

논문 2004-41TC-2-1

# HIPERLAN/2의 에러 채널을 위한 적응적 자원 할당 알고리즘

## (Adaptive Resource Allocation Algorithm for HIPERLAN/2 with Error Channel)

김 창 균\*, 조 광 오\*\*, 이 정 규\*\*

(Chang-Kyoon Kim, Kwang-Oh Cho, and Jong-Kyu Lee)

### 요 약

본 논문에서는 ARAHE(Adaptive Resource Allocation algorithm for HIPERLAN/2 with Error channel)을 제안하고 있다. 이 방식은 효율적인 자원 할당을 위하여 EIB(Error Indication Bits)를 사용한다. 시뮬레이션을 통해 ARAHE의 성능을 평가하고, 시뮬레이션 결과는 ARAHE가 delay와 utilization, TSR(Transmission Success Rate)에서 기존 방식보다 더 좋은 성능을 나타냄을 보이고 있다.

### Abstract

In this paper, we proposed ARAHE(Adaptive Resource Allocation algorithm for HIPERLAN/2 with Error channel). It uses EIB(Error Indication Bits) for efficient resource allocation. We evaluate the performance of ARAHE by simulation and the result shows ARAHE has better performance than current method in the case of delay, utilization and TSR(Transmission Success Rate).

**Keywords:** ETSI HIPERLAN/2, IEEE 802.16 BWA, Collision resolution

### I. 서 론

현재 IT산업은 국가경쟁력을 좌지우지하는 가장 중요한 산업으로 급부상하였으며, IT산업분야에서 특히 인터넷은 핵심적인 부분을 차지하고 있다. 인터넷은 이미 생활의 일부로 자리잡고 있어, 이제 언제 어디서건 인터넷에 접속해 채팅과 게임을 즐기고 웹메일을 주고받는 등 사이버 상에서 대인관계를 맺을 수 있고, 온라인 쇼핑몰에서 마우스 클릭 몇 번

으로 필요한 상품을 구매할 수 있게 되었다. 또한 인터넷 뱅킹으로 돈을 주고받을 수 있게 되었으며, 구인, 구직 정보를 보고 사람을 채용하고 일자리를 구할 수 있게 되었다. 가히 혁명적이라 할 수 있는 유선 인터넷은 이동통신사 중심의 무선 인터넷 서비스로 발전해 왔고 최근에는 유선통신사업자 중심의 '초고속 무선 LAN 서비스'로 그 위력을 확대해 나가고 있다. 기업, 병원 등의 한정된 공간 내에서 2Mbps의 무선 데이터 전송속도로 특정 업무를 처리하기 위한 서비스로 알려져 왔던 무선 LAN이 HIPERLAN/2와 IEEE 802.16의 출현으로 최대 11Mbps에서 54Mbps 초고속 데이터 전송속도를 제공하여 공공장소의 일반인 대상으로 서비스가 가능한 '공중 무선 LAN' 형태로 우리에게 다가온 것이다.

\* 정회원, 삼성텔레스 연구원  
(Samsung Thales)

\*\* 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Science & Engineering, Hanyang University)  
접수일자: 2003년2월26일, 수정완료일: 2004년2월16일

‘공중 무선 LAN’은 2.4GHz대의 공중파를 이용해 무선과 유선을 연결하는 AP(Access Point)가 설치되어 있는 공항, 철도역, 버스터미널, 대학, 병원, 유통센터, 호텔, 전시장 등의 ‘핫스팟(Hotspot)’ 지역에서 무선 LAN-card 장착한 노트북이나 PDA에 최대 11Mbps의 전송속도로 무선통신을 제공하는 서비스이다. 서비스반경(coverage)은 무선인터넷망이 가지는 서비스반경인 2Km보다 짧은 반경 200~500m로, 기존 무선 LAN이 가지는 서비스반경과 동일하다. 또한 부가적인 기타 서비스로는 무선 VoIP 전화 서비스를 제공할 수 있다. ‘공중 무선 LAN’은 서비스 제공자 입장에서 보면 공간변경이 있을 때마다 배선에 신경 쓰지 않아도 되고 초기구축 비용 측면에서 유선보다 비싸지만, 장기적으로 볼 때는 유선 LAN보다 유지보수 비용이 낮아 공항, 버스터미널, 호텔, 커피숍, 전시장, 할인마트 등에서 효과적인 서비스를 할 수 있는 점이 장점이다. 또한 사용자 입장에서는 이동성이 보장되면서 초고속 무선통신 서비스를 받을 수 있다는 장점도 있다.

초창기의 유선전화를 시작으로 호출기, 음성통화, SMS 등이 출현했고 최근에는 회사내부의 구내전화를 이용하면 상대방의 휴대폰으로 연결되는 유무선 복합 서비스로까지 발전하고 있다. 유선 서비스로 대표되는 서비스는 역시 초고속 인터넷 서비스일 것이다. 2002년 6월 말 현재 정보통신부에서 발표한 초고속 인터넷 서비스 가입자는 1000만 명이 넘어서었다. 한 가구를 4인 기준으로 볼 때 우리나라 대부분의 가정에 초고속 인터넷 서비스가 제공되고 있는 것이다. 그러나 업계에서는 우리나라를 인터넷 초강국으로 이끌었던 초고속 인터넷 서비스 시장이 앞으로 1년 정도 후면 포화상태로 접어들것이라 전망하고 있다. 휴대폰 가입자가 3천만 명을 넘어선 이동통신시장과 같이 초고속 인터넷 서비스 시장도 사업이 정채되는 시기에 대비해야 하는 시점에 온 것이다. 이렇게 되자 유선통신사업자들은 여러 새로운 통신사업 중 ‘공중 무선 LAN’ 사업을 새로운 수익 창출 사업으로 추진하게 된다. 또한 현재의 무선 인터넷 서비스가 동영상 전송이 가능한 2.5Mbps 속도인 CDMA 1x EV-DO 서비스가

제공되고 있지만 아직은 전국적인 서비스로 확대되어 있지 않고, 서비스 또한 안정적으로 제공되는데 상당한 시간이 걸릴 것이기 때문에 3세대 무선인터넷 서비스를 대체할 수 있는 ‘공중 무선 LAN’ 서비스가 등장하게 되었다는 것이 일반적인 주장이다.<sup>[1]</sup>

앞서 살펴본 바와 같이 통신 시장에서 무선 통신이 점점 그 세력을 넓혀가면서 무선 LAN에 대한 관심과 요구 사항들이 증가하고 있으며, 특히 멀티미디어 서비스 이용의 증가로 무선 LAN의 속도에 대한 관심도 증가하고 있다. 그러나 무선 LAN에서 사용되는 채널의 특성상 잡음은 필연적인 것이며, 이로 인하여 어느 수준 이상의 전송속도를 구현하기는 매우 어렵다. 따라서 원활한 무선 통신을 위해서는 물리 계층(PHY)에서 구현 가능한 최대 속도를 유지할 수 있도록 지원해야 하며, 물리 계층에서 보장된 자원을 데이터 링크 계층에서 효율적으로 이용할 수 있어야 한다. 이러한 이유를 바탕으로 본 논문에서는 채널의 상태 정보를 이용하여 기존에 존재하는 방식보다 좀 더 효율적인 자원 할당 방법을 제시하고자 한다.

## II. HIPERLAN/2 개요

### 2.1 HIPERLAN type 2 구조

HIPERLAN/2의 네트워킹은 Central Mode와 Direct Mode로 동작한다. Central Mode는 AP(Access Point)가 각 MT(Mobile Terminal)을 제어하고, MT간의 통신은 AP를 경유해서 이루어지며, 주로 일정한 크기의 cell에서 이용되는 방식이다. Direct Mode는 ad-hoc network으로 처음 경로를 설정할 때만 AP의 제어를 받고, MT간의 통신은 AP의 경유 없이 직접 이루어진다.

HIPERLAN/2의 protocol은 다음 그림1과 같은 구조를 갖는다.<sup>[2]</sup>

PHY(Physical) 계층은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용해 다양한 전송속도를 지원하며, MAC(Medium Access Control) PDU(Protocol Data Unit)와 PHY PDU의 mapping을 담당한다.<sup>[3-4]</sup>

DLC(Data Link Control) 계층은 basic data transfer function과 RLC(Radio Link Control)의 두 부분으로 나누어지며, basic data transfer function은 EC(Error Control), MAC의 기능을 담당한다. EC는 무선 link의 신뢰성 향상을 위하여 selective repeat ARQ(Automatic Repeat reQuest)방식을 사용하며, 오류가 발생할 경우 능동적으로 대처한다. MAC은 자원 요청과 할당을 처리하며, MAC frame을 구성한다.

RLC는 ACF(Association Control Function), RRC(Radio Resource Control), DCC(DLC User Control)의 기능을 가지며, MT에 MAC ID 할당, handover, 송신전력제어, 사용자 연결 설정 및 해지 등의 기능을 담당한다.<sup>[5]</sup>

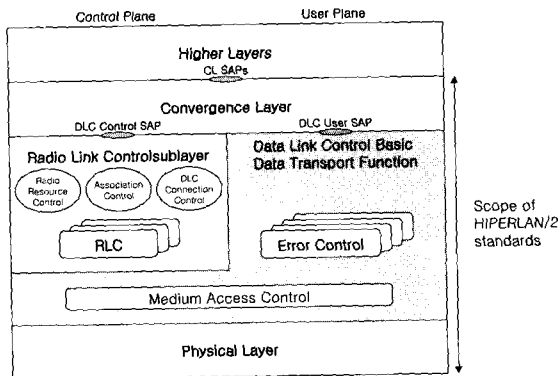


그림 1. HIPERLAN type 2 프로토콜 스택  
Fig. 1. HIPERLAN type 2 protocol stack.

### 2.2 MAC Frame 구조

MAC Frame은 모두 2ms의 길이를 가지며, 그림 2와 같이 BCH(Broadcast CHannel), FCH(Frame control CHannel), ACH(Access feedback CHannel), DL(Down Link) phase, DiL(Direct Link) phase, UL (Up Link) phase, RCH(Random CHannel)로 구성된다.

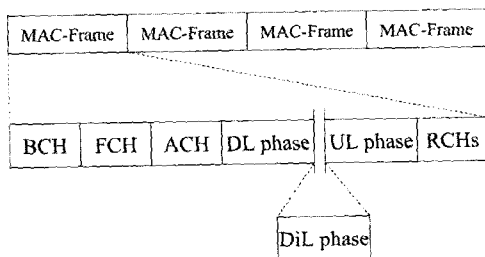


그림 2. MAC Frame 구조  
Fig. 2. The Structure of MAC Frame.

BCH는 AP가 자기영역 내에 소속된 모든 MT에게 공지사항을 전송하며, FCH는 현재 MAC frame 내에서 DL phase, DiL phase, UL phase, RCH의 할당 구조에 대한 정보를 전송하고, ACH는 이전 RCH에 대한 응답을 전송한다. DL phase는 AP에서 MT로 제어정보와 데이터를 전송하며, DiL phase는 Direct Mode에서 MT간 통신에 사용되고, UL phase는 MT에서 AP로 제어정보와 데이터를 전송한다. RCH는 slotted ALOHA 방식을 사용해 MT의 자원요청을 처리한다.

### 2.3 Error Indication Bits

Error indication bits는 resource request내에 포함되어 있다. 그림 3에 나타난 것처럼 처음 두 error indication bits는 error reason bits라고 불리며, BCH와 FCH에서 error가 발생한 이유에 대한 정보를 담고 있다. 마지막 bit는 channel quality bit라고 불리며, 전체 channel 상태에 대한 정보를 담고 있다.

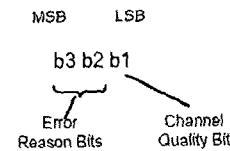


그림 3. 에러 지시 비트  
Fig. 3. Error indication bits.

## III. 시스템 모델

### 3.1 Error Model

본 논문에서는 Gilbert-Elliott Channel Model<sup>[6]</sup>을 이용하여 Error Model을 정의하고 있다.

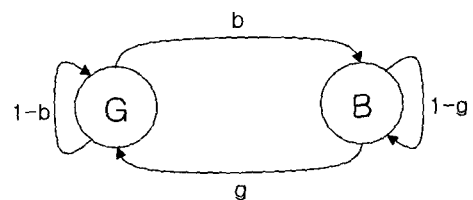


그림 4. Gilbert-Elliott 채널 모델  
Fig. 4. Gilbert-Elliott channel model.

Gilbert-Elliott channel은 G(good)와 B(bad)의 두 상태를 가지는 first-order, discrete, stationary, Markov chain이다. 이 channel을 설명하기 위해서 channel이 G에서 B로 전이하는 확률은 b, B에서 G로 전이하는 확률은 g라고 표기한다. 이 경우, 그림 4와 같은 전이를 matrix로 표현하면 아래 P와 같다. 여기서 e는 average error rate이다.

$$P = \begin{bmatrix} 1-b & b \\ g & 1-g \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)을 이용해 g와 b의 관계를 구하면 아래와 같다.<sup>[7]</sup>

$$g = \frac{1-e}{e} b \quad (2)$$

(2)의 관계를 유지하는 g와 b의 값은 무수히 많이 존재하게 된다. 본 논문에서는 계산과 simulation의 편의를 위해서 다음 표 1과 같은 값으로 고정하였다.

표 1. Average error rate에 따른 g와 b  
Table. 1. The Value of g and b according to Average Error Rate.

Average Error Rate (%)	b	g
10	0.1	0.9
20	0.2	0.8
30	0.3	0.7

### 3.2 System Parameter

본 논문에서는 simulation을 수행하기 위하여 몇 가지 요소들을 상수로 고정하여 사용하였다.

우선 AP의 개수는 1개이며, sector도 1개로 고정하였다. 또한 direct mode는 고려하지 않았으며, 모든 통신은 AP를 통해서 이루어지는 centralized mode에서 수행된다고 가정하였다. 변조방식은 BPSK 1/2방식을 사용한다고 가정하였다. 따라서 slot 한 개의 길이는 OFDM symbol의 길이와 동일하며 4μs, 3octet으로 고정된다. 또한 BPSK 1/2 방식에 따라 BCH의 길이는 5 slots, FCH의 길이는 9 slots의 배수, ACH의 길이는 3 slots, RCH의 길이는 3 slots로 고정하였다. Data를 전송하는 SCH와 LCH는 고려하지 않으며, data를 전송하는 단위로는 slot 한 개의 길이를 갖는 packet을 고려하고 있다. RCH는 30개로 고정<sup>[8]</sup>하였으며, 따라서 RCH의 길이는 90 slots가 된다. 그리고 MT에서는 다수의 packet을 묶은 message 형태의 arrival이 도착한다고 가정한다. System에서 평균 arrival rate는 exponential 분포를 따르고, 평균 message 길이는 geometry 분포를 따른다고 가정하였다.

## IV. 성능 평가 및 결과

### 4.1 Error Rate에 따른 Delay 변화

Delay는 MT에 message가 도착한 시간부터 모두 service를 받고 나가는 시간까지라고 정의할 수 있으며, 이 delay는 그림 5와 같이 message가 도착해서 request에 성공하는 시간, request에 성공해서 service를 받기 전까지의 시간, service를 시작해서 service가 끝나는 시간의 세 부분으로 구분 지어

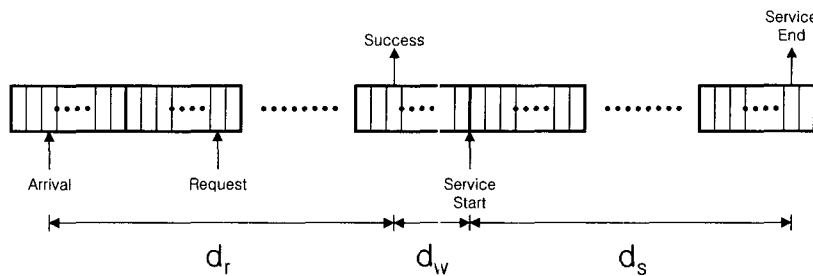


그림 5. Delay 관계  
Fig. 5. The Relationship of Delay.

고려할 수 있다.

그림 5에서  $d_r$ 은 message가 도착해서 request를 시도하고 request가 성공할 때까지의 delay,  $d_w$ 는 request가 성공해서 service를 시작하기 전까지의 delay,  $d_s$ 는 service를 시작해서 모두 다 service를 받을 때까지의 delay로 정의한다. 여기서  $d_r$ 의 경우 기존 SJF 방식과 제안된 자원 할당 방식 모두 MT의 request에 관여하는 부분이 없기 때문에 동일한 평균값을 가진다. 또한  $d_w$ 의 경우도 두 방식 모두에서 차이가 발생하지 않기 때문에 동일한 평균값을 가진다. 따라서  $d_r$ 과  $d_w$ 는 두 방식의 성능 평가에 영향을 끼치지 못하므로 성능 평가에서 제외할 수 있는 값이며, 본 논문에서는 고려하고 있지 않다. 그러나  $d_s$ 의 경우는 두 방식에서 상이한 평균값을 가질 것으로 생각되기 때문에 두 방식의 성능 평가 비교의 척도로 삼을 수 있으며, 본 논문에서 주요 관심 사항의 하나로 고려되고 있다.<sup>[9]</sup>

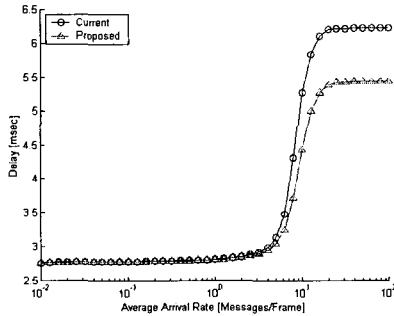


그림 6. 지연시간(에러율 = 10%)  
Fig. 6. Delay(Error Rate=10%).

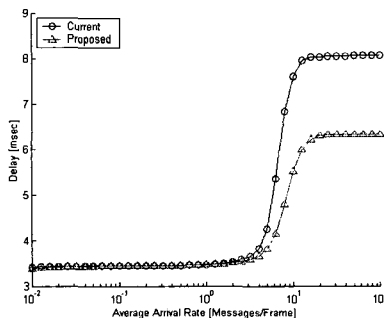


그림 7. 지연시간(에러율 = 20%)  
Fig. 7. Delay(Error Rate=20%).

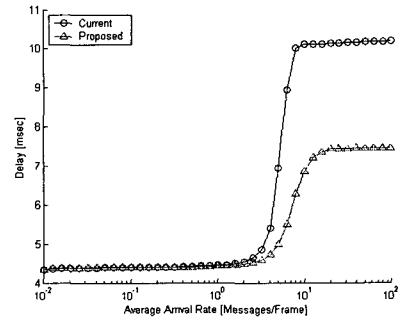


그림 8. 지연시간(에러율 = 30%)  
Fig. 8. Delay(Error Rate=30%).

그림 6-8의 결과에서 볼 수 있듯이, error rate와 average arrival rate가 증가할수록 두 방식 모두 delay가 증가하고 있으나, 그 증가율에 있어서 기존 방식이 훨씬 더 높다. 이런 결과가 나오는 이유는 기존 방식의 경우 error 상태인 MT에서 전송되는 packet은 필연적으로 CRC error가 발생하게 되어있음에도 불구하고 packet의 전송을 시도하고 CRC error가 발생하였을 때 재전송을 하고 이로 인하여 자원이 낭비되기 때문이다. 반면 ARAHE의 경우는 error 상태의 MT에게 할당될 자원을 다른 normal MT들에게 할당함으로써 자원의 낭비를 막고 있기 때문에 delay에서 더 좋은 성능을 보이고 있다.

#### 4.2 Error Rate에 따른 Utilization 변화

Utilization은 한 Frame(500 slot)에서 사용 가능한 평균 uplink의 길이와 실제 사용된 평균 uplink의 길이의 비율로 정의한다. 한 Frame에서 BCH, FCH, ACH, RCH이 평균적으로 136 slot을 점유하고 있으므로, downlink와 uplink가 점유할 수 있는 slot은 평균 364개이다. 이중 uplink가 점유하는 slot은 364개의 절반인 183개이며, 이 183개의 slot 중에서 error가 없으면서 재전송을 시도하지 않은 slot을 측정의 척도로 삼고 있다.

그림 9-11은 error rate에 따른 utilization을 나타내고 있으며, 모두 ARAHE가 기존 방식에 비해 더 좋은 성능을 나타내고 있다. 그 결과 utilization과 error rate에는 밀접한 관계가 있음을 볼 수 있다.

그림 9에서 ARAHE의 경우, Average packet arrival rate가 대략 10이하인 경우는 utilization이 꾸준히 증가하고, 이후는 대략 0.9인 값에 수렴을 하고 있다. 이는 average arrival rate가 작은 경우, 전송 가능한 slot이 남아있음에도 불구하고 전송할 packet이 없기 때문이고, 10을 기준으로 전송할 packet이 전송 가능한 slot보다 많기 때문에 발생한다.

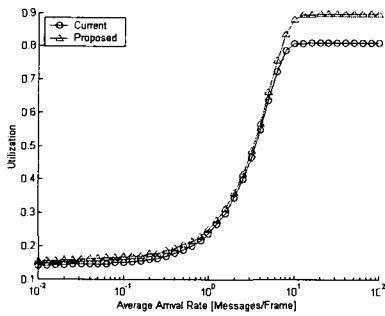


그림 9. 활용율(에러율 = 10%)  
Fig. 9. Utilization(Error Rate=10%).

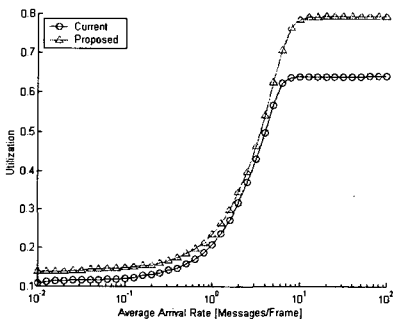


그림 10. 활용율(에러율 = 20%)  
Fig. 10. Utilization(Error Rate=20%).

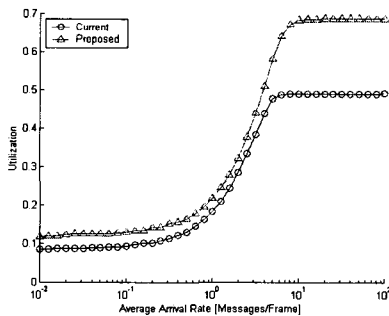


그림 11. 활용율(에러율 = 30%)  
Fig. 11. Utilization(Error Rate=30%).

다만, 최대 utilization이 1이 되지 못하는 이유는 ARAHE의 경우 uplink에서 발생하는 error를 배제하고 자원을 할당해 packet을 전송하지만, downlink에서 발생하는 error는 처리하지 못하기 때문이다. 이러한 이유로 uplink에서 발생하는 대략 10%의 error에는 영향을 받지 않지만, downlink에서 발생하는 대략 10%의 error에는 영향을 받아서, 전체 packet 중 대략 10%의 packet이 재전송을 시도하게 되고, 따라서 utilization이 대략 10% 감소하여 최대 utilization이 0.9에 수렴하게 되는 것이다. 반면 기존 방식은 uplink와 downlink의 error 모두에게 영향을 받기 때문에 대략 19%의 재전송을 발생하기 때문에 최대 utilization이 0.81에 수렴하게 된다. 그림 10-11도 위와 같은 이유로 error rate와 관련된 결과를 보여주고 있다.

### 4.3 Error Rate에 따른 TSR 변화

TSR(Transmission Success Rate)는 한 frame에서 전송된 packet 중에서 CRC error가 발생하지 않고 전송에 성공하는 평균 비율로 정의한다. 즉, 현재 전송된 총 packet 중에서 재전송을 하지 않는 packet의 평균 비율을 말한다. 앞서 언급한 delay와 함께 본 논문에서 중요하게 고려하고 있는 성능 평가의 기준이다.

그림 12-14는 error rate의 변화에 따른 TSR (Transmission Success Rate)의 변화를 보여주고 있는데, 결과에서 볼 수 있듯이 ARAHE가 기존 방식에 비해 월등히 뛰어난 결과를 보여주고 있다.

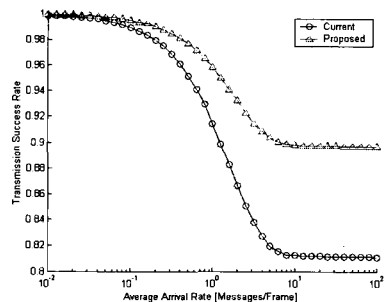


그림 12. 전송성공율(에러율 = 10%)  
Fig. 12. Transmission(Error Rate=10%).

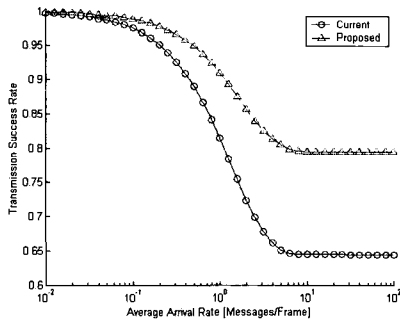


그림 13. 전송성공률(에러율=20%)  
Fig. 13. Transmission(Error Rate=20%).

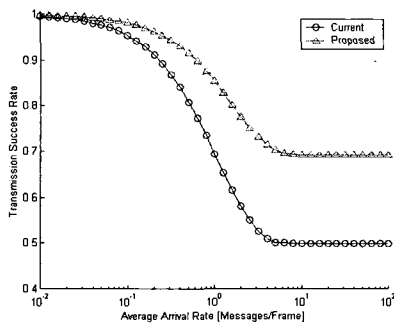


그림 14. 전송율(에러율=30%)  
Fig. 14. Transmission(Error Rate=30%).

이와 같은 결과가 나오는 이유는 기존 방식의 경우 uplink와 downlink에서 모두 error 상태 MT의 영향을 받지만, ARAHE의 경우 uplink의 error 상태 MT는 배제를 하고 자원을 할당하기 때문에 downlink의 error 상태 MT의 영향만을 받게 된다. 이러한 경우를 수학적으로 분석해보면, ARAHE의 경우가 기존 방식보다 대략  $1 - e$ 배 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 error 환경을 고려한 HIPERLAN/2 망에서 처리 성능과 전송 성공률을 개선하는 자원 할당 방식(ARAHE)을 제안하고, simulation을 통하여 처리 성능과 전송 성공률을 검증하였다.

우선 기존 방식의 경우 error 상태의 MT에게도 slot을 할당해주기 때문에 CRC error가 발생한 packet도 전송이 가능하다. 그러나 이 packet들의

경우는 CRC error로 인하여 차후의 재전송이 불가피하므로 현재 frame 입장에서 봤을 때는 slot을 낭비하는 것으로 볼 수 있다. 반면에 ARAHE는 error MT를 자원 할당에서 배제하기 때문에 기존 방식에서 error MT에 할당되었던 slot만큼의 이득을 얻을 수 있고, 그 slot들을 다른 normal MT들에게 할당함으로써 전송효율을 높일 뿐만 아니라, delay의 성능도 좋아진다. 그리고 utilization과 TSR의 경우에서 기존 방식은 uplink와 downlink의 error 상태 모두에 영향을 받고, 제안된 방식은 downlink의 error 상태에만 영향을 받기 때문에 ARAHE가 기존 방식에 비해 더 좋은 성능을 나타내고 있다. 종합적으로 살펴볼 때, delay와 utilization, TSR의 경우에서 ARAHE가 기존 방식보다 더 좋은 성능을 나타내고 있다.

### 참고 문헌

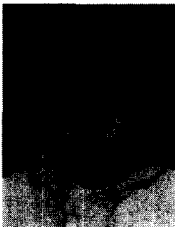
- [1] 김용균, 이윤철, “무선 LAN 기술 및 시장 동향,” 주간기술동향, 1026호, 2001. 12. 12.
- [2] “Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Data Link Control(DLC) Layer Part 1: Basic Data Transport Functions”, ETSI TS 101 761-1 v1.1.1, Apr. 2000
- [3] A. Doufexi, S. Armour, M. Butler, A. Nix, D. Bull, J. McGeehan, P. Karlsson, “A comparison of the HIPERLAN/2 and IEEE 802.11a wireless LAN standards”, IEEE Communications Magazine, Vol.40, Issue:5, pp.172-180, May 2002
- [4] A. Doufexi, S. Armour, M. Butler, A. Nix, D. Bull, “A study of the performance of HIPERLAN/2 and IEEE 802.11a physical layers”, Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Vol.1, pp.668-672, 2001
- [5] “Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Physical (PHY) layer”, ETSI TS 101 475 v1.2.2, Feb. 2001

- [6] L. Wilhelmsson, L.B. Milstein, "On the effect of imperfect interleaving for the Gilbert-Elliott channel", IEEE Transactions on Communications, vol. 47 Issue: 5, pp. 681-688, May 1999
- [7] L. Kleinrock, Queueing Systems Volume I: Theory, Wiley Interscience, 1975
- [8] Gyung-Ho Hwang, Dong-Ho Cho, "Adaptive random channel allocation scheme in HIPERLAN type 2", IEEE Communications Letters, Vol.6, Issue:1, pp. 40-42, Jan. 2002
- [9] L. Lenzi, E. Mingozzi, E., "Performance evaluation of hiperLAN type 2 with voice and web data traffic", System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on, pp.3440-3449, 2001
- [10] J. Rapp, "Hiperlan/2 system throughput and QOS with interference improving strategies", Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Vol.4, pp.2323-2327, 2001
- [11] "Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; System Overview", ETSI TS 101 683 v1.1.1, Feb. 2000
- [12] Gyung-Ho Hwang, Dong-Ho Cho, "Dynamic random channel allocation scheme in HIPERLAN type 2", Communications, 2002. ICC 2002. IEEE International Conference on, Vol.4, pp.2253-2257, 2002
- [13] A. Doufexi, S. Armour, P. Karlsson, A. Nix, D. Bull, "Throughput performance of WLANs operating at 5 GHz based on link simulations with real and statistical channels", Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Vol.2, pp.766-770, 2001

---

 저 자 소 개
 

---



김 창 균(정회원)

2000년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 학사.

2003년 한양대학교 컴퓨터 공학과 석사.

2003년 3월~현재 삼성탈레스 연구원,  
<주관심분야: 무선데이터 통신, 광

대역 무선 액세스>



조 광 오(정회원)

1995년 단국대학교 수학과 학사

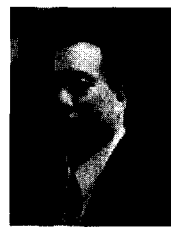
1997년 한양대학교 컴퓨터공학과 학사,

1999년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사,

1999년 3월~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 박사과정.

<주관심분야: 광대역 무선 접속 시스템, 충돌 해소 알고리즘, 통신망

성능분석, Stochastic Process>



이 정 규(정회원)

1979년 한양대학교 전자공학과 학사.

1986년 UCLA 전자공학과 석사.

1989년 UCLA 전자공학과 박사.

1979년 3월~1984년 5월 국방과학연구소 연구원.

1989년 3월~1990년 2월 삼성전자 정보통신 연구소 수석 연구원.

1990년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수.

1997년 3월~2001년 2월 한양대학교 공학기술연구소 부소장/소장.

2001년 3월~현재 한양대학교 정보통신원 부원장

<주관심분야: 무선데이터 통신, 통신망 성능분석, 이동 및 위성 통신망 분석, Stochastic Process에 대해 연구 중>