1} e^{-\lambda_i i T} \lambda_i T e^{-\lambda_i (i-(N-H)) T} \right. \\
 &\quad \left. \sum_{i=0}^{N-H-1} \frac{(\lambda_i T)^i}{i!} e^{-\lambda_i T} + e^{-\lambda_i NT} \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} \right]
 \end{aligned}$$

이상적인 신호 포획 모델을 적용한 경우는 임계신호포획 모델을 사용하였을 경우에서 신호 포획률 c 가 무한대일 경우에 해당된다. 그러므로, 식 (9)에서 c 를 무한대로 수렴시킴으로써 채널효율을 구할 수 있다. 따라서, 채널 효율 S 는

$$\begin{aligned}
 S &= \left[\sum_{i=1}^{N-H} \lambda_i T e^{-\lambda_i i T} + \sum_{i=N-H+1}^N e^{-\lambda_i (i-(N-H)) T} \lambda_i T e^{-\lambda_i i T} \right] \\
 &\quad + HT \times \left[\sum_{i=1}^{N-H-1} e^{-\lambda_i NT} e^{-\lambda_i HT} \lambda_i T e^{-\lambda_i T} + \sum_{i=H}^{N-H-1} e^{-\lambda_i NT} \right. \\
 &\quad \left. \lambda_i T e^{-\lambda_i HT} + \sum_{i=N-H+1}^N e^{-\lambda_i i T} \right. \\
 &\quad \left. \lambda_i T e^{-\lambda_i (i-(N-H)) T} \right]
 \end{aligned} \tag{10}$$

이다.

한 프레임에 입력되는 총트래픽 G 는 입력 트래픽 λ 에 패킷의 평균길이를 곱한 것이 된다. 그림 5는 임계신호포획모델을 사용하였을 때의 식 (9)를 그림으로 나타낸 것으로 신호포획률과 채널효율과의 관계를 보여주고 있다. 신호포획률 c 가 증가함에 따라 채널효율이 증가하고 있다. 그리고, 표 3에서 보는 바와 같이 임계 신호 포획 모델에서 $c=3$ 이면 충분히 이상적인 신호포획모델의 결과에 도달함을 확인하였다. 그림 6은 이상적인 신호 포

표 3. $N=10, H=3, r=0.3$ 일 때 c 의 변화에 대한 최대채널효율
 Table 3. Maximum throughput versus channel traffic with $N=10, H=3, r=0.3$ and c .

c	Total Traffic(G)	Max. Throughput
1	2.34	0.790
2	2.58	0.814
3	2.63	0.816
5	2.63	0.816
10	2.63	0.816

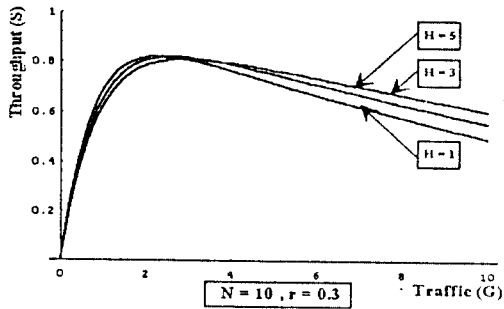


그림 6. N=10, r=0.3일 때 H에 대한 출력효율
Fig. 6. Throughput versus channel traffic with N=10, r=0.3 and H with parameter.

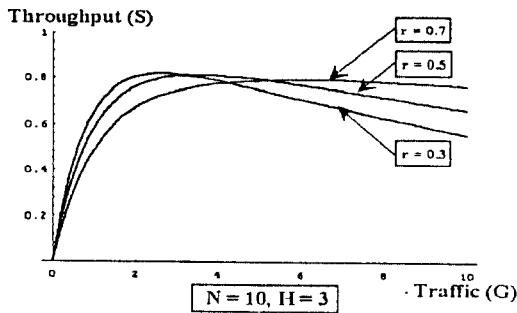


그림 7. N=10, H=3일 때 r에 대한 채널효율
Fig. 7. Throughput versus channel traffic with N=10, H=3 and r with parameter.

획 모델에서 전송전력레벨의 수 $N=10$ 이고, 짧은 패킷의 발생비율 $r=0.3$ 일 때에 짧은 패킷의 길이 H 와 채널효율과의 관계를 보여주고 있다. 짧은 패킷의 길이 H 가 커질수록 채널효율이 조금씩 증가하고 있다. 그림 7은 이상적인 신호 포획 모델에서 전송전력레벨의 수 $N=10$ 이고, 짧은 패킷의 길이 $H=3$ 일 때에 짧은 패킷의 발생률 r 과 채널효율과의 관계를 보여주고 있다. 짧은 패킷의 발생률 r 이 증가함에 따라 채널효율이 증가하고 있다. 그림 6과 7을 비교 분석하면, 그림 6에서의 짧은 패킷의 길이 H 의 변화에 대한 최대 채널효율(Maximum Throughput)의 변화는 그림 7에서의 짧은 패킷의 발생률 r 의 변화에 대한 최대 채널효율의 변화에 비해 둔감하다(표3과 4를 참조). 따라서, 주어진 무선망에서는 변수 r 이 채널효율의 변화에 더 큰 영향을 주고 있다.

표 4. N=10, r=0.3 일 때 H의 변화에 대한 최대채널효율
Table 4. Maximum throughput versus channel traffic with N=10, r=0.3 and H.

H	Total Traffic(G)	Max. Throughput
1	2.30	0.818
2	2.46	0.819
3	2.63	0.817
4	2.78	0.813
5	2.93	0.807

표 5. N=10, H=3 일 때 r의 변화에 대한 최대채널효율
Table 5. Maximum throughput versus channel traffic with N=10, H=3 and r.

r	Total Traffic(G)	Max. Throughput
0.2	2.35	0.817
0.3	2.63	0.817
0.5	3.52	0.813
0.7	6.15	0.793
0.8	10.61	0.778

제한된 프로토콜을 적용할 무선망의 조건을 다음과 같이 변경하여 분석하였다. 무선망내에는 다양한 종류의 패킷이 발생한다고 가정한다. 이때 발생하는 패킷의 종류는 한 프레임 안의 구분되어지는 슬롯의 수로써 결정된다. 그러므로, 한 프레임이 N 개의 슬롯으로 구성되어 있으면 발생하는 패킷은 1에서 N 까지의 길이를 가진다. 전체 입력 트래픽은 각 패킷의 단위시간당 입력 트래픽 λ_i 의 합이고, 전체 입력 트래픽 λ 는

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N \quad (11)$$

이다.

먼저, 임계 신호 포획 모델을 적용하여 분석하였다. 예를 들어, 길이가 k 인 패킷은 프레임 안에서 발생한 슬롯에 따라 프레임 동기 전송과 슬롯 동기 전송으로 나

누어서 전송이 된다. 그러므로, 길이가 k인 패킷의 전송이 성공할 확률은 슬롯별로 전송모드를 고려하여 구한 후 전체 프레임 구간에 대한 확률을 구하면 된다.

프레임 동기 전송이 슬롯 동기 전송에 비해서 큰 전송 전력을 가지므로 두 가지 동기 전송으로 전송된 패킷이 충돌할 경우 프레임 동기 전송된 패킷이 올바르게 수신되고 슬롯 동기 전송된 패킷은 재전송된다. 그러므로, 슬롯 동기 전송의 경우에는 이전 프레임에서의 프레임 동기 전송이 현재 프레임의 패킷이 발생한 슬롯에 영향을 주지 않을 확률을 고려해야 한다.

임계 신호 포획 모델의 경우에 예를 들어 한 프레임 안의 슬롯 i에서 발생하는 패킷은 다음 슬롯에서 발생하는 패킷에 비해 큰 전송전력을 가져서 신호포획현상에 의해 올바르게 수신된다. 그렇지만, 슬롯 i 이후에 발생한 패킷의 간섭전력이 어느 임계치를 넘는 경우에는 신호 포획 현상이 발생하지 않으므로 슬롯 i에서 발생한 패킷도 재전송된다. 그러므로, 패킷의 성공률은 다음 슬롯에서 c개 이하의 패킷이 발생할 확률을 고려하여야 한다.

따라서, 채널 효율 S는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S = \sum_{i=1}^N i T P_i = (P_1 + 2 \times P_2 + \dots + (N-1) \times P_{N-1} + N \times P_N) \times T \quad (12)$$

l = 패킷의 길이, N = 레벨의 수, T = 슬롯의 길이

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{N-1} + \lambda_N$$

$$S = \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \sum_{k=1}^N \left(e^{-\sum_{m=1}^k \lambda_m T} \lambda_i T \prod_{j=1}^k e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_m T} \sum_{m=0}^{N-k} \left(\frac{\sum_{m=1}^{N-k} \lambda_m T \right)^i e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_m T} \right) + \frac{l}{N} \sum_{k=N}^N \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^{(i-N+k)} \lambda_m T} \sum_{m=0}^{N-k} \left(\frac{\sum_{m=1}^m \lambda_m T \right)^i e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_m T} \right) \right] + \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^i \lambda_m T} + \frac{l}{N} \sum_{k=1}^i \left(e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_m T} \lambda_i T \prod_{j=1}^k e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_m T} \right) + \frac{l}{N} \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^i \lambda_m T} \right) \right] \quad (13)$$

식 (13)에서 분석을 쉽게 하기 위하여 각 패킷의 입력 트래픽이 같은 값을 가진다고 가정한다.

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_{N-1} = \lambda_N, \quad \lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i = N \times \lambda_i \quad (14)$$

그러므로, 식 (13)의 채널 효율 S는 다음과 같이 간

략화 된다.

$$S = \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \sum_{k=1}^N \left(e^{-\sum_{m=1}^k \lambda_i T} \lambda_i T e^{-k(N-k)\lambda_i T} \sum_{m=0}^{N-k} \left(\frac{((N-k-1)\lambda_i T)^m}{m!} e^{-(N-k-1)\lambda_i T} \right) + \frac{l}{N} \sum_{k=N}^N \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^{(i-N+k)} \lambda_i T} \sum_{m=0}^{N-k} \left(\frac{((k+1)\lambda_i T)^m}{m!} e^{-(k+1)\lambda_i T} \right) \right) \right] + \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^i \lambda_i T} \right] + \frac{l}{N} \sum_{k=1}^N \left(e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_i T} \lambda_i T e^{-k(N-k)\lambda_i T} \right) + \frac{l}{N} \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^{(i-N+k)} \lambda_i T} \right) \quad (15)$$

이상적인 신호 포획 모델을 적용한 경우는 임계신호포획 모델을 적용하였을 경우에서 신호 포획률 c가 무한대일 경우에 해당된다. 그러므로, 식 (13)와 식(15)에서 c를 무한대로 수렴시킴으로써 채널효율을 구할 수 있다. 따라서, 식 (13)로 부터 이상적인 신호 포획 모델에서의 채널 효율 S는

$$S = \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \sum_{k=1}^N \left(e^{-\sum_{m=1}^k \lambda_i T} \lambda_i T \prod_{j=1}^k e^{-\sum_{m=1}^m \lambda_i T} \right) + \frac{l}{N} \sum_{k=N}^N \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^{(i-N+k)} \lambda_i T} \right) \right] \quad (16)$$

이다. 그리고, 수치해석을 쉽게 하기 위하여 각 패킷의 입력 트래픽이 같은 값을 가진다고 가정하여 구한 식 (15)로 부터 얻어진 채널효율 S는 다음과 같다.

$$S = \sum_{i=1}^N \left[\frac{l}{N} \sum_{k=1}^N \left(e^{-\sum_{m=1}^k \lambda_i T} \lambda_i T e^{-k(N-k)\lambda_i T} \right) + \frac{l}{N} \sum_{k=N}^N \left(\lambda_i T e^{-\sum_{m=1}^{(i-N+k)} \lambda_i T} \right) \right] \quad (17)$$

그림 8은 전송 전력 레벨의 수 N=10일 때 신호 포획률 c와 채널효율과 관계를 보여주고 있다. 그리고, 표 6은 각각의 c 값에 따른 최대 채널효율과 입력트래픽을 나타낸 것이다. 신호포획률 c가 증가함에 따라서 채널효율이 조금씩 증가하고 있다. 그리고, 표 6과 표 7을 비교하면 임계 신호 포획 모델에서 c=3일 때 이상적인 신호 포획 모델을 적용한 경우에 근접하고 있다. 그리고, 그림 9는 이상적인 신호 포획 모델을 적용한 경우에 전송 전력 레벨의 수 N과 채널효율과의 상관 관계를 변화를 보여주고 있다. 전송 전력 레벨의 수 N이 증가함에 따라서 채널효율특성이 향상되었다.

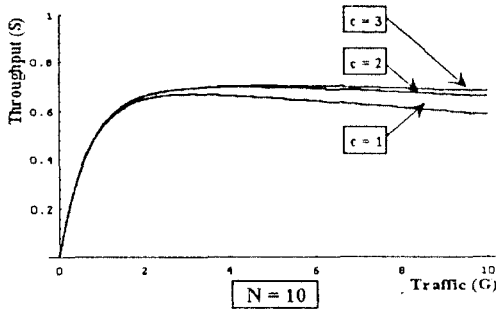


그림 8. N=10 에서 c에 대한 채널효율
Fig. 8. Throughput versus channel traffic with N=10 and c with parameter.

표 6. N=10 일 때 c의 변화에 대한 최대채널효율
Table 6. Maximum throughput versus channel traffic with N=10 and c.

c	Total Traffic(G)	Max. Throughput
1	3.14	0.669
2	4.22	0.698
3	4.84	0.705
5	5.05	0.706
10	5.05	0.706

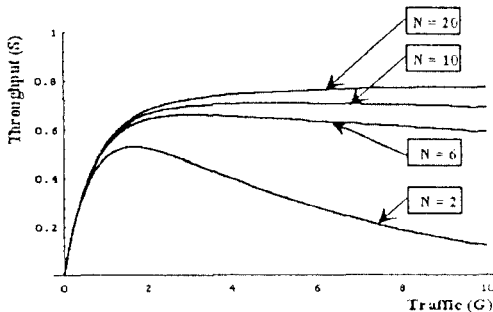


그림 9. N에 대한 채널효율
Fig. 9. Throughput versus channel traffic with N.

표 7. 전송전력 레벨의 수 N의 변화에 대한 최대채널효율
Table 7. Maximum throughput versus channel traffic with N.

N	Total Traffic(G)	Max. Throughput
2	1.67	0.53
6	3.07	0.66
10	5.06	0.70
20	26.8	0.84

IV. 시뮬레이션 및 비교

제안된 프로토콜을 분석하여 얻은 수학적 결과의 타당성을 입증하기 위하여 다음과 같은 조건하에서 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 충돌된 패킷들은 k 임의 지연 시간 알고리즘(k random delay algorithm)을 사용하여 재전송 하였다. 그리고, 이상적인 채널(ideal channel)을 가정하였다. 이상적인 채널에서는 패킷의 수신에 채널의 상태가 영향을 미치지 않는다. 그러므로, 패킷의 성공과 실패는 패킷간의 충돌에 의해서만 결정된다. 그리고, II 절에서 제안한 이상적인 신호 포획 모델을 적용하였다.

그림 10, 11, 12는 III 절에서 구한 임계 신호포획모델과 이상적인 신호포획모델을 적용한 경우의 채널효율의 식으로부터 얻어진 그래프와 시뮬레이션 그래프를 비교하고 있다. 그림 10은 발생되는 패킷이 한 종류이

고, 전송전력레벨의 수 N=10일 때의 이론치와 시뮬레이션을 비교하고 있다. 그림 11은 패킷이 두 종류이고, 전송전력레벨의 수 N=10, 짧은 패킷의 길이 H=4, 그리고, 짧은 패킷의 발생률 r=0.3일 때의 이론치와 시뮬레이션을 비교하여 보여주고 있다. 그림 12는 무선망내에서 다양한 길이의 패킷이 발생하고, 전송전력레벨의 수 N=10일 때의 이론치와 시뮬레이션을 비교하고 있다. 따라서, 시뮬레이션 결과와 이론치가 패킷의 종류가 증가함에 따라 약간의 오차가 있었으나 전체적으로 근접한 결과를 얻었다. 그러므로, III 절에서 얻어진 수학적 분석의 결과는 타당하다.

그림 13, 14는 분석된 무선망의 환경에 따라서 기존 프로토콜과 제안된 프로토콜을 비교하고 있다. 그림 13에서 비교 대상이 된 프로토콜은 무선망에서 전송되는 패킷이 한 종류일때에 k개의 서로 다른 전송전력으로 패킷을 전송하는 C. C. Lee의 k random selected

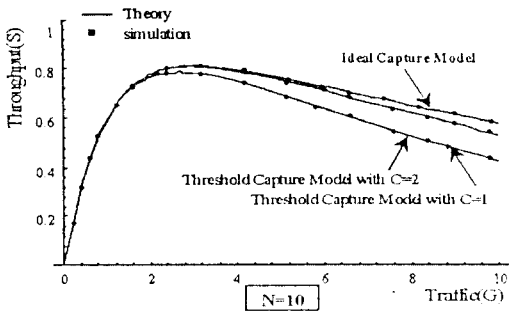


그림 10. 패킷이 한 종류일 때 시뮬레이션과 이론치의 비교
Fig. 10. Comparison between simulation and theory.

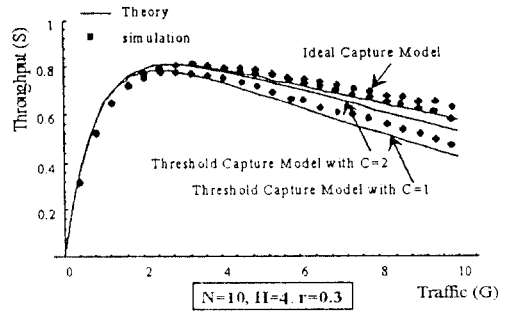


그림 11. 패킷이 두 종류일 때 시뮬레이션과 이론치의 비교
Fig. 11. Comparison between simulation and theory.

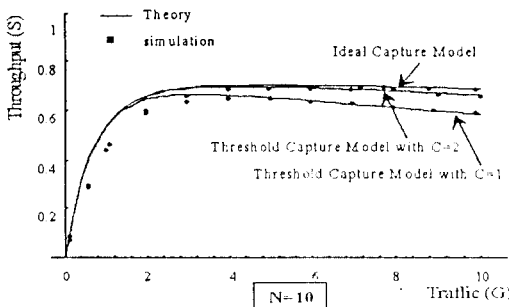


그림 12. 패킷이 여러 종류일 때 시뮬레이션과 이론치의 비교
Fig. 12. Comparison between simulation and theory.

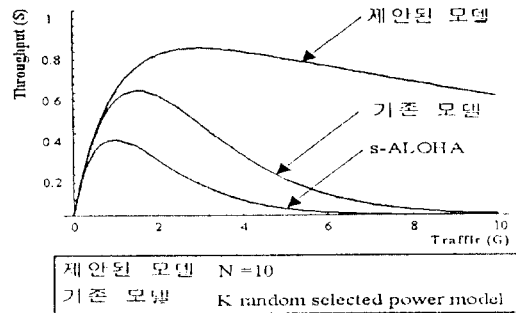


그림 13. 기존모델과 제안된 모델의 비교
Fig. 13. Comparison between proposed model and k random selected power model.

power signal 프로토콜($k=10$)⁽⁷⁾과 패킷이 한 종류일 때에 전송전력 레벨의 수 $N=10$ 인 조건으로 패킷을 전송하는 제안된 프로토콜과의 비교이다. 그리고, s-ALOHA와 채널효율을 비교하였다. s-ALOHA를 제외한 비교대상의 두 프로토콜은 모두 인위적인 신호포획현상을 이용한 프로토콜이다. 그림 14에서 비교 대상이 된 프로토콜은 무선망에서 전송되는 패킷의 종류가 두 종류일 때에 즉시전송방법(immediate transmission)에 따라서 패킷을 전송하는 PAIT(power assigning and immediate transmission) 프로토콜($N=10, H=4, r=0.3$)⁽⁹⁾과 패킷이 두 종류일 때 $N=10, H=4, r=0.3$ 인 조건으로 패킷을 전송하는 제안된 프로토콜과의 비교이다. 그림 13, 14로 부터 각각의 무선망의 환경에서 제안된 프로토콜이 기존의 프로토콜에 비해 향상된 채널효율과 안정성을 가지고 있다.

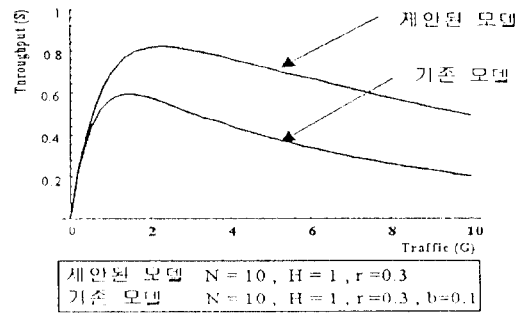


그림 14. 기존모델과 제안된 모델의 비교
Fig. 14. Comparison between proposed model and power assigning and immediate transmission model.

V. 결 론

참고문헌

본 논문에서는 다양한 종류의 패킷이 존재하는 패킷 무선망에서 랜덤 다원 접속을 위한 개선된 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 패킷의 길이에 따른 전송제어와 패킷의 발생한 시간에 따른 전송전력을 제어하는 개선된 전송 방법을 제안하고 분석하였다. 패킷의 길이에 따라서, PAIT 프로토콜의 즉시 전송 제어를 개선한 슬롯 동기 전송과 프레임 동기 전송 제어를 사용하여 패킷간의 충돌확률을 감소시킴으로써 채널 효율을 개선하였다. 그리고, 발생한 시간에 따라서 할당하는 전송전력을 달리함으로써 신호포획현상을 인위적으로 발생시켰다. 전송전력을 달리함으로써 발생하는 신호 포획 현상은 전체적인 채널효율을 개선시키고 있다. 이러한 인위적인 신호 포획 현상을 이용하기 위하여 임계신호포획 모델과 이상적인 신호포획 모델을 설정하였다.

그리고, 무선망내에서 발생하는 패킷의 종류를 변화시켜 가면서 프로토콜을 분석하였다. 패킷이 종류가 하나 일 때는 패킷의 발생 시점에 따라서 전송 전력이 달라지므로, 패킷의 발생 시간에 의존하여서 신호 포획 현상이 일어나도록 하여서 채널 효율을 향상시켰다. 패킷이 종류가 두개 이상일 때는 발생 시간에 의존한 신호 포획 현상과 패킷의 길이에 따라서 슬롯 동기 전송과 프레임 동기 전송으로 전송되는 경우를 고려함으로써 채널 효율을 향상시켰다.

이러한 제안된 프로토콜을 분석한 결과, 제안된 프로토콜이 기존 프로토콜의 성능을 향상시켰다. 제안된 프로토콜은 전송전력레벨의 수를 증가시킬수록 패킷의 성공률은 증가하였지만 이러한 전송전력레벨의 수의 증가는 곧 전송할 패킷의 전력을 크게 증가시킴으로써 하드웨어적인 고려를 필요로 한다.

그리고, 시뮬레이션의 결과는 수학적 분석이 타당함을 입증하고 있다. 그리고, 기존 프로토콜과의 비교를 통하여 제안된 프로토콜이 향상된 채널효율과 시스템의 안정성을 가짐을 보였다.

앞으로의 과제는 다원접속 프로토콜에서 또 다른 중요한 고려사항인 지연시간 계산과 더불어 앞에서 제안된 모델에 채널상태를 고려한 보다 실제적인 프로토콜에 대한 연구가 필요하다.

1. N. Abramson, "The throughput of packet broadcasting channels," IEEE Trans. Commun., Vol. 25, pp.117-128, JAN. 1977.
2. Fouad. A. Tobagi, "Multiaccess Protocols in Packet Communication Systems," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, No. 4., pp.468-488, APR. 1980.
3. D. Raychaudhuri, "ALOHA with Multipacket Message and ARQ-type Retransmission Protocols-Throughput Analysis," IEEE Trans. Commun., vol. COM-32, pp.148-154, FEB. 1984.
4. S. Bellini and F. Borgonovo, "On the Throughput of an ALOHA channel with Variable Length Packets," IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, pp.1932-1935, NOV. 1980.
5. D. Davis, S. A. Gronemeyer, "Performance of Slotted ALOHA Random Access with Delay Capture and Randomized Time of Arrival," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, No. 5., pp.703-710, MAY. 1980.
6. C. C. Lee, "Random Signal Levels for Channel Access in Packet Broadcast Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. SAC-5, pp.1026-1034, JUL. 1987.
7. I. Cidon, H. Kodesh, and M. Sidi, "Erasure, capture and Random Power Level Selection in multiple-access Systems," IEEE Trans. Commun. vol. COM-36, pp.263-271, Mar. 1988.
8. M. Yamamoto, T. Lorlertratna, A. Ishida, H. Okada and K. Mutsuura, "Power Assigning Control in slotted ALOHA with Immediate Transmission," ICC '94, pp.897-901, May 1994.
9. S. Shimamoto, Y. Onozato and Y. Teshigawara, "Peformance Evaluation of Power level Division Multiple Access (PDMA) Scheme," ICC '92, pp.345B.1.1-345B.1.5, JUN

- 1992.
10. D. J. Goodman, A. M. Saleh, "The Near/Far Effect in Local ALOHA Radio Communications," IEEE Trans. Veh. Technol, vol. vt-36, no. 1, pp.19-27, FEB. 1987.
 11. J. J. Metzner, "On Improving Utilization in ALOHA Networks," IEEE Trans. Commun., pp.447-448, APR. 1976.
 12. K. S. Kwak and R. Rao, "Controlled ALOHA with Geometric Capture Probabilities," IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. 35, No. 11., pp.1270-1274, NOV. 1990.
 13. D. Chakraborty, "VSAT Communications Networks-An Overview," IEEE Com. Magazine, vol. 26, No. 5, pp.10-24, May 1988.
 14. D. Bertsekas, R. Gallagar, Data Networks 2nd, Prentice Hall, 1992.
 15. A. L. Garcia, Probability and Random Processes for Electrical Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
 16. Jean-Paul Linnartz, Narrowband Land-Mobile Radio Networks, Artech House, INC., 1993.



丁凡鎮(Bum Jin Jung) 정희원

1971년 4월 23일생
 1993년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)
 1995년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1995년 7월~현재 : 삼성전자 근무

*주관심 분야 : 이동통신, 데이터통신, 다원접속기술



郭慶燮(Kwak Kyung Sup)정희원

1977년 : 인하대학교 전기공학과(학사)
 1979년 : 인하대학교 대학원 전기공학과(석사)
 1981년 : Univ. of So California 대학원, EE(석사)

1983년~1988년 : Univ. of California, San Diego, 연구조교, 박사

1988년~1989년 : 미국 Hughes Network Systems, 연구원

1989년~1990년 : 미국 IBM Network Analysis Center, 연구원

1990년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 조교수, 부교수

1995년~현재 : 한국통신학회 상임이사

*주관심 분야 : 위성 및 이동통신, 데이터네트워크등.