
OFDM-CDMA에 기반을 둔 분산 채널 할당 구조를 갖는 멀티미디어 Ad Hoc 무선 LAN에 관한 연구

양현호*

Multimedia Ad Hoc Wireless LANs with Distributed Channel Allocation Based on OFDM-CDMA

Hyunho Yang*

요 약

본 논문에서는 멀티미디어 Ad Hoc 무선 LAN(AWLAN)을 위한 새로운 자원 관리 방안으로 분산채널 할당 프로토콜(Distributed Channel Allocation Protocol, DCAP)을 제안한다. 이 방안은 QoS (Quality-of-Service)를 보장하는 분산적 자원 관리를 OFDM-CDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing -Code Division Multiple Access) 채널 구조 위에 구현한 것이다. MPEG 트래픽에 대한 성능평가 결과 DCAP는 광대역 무선 접근(Broadband Wireless Access, BWA) 형 물리구조 기반에서의 멀티미디어 서비스를 지원하는 AWLAN을 위한 좋은 자원 관리 방안임이 판명되었다.

ABSTRACT

We propose a new resource management scheme, Distributed Channel Allocation Protocol (DCAP), for multimedia Ad Hoc Wireless LANs (AWLANs). This scheme implements a Quality-of-Service (QoS) providing distributed resource management on the Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Code Division Multiple Access (OFDM-CDMA) channel architecture. According to the performance evaluation results for MPEG traffic sources, DCAP can be a good choice of resource management scheme for AWLANs supporting multimedia services on the Broadband Wireless Access(BWA)—type physical layer.

키워드

QoS, OFDM-CDMA, 분산자원관리, Ad Hoc, 무선 LAN

I. 서 론

멀티미디어 트래픽은 넓은 대역폭을 요구하며 더욱이, 다중접속을 필요로 하는 국지적인 환경에서 훨씬 도전적인 무선 채널의 특성상 신호의 수신은 다중경로 페이딩, 지연 분산간섭 등에 의하여 심각하게 손상 받을 수 있다. [1]-[3]에서 제안된 직교주파수분할다중화-

코드분할다중접근 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Code Division Multiple Access, OFDM-CDMA)은 고속의 데이터 전송률을 갖는 멀티미디어 전송에 있어 채널상의 여러 가지 결함을 극복하는 강건한 변조/다중접근 기법이다. 더욱이, 채널의 입자성 (granularity)으로 OFDM-CDMA는 멀티미디어 트래픽에 매우 유연하게 대역폭을 할당할 수 있다.

더 나아가서, 멀티미디어 트래픽을 위한 네트워크 자원의 할당을 더 효율적으로 수행하기 위하여 자원관리 기법은 통상적으로 각각의 서비스에 대하여 예를 들자면 제한된 지연시간 등과 같은 QoS 요구의 충족을 보장한다. 관계적으로 무선 근거리통신망(WLAN)은 중앙집중형으로 구성되며 AP(Access Point)는 네트워크 자원의 관리를 책임진다. 그러나 한편으로는 분산적인 형태의 구성방법도 있는데 이 방법을 사용하여 Ad Hoc 무선 LAN(AWLAN)을 peer-to-peer 네트워크로 구성할 수 있다. 그러나 분산시스템은 QoS 요구를 수용하기 위해서 유연하면서도 복잡하지 않은 분산적 다중접근(MAC) 프로토콜을 제공하여야 한다는 점을 간과해서는 안 된다.

[4]과 [5]에는 각각 WLAN과 Wireless Local Loop(WLL)을 위한 OFDM-CDMA를 이용한 MAC 프로토콜이 제안되어 있다. 양자는 모두 OFDM-CDMA를 중앙집중형의 멀티미디어 무선 네트워크를 위한 MAC 프로토콜에 도입하고 적용가능성을 평가하였으나 분산형 네트워크는 배제하였다. 또한 제한된 지연시간이라는 관점에서의 QoS 보장을 MAC 계층에서가 아닌 IP 계층에서 공정(fair) 스케줄링 알고리즘을 통하여 제공하였다.

[6]에서는 DRNP(Distributed Resource Negotiation Protocol)라는 이름으로 CDMA 기반의 WLAN을 위한 분산적 자원관리 방안이 제안되었고 이 방안은 최소 송신전력, 최대 SIR(Signal to Interference Ratio) 그리고 최대 전송률 등 세 가지의 자원 할당 기준에 따라 평가되었다. DRNP는 수행 절차가 잘 정리되긴 하였지만 최소 송신전력, 최대 SIR 또는 최대 허용 데이터 전송률 등을 측정하고 관리하기가 매우 번거로운 방식이다.

본 논문에서는 DCAP(Distributed Channel Allocation Protocol)이라는 이름으로 새로운 자원 관리방식을 제안한다. 이 방식은 기본적으로 OFDM-CDMA 기반에 DRNP를 수용하지만 가용한 자원을 측정하는 대신 OFDM-CDMA의 입자적 채널 구조를 이용한다. 구체적으로 이 방식에서는 TC(Time Slot-Code)쌍이라고 부르는 일정한 크기의 할당단위를 제한된 지연시간 등과 같은 QoS 요구를 충족시키기 위하여 필요한 양 만큼 각각의 세션에 할당한다. 결과적으로 이 방식에서 자원은 번거롭게 각 세션에 대해 최대 허용 전송전력, 간

섭 수준, 혹은 데이터 전송률 등을 측정하는 대신 TC 단위로 할당되고 관리된다. 이 방식은 높은 데이터 전송률을 갖는 멀티미디어 망에 대해서도 노드의 구조를 본래의 DRNP보다 덜 복잡하게 하면서 시스템을 더 강건하게 한다. 더욱이, 진행 중인 세션의 제한된 지연시간 보장을 위협하는 새로운 세션을 감시하고 전송을 제한하기 위하여 관리되는 각 노드의 자원할당표(Resource Allocation List, RAL)를 사용함으로써 멀티미디어 AWLAN에서 최대 지연시간을 제한하는 방법으로 QoS를 보장하는 자원관리 메커니즘을 분산적으로 구현할 수 있다.

다음 장에서는 OFDM-CDMA에 기반을 둔 채널 구조를 기술하고 3장에서는 제안된 DCAP에 대한 상세한 설명을 기술하였다. 이어서 4장에서는 성능을 평가하였고 끝으로 5장에서는 본 연구에 대한 결론을 기술하였다.

II. 채널 구조

2.1 물리적 구조

직교 주파수 분할 다중화(OFDM)는 주파수 선택적인 열악한 무선 채널 환경에 대응하기 위한 대안으로 무선 통신 분야에서 특별히 주목받아왔다. OFDM에서는 전체의 채널이 병렬적으로 전송이 이루어지는 수많은 협대역 부채널(sub channel)로 나누어진다. 대역폭이 입자적인 성질(granularity)을 갖기 때문에 단위 부호시간(symbol time) 동안 h 개 ($h < K$)의 데이터 부호를 전송하는 전송률을 얻기 위하여 동일한 부호간격 동안 h 개의 코드 (h 개의 부채널)가 사용된다. OFDM의 부반송파(subcarrier) 수는 여러 가지 요인에 의하여 결정된다. 부반송파의 수를 늘이면 다중경로에 대한 강건성은 높아지고, 보호대역에 따른 오버헤드는 줄게 되며, 대역폭 할당의 융통성을 커지게 된다. 반면에, 위상잡음에 더욱 민감하게 되고 기저대역의 처리절차(예, FFT)를 더욱 복잡하게 한다[5]. 잘 알려진 바와 같이 통상적인 OFDM은 전송 신호의 포락선 전력이 광범하게 변화한다는 단점이 있다. 즉, K 개의 부채널을 갖는 OFDM 시스템은 최대-평균 전력비(Peak-Average Power Ratio, PAPR)는 K 배가 된다. 이에 대한 대안으로서 OFDM-CDMA는 데이터 심볼을 주파수 영역에서 확

산시키고 각각의 확산 심볼을 운반하기 위하여 OFDM 변조방식을 채택하여 결과적으로 높은 PAPR은 확산 코드 및 증폭기의 backoff를 적절하게 선택함으로써 완화 될 수 있게 된다[7].

이 논문에서는 OFDM-CDMA를 802.11a, HIPERLAN Type2, 그리고 802.16 등 전형적인 광대역 무선 액세스(BWA) 망의 물리적 채널 구조로 채택하여 새롭게 제안하는 채널 자원 관리방안의 적용 가능성을 검증하였다. 관심 대상이 되는 물리 채널의 파라메타들을 표 1에 정리하였다. 표에서 보는 바와 같이 채널 대역폭은 110MHz, 반송파간 유격은 212 KHz로 가정하였다. 따라서 OFDM-CDMA의 Fourier 주기는 $4.71\mu s$ 이며 밀리미터파 주파수대의 전형적인 AWLAN 채널의 심볼 간 간섭(Inter Symbol Interference, ISI)은 제거되어 심볼 기간은 $5.15\mu s$ 가 되고 다중경로간섭을 방지하기 위하여 8.5%의 오버헤드가 적용된다. 통상적으로 OFDM을 구현할 때 인접하는 채널 사이에 보호대역(guard band)을 설정하기 위하여 일부 부반송파가 희생된다. 이러한 이유로 512개의 부반송파 중에서 400개만을 사용하였으며 이에 따라 각 부채널 사이에는 11.8MHz의 보호대역이 확보된다. 그리하여 직교위상편이변조(Quadrature-Phase-shift Keying, QPSK)를 할 경우 전체적으로 155Mbps의 전송률이 얻을 수 있다. 상기의 파라메타를 갖도록 설계된 시스템에 최소평균 자승오류(Minimum Mean Square Error, MMSE) 균등화 기준을 적용하면 8 dB의 E_b/N_0 에 대하여 10^{-3} 미만의 비트 오류율(Bit Error Rate, BER)을 얻을 수 있으며 주파수당 초당 비트효율 1.4b/s/Hz를 얻을 수 있다.

표 1. 물리채널 파라메타
Table 1. Physical Channel Parameters

파라메타	값
반송파 주파수	28 GHz
채널 대역폭	110 MHz
반송파간 유격	212 KHz
총 부반송파 수	512
보호대역	11.8 MHz
변조방식	QPSK
전체 전송률	155 Mbps

2.2 논리적 구조

그림 1은 제안된 다중접근 채널의 논리적 구조이다. 제안하는 OFDM-CDMA 구조에서는 무선 용량이 동시에 사용 될 수 있는 K개의 직교코드로 구성된다. 각 코드는 시분할 다중화 방법으로 사용되는 채널로 간주된다. 시간은 N 시간슬롯(T_{FRAME})동안 지속된다. 시간 슬롯-코드(Time Slot-Code, TC)쌍이라고 부르는 코드채널의 한 시간슬롯은 MAC 프로토콜 데이터 단위(MAC Protocol Data Unit, MAC_PDU)를 운반한다. ($T_{SLOT} = T_{MAC_PDU}$). 더욱이, 공통제어채널(Common Control Channel, CCCH)이라고 불리는 코드채널은 모든 노드들이 공유하여 자원 할당 요구와 이에 대한 응답을 교환한다. 결과적으로, 한 프레임은 $(K-1)*N$ 개의 MAC_PDU로 채워진다. CCCH는 미니슬롯으로 구성되며 각 미니슬롯은 제어 메시지 패킷을 운반한다. 모든 노드들은 적절한 방법으로 동기화 되어 있으며, 용량 할당은 프레임 단위로 이루어진다고 가정한다. 각 노드는 MAC_PDU를 주어진 수의 코드에 분산시켜 프레임 내의 여러 시간슬롯에 걸쳐 전송 할 수 있다.

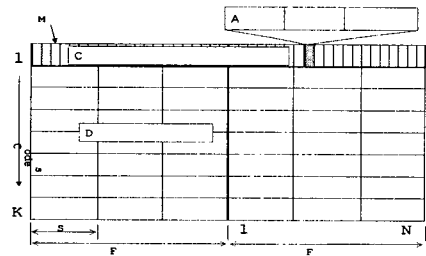


그림 1. 제안된 채널의 논리적 구조
Figure 1. Logical Architecture of Proposed Channel

III. 분산 채널 할당 프로토콜

이장에서는 제안된 방식인 분산 채널 할당 프로토콜(DCAP)을 설명한다. DRNP[6]과 비교하면, 두 방식은 모두 분산적 자원관리라는 점에서는 공통점이 있지만, 다음과 같은 점 즉, i)물리적 채널 모델, ii)자원 할당 정책, iii)QoS의 관점, iv)각 노드에서 관리하는 정보 그리고 v)제어메시지의 형식 등에서 서로 다르다.

DCAP는 시간프레임 형태의 물리적 채널 구조로

OFDM-CDMA를 채택하였으며 채널 자원은 2장에서 설명한 TC 쌍이라고 부르는 입자형 논리채널 할당단위로 할당된다. 이에 비하여 DRNP는 DS-CDMA 물리채널을 채택하고 있으며 자원 할당은 어렵게 측정된 최소 전송전력, 최대 수용가능 간섭레벨, 또는 최대 데이터 전송률 등이다. 결과적으로 제안하는 시스템 DCAP은 OFDM-CDMA의 특성상 채널 강건성 및 자원 할당의 유연성을 확보하게 된다.

3.1 자원할당 모델

QoS의 관점에서 제한된 최대 지연시간을 보장하는데 필요한 채널 자원의 크기를 계산하기 위하여 트래픽 발생 및 조정 모델로 인터넷 환경에서 널리 사용되는 Dual Leaky Bucket (DLB) 모델을 상정하였다. DLB에 의한 트래픽의 조정은 패킷의 흐름을 최대 전송률 (P bits/sec), 토큰 버킷률 (r bits/sec) ($P \geq r$), 버킷의 깊이 (b bits), 그리고 최대 데이터그램 크기 (M bits) ($M \leq b$) 등 4가지의 파라메타를 사용하여 특성화 하는 것이다. 노드 i 에 의해 개시된 플로우의 QoS 즉, 제한된 최대 지연시간을 보장하기 위하여 예약되어야 할 대역폭의 크기 R 은 중단 간 지연제한시간 d 와 DLB 파라메타들 그리고 데이터 전송 경로상의 노드들에 의한 지연시간들의 함수로 계산 할 수 있다. 여기서는 단지 내부의 대기행렬 지연에만 관심을 갖기 때문에 망에서의 전파지연은 배제하였고 목표 지연제한시간은 전체 중단 간 지연시간 중 망 접근 부분에 대한 일부분으로 된다. [5]에 기술된 내용을 여기서 다시 반복하면, 노드 i 에서 협상되는 대역폭은 bit/s로 다음과 같이 표현 된다.

$$R = \frac{b \cdot P - M \cdot r}{(d - d_{MAC}) \cdot (P - r) + b - M} \quad (1)$$

단, T_{MAC} 은 MAC 레이어에서 TC-행렬 접근시 최대 지연시간이다.

할당하여야 할 TC 쌍의 수를 계산하기 위해서는 이 대역폭을 bit/s에서 TC-pairs/frame으로 변환하여야 한다. TC-pair/frame 단위로 변환하면 요구되는 TC 쌍의 수 N_{ij}^r 은 다음과 같다.

$$N_{ij}^r = \frac{R \cdot T_{FRAME}}{s \cdot L_{MAC_PDU}} \quad (2)$$

단, T_{FRAME} 은 frame의 지속시간이며 L_{MAC_PDU} 는 MAC_PDU의 길이이고 인수 s 는 노드 i 에서 보내는 정보 비트의 수에 대한 MAC 계층에서 필요로 하는 비트수의 비율이다.

3.2 자원 할당을 위한 협상절차

모든 노드들은 [6]에서 언급한 바대로 자원 할당 표 (Resource Allocation List, RAL)를 가지고 있으며 이것은 802.11 WLAN에서 사용되는 NAV (Network Allocation Vector)의 확장이라고 볼 수 있다. 각 노드는 망 내에서 진행 중인 세션들에 대한 정보를 기록한 데이터베이스를 유지한다. $\{i, j\}$ 을 현재 활성화 된 노드 i 에서 노드 j 로의 세션이라 하고 l 을 CCCH를 추적할 수 있는 $\{i, j\}$ 에 대한 제3의 노드라고 하자. 제3의 노드 l 은 자신의 데이터베이스에 다음의 사항을 포함하는 레코드의 형태로 세션에 대한 정보를 기록한다.

- $\{i, j\}$ 에 대한 원천(i)과 목적지(j)의 주소
- 세션 $\{i, j\}$ 에 할당된 TC 쌍
- $\{i, j\}$ 세션의 예상 지속시간, τ_{ij}
- 가용한 TC 쌍 목록

노드 l 의 RAL은 망 내의 모든 활성 세션에 대하여 동일한 레코드를 갖는다.

매번 세션이 성립 될 때마다 세션 협상 과정이 수행 된다. 맨 처음에 송신 노드 i 에서 다른 노드 j 로 RTS(Request To Send) 메시지가 발행되며 그 형식은 다음과 같다.

$$RTS_{ij} = \{i, j, RTS, N_{ij}^r, \{(t, c)_1, \dots, (t, c)_n\}, \tau_{ij}\}$$

단, N_{ij}^r 은 요구된 TC 쌍의 수이고 $(t, c)_n$ 은 세션 $\{i, j\}$ 에 할당 될 TC 쌍의 후보이며 τ_{ij} 는 세션의 예상 지속시간이다.

노드 i 가 제한된 지연시간을 보장하기 위하여 식 (2)을 이용하여 계산한 수만큼의 TC쌍(N_{ij}^r)을 할당 할 수

있을 때 노드 j 는 CTS(Clear To Send) 메시지를 발행한다. 물리적인 관점에서 이 단계에서 원천노드(i)와 목적지노드(j) 모두가 채널 자원의 물리적 품질을 검사한다. CTS의 형식은 다음과 같다.

$$CTS_{ij} = \{j, i, CTS, N_{ij}^a, \{(t, c)_1, \dots, (t, c)_n\}\}$$

단, N_{ij}^a 는 할당된 TC 쌍의 수이다.

만약 송신 노드 i 가 요구하는 QoS를 만족하지 못 할 때 수신 노드 j 는 PREJ(Primary Reject) 메시지를 발행한다. PREJ의 형식은 다음과 같다.

$$PREJ_{ij} = \{j, i, PREJ, N_{ij}^r, \{(t, c)_1, \dots, (t, c)_n\}\}.$$

송신중인 노드는 주변 상황에 대한 수신에 불가능하므로 다른 형태의 메시지 손실이 없을 지라도 노드의 RAL은 최신정보로 수정되지 않을 수 있다. 양 측의 이와 같은 오래된 RAL은 유효하지 않은 TC 쌍의 할당을 유발하게 되며 이는 이미 할당된 채널 용량을 잠식하게 된다. 결과적으로 망 내에 현재 진행 중인 세션의 QoS 즉, 최대 지연제한시간이 보장될 수 없게 된다. 제3의 노드는 SREJ(Secondary Reject) 메커니즘을 통하여, 이미 할당된 TC쌍을 잠식함으로써 QoS 보장을 위협하는 새로운 세션의 성립을 중지할 수 있다. 제3의 노드(l)의 수신기는 데이터 수신 중에 CCCH를 추적한다. 세션 $\{i, j\}$ 에 대하여 TC 쌍을 할당하는 과정에서 이미 다른 세션에 할당된 TC 쌍을 잠식하여 진행 중인 세션의 QoS를 위협 할 경우 노드 l 은 다음 형식의 SREJ 메시지를 송신 노드에게 전송한다.

$$SREJ_{li} = \{l, i, SREJ, \{(t, c)_1, \dots, (t, c)_n\}\}.$$

송신노드 i 는 일정시간동안, 예를 들어 CCCH의 수 미니슬롯시간동안, SREJ 메시지를 기다린다. 만일 정해진 기간동안 SREJ 메시지를 수신되지 않으면 전송을 시작하며 그렇지 않으면 해당 세션은 불가한 것으로 간주한다. 그림 2는 세션 요구가 성공한 경우와 실패한 경우 2가지에 대한 세션 협상과정을 보여준다.

ESR(End of Session Request) 메시지는 송신노드 i 가 세션의 종료로 알리기 위해서 사용하며 이에 대한 응답으로 수신노드 j 는 ESA(End of Session Acknowledgement)

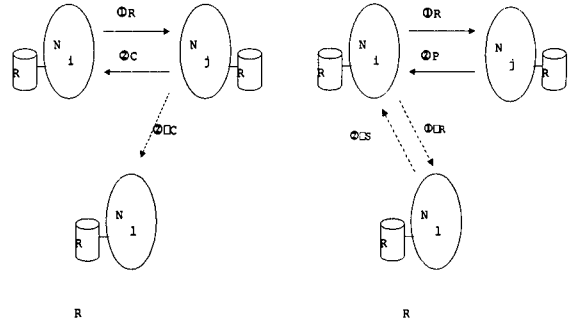


그림 5. 세션 협상을 위한 분산 채널 할당 절차
Figure 2. Distributed Channel Allocation Procedure for Session Negotiation.

메시지를 전송한다. ESR과 ESA 메시지의 형식은 다음과 같다.

$$ESR_{ij} = \{i, j, ESR\}$$

$$ESA_{ji} = \{j, i, ESA\}.$$

IV. 성능평가

4.1 성능평가 모델

제한된 MAC 프로토콜의 작동을 조사하기 위하여 실내 환경에서 멀티미디어 트래픽을 전송하는 단일 hop 무선 LAN을 가정한다. 또한, 노드들은 정지해 있거나 느리게 움직이는 것으로 가정하여 한 세션 동안 노드의 이동에 따른 영향은 무시하며 이는 OFDM-CDMA 물리 채널의 전력 제어 여유에 기인한다.

성능의 지표로 두 가지의 파라메타를 정의한다. 호 거절 확률(Blocking Probability)은 본질적으로 처리량에 대한 측정기준이며 전체 세션 수중에서 수신노드가 가용하지 않은 상태에 있으므로 해서 유실되는 세션 수의 백분율을 나타낸다. QoS 손실 확률(QoS loss Probability)은 성공적으로 세션이 성립되었지만 다른 노드가 진행 중인 세션에 끼어들어 이미 할당된 TC쌍을 사용하려고 시도함에 따라서 QoS 보장 즉, 최대 지연시간 보장에 실패한 세션의 백분율을 말한다. 제한된 MAC 프로토콜의 가용성(Blocking 확률)과 QoS 보장(QoS 손실확률) 등 주요 성능 목표에 대한 동작을 조사하였다. [6]의 결과와 근접한 비교를 위하여 호 거

질 확률 10^{-2} 과 QoS 손실확률 10^{-1} 을 분석 목표로 선정하고 이 값을 만족하는 조건을 찾기 위하여 시뮬레이션 결과를 분석하였다.

전술한 방안에 대한 시뮬레이션 모델로 [5]에서와 유사한 파라메타 들을 선정하였다. 2장에서 언급한 바와 같이 400개의 직교 코드(부반송파)와 프레임 당 3개의 시간슬롯을 가정하였다. 노드의 수와 평균 호 도착시간은 각각 5에서 500 및 0.005에서 5.0까지 변화하는 것으로 하였다. 한 시간슬롯의 지속시간은 2.064 ms, MAC_PDU의 길이는 800 비트로 하였다.

트래픽 데이터로는 실시간 멀티미디어 트래픽을 모델링하기 위하여 Würzburg 대학에서 측정한 MPEG 데이터 스트림을 사용하였다[8]. 대표적인 측정값은 최대 전송률 568,300 byte/s, 평균 전송률 87,338.780 byte/s이다. 각 프레임에 포함된 부호화된 byte의 수는 포함된 화면의 특성에 따라 달라지는데 시뮬레이션에 사용된 멀티미디어 트래픽의 각 프레임에는 I(intraframe), P(predictive) 및 B(interpolative) 프레임 화상이 IBBPBBPBBPBB의 순서로 반복된다. 전체 MPEG 트레이스는 각기 이 구조로 동기화되어있는 것으로 가정하였는데 이것은 트래픽 집중도에 있어서 최악의 경우를 의미한다.

상기와 같은 모델을 사용하여 메시지의 손실이 없는 이상적인 망 환경[6]에서 노드수의 변화 및 평균 호 도착률의 변화에 따른 DCAP의 성능을 분석하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 결과는 전반적인 경향을 보여주며 이를 통하여 제안된 방식의 작동에 대한 개념적인 통찰을 할 수 있다.

4.2 호 거절률(Blocking Probability)

그림 3에 보인 바와 같이 노드 수가 적으면 목적지 노드는 세션에 참여 할 확률이 높아지고 따라서 목적지노드의 가용성은 떨어지게 되어 호 거절 확률은 비교적 높아진다. 노드의 수가 증가함에 따라 호 거절 확률은 위에서 언급한 바와 반대의 이유로 인하여 감소하게 된다.

직관적으로 호 거절 확률은 호 도착률 등 망의 부하에도 영향을 받는다. 그림 4는 이러한 관계를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 초당 1 호 도착 (1 arrival/sec) 이하로 부하가 가벼운 상태에서는 망 부하의 증가에 따라 호 거절 확률은 급격히 증가한다.

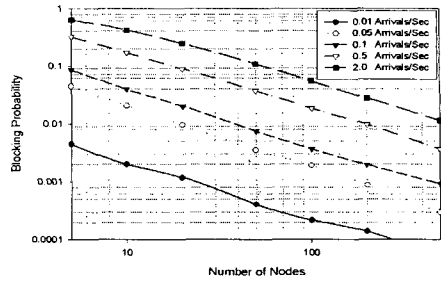


그림 3. 노드 수 변화에 따른 호 거절 확률의 분포
Figure 3. Blocking Probability Distribution vs. Number of Nodes

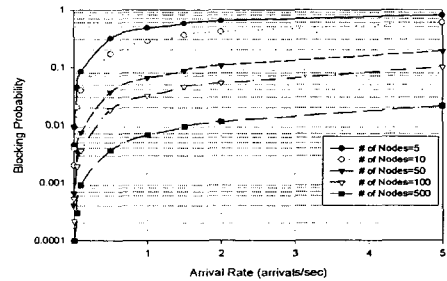


그림 4. 평균 호 도착률 변화에 따른 호 거절 확률 분포
Figure 4. Blocking Probability vs. Average Arrival Rate

평균 호 도착률이 0.1 이하이고 노드 수가 50개 이상일 때 분석목표인 호 거절 확률 10^{-2} 가 달성되었다. 노드 수가 50개 이하일 때는 호 도착 간 시간이 10초 이상인 가벼운 부하상태에서만 분석목표가 달성되었다. 반대로 호 도착률이 0.1 이상인 무거운 부하조건에서는 노드 수가 아주 많을 때에만 분석 목표에 도달하였다.

4.3 QoS 손실 확률(QoS Loss Probability)

앞서 언급 한 대로 노드 수가 적을 때는 목적지 노드가 세션에 참여 할 확률이 높다. 이 경우 비록 전체의 호 거절 확률이 높더라도 그림 5에 보인 것처럼 QoS 손실 확률은 상대적으로 낮은데 이는 제3의 노드가 세션 협상에 관여 할 기회를 갖지 못하기 때문이다.

평균 호 도착률이 증가하면 동시에 할당된 TC쌍의 수도 함께 증가한다. 결과적으로 송신 노드가 선택한 TC쌍 중에 이미 다른 세션에 할당된 TC 쌍이 포함될 확률은 높아지게 된다. 이것은 그림 6을 볼 때 명백하다. 평균 호 도착률이 1.0 이하일 때 호 도착률의 증가

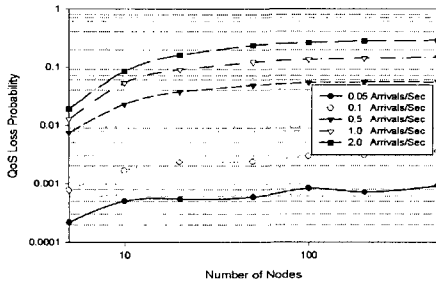


그림 5. 노드 수 변화에 따른 QoS 손실 확률 분포
Figure 5. QoS Loss Probability vs. Number of Nodes

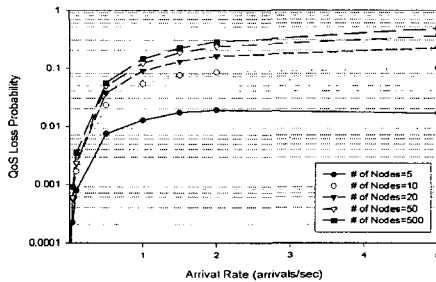


그림 6. 평균 호 도착률 변화에 따른 QoS 손실 확률
Figure 6. QoS Loss Probability vs. Average Arrival Rate

에 따라 QoS 손실 확률은 급격히 증가한다.

그림들에서 보듯이 분석 목표치인 QoS 손실 확률 10^{-1} 은 평균 호 도착률이 0.5이하일 때는 노드 수와 무관하게 달성 된다. 호 도착률이 0.1보다 커지면 분석목표치는 50개 이하의 비교적 적은 노드 수에 대해서만 달성된다. 노드 수와 호 도착률이 모두 커지면 QoS 손실 확률은 50%에 접근하게 된다.

정리하면, 제안된 방식은 호 도착률 0.1 이하의 상대적으로 가벼운 부하조건 및 노드 수 50개 정도로 구성된 망에서 가장 좋은 성능을 나타낸다.

명백하게, 제안된 시스템은 일정한 크기의 할당 단위를 가진 입자적 특성의 OFDM-CDMA 채널 구조를 채택하여 단순화된 자원 할당 및 관리 방법을 구현하였음을 알 수 있다. 이는 노드의 구조를 DRNP에 비하여 덜 복잡하게 하였다. 주목할 것은 제안된 DCAP는 기본적으로 OFDM에 기반하고 있으며 그 결과 이 시스템은 [4]에서 기술 한 바대로 다중경로 페이딩 및 지연확산 간섭 등의 채널 결함에 대하여도 강건성을 제공한다. 또한 이 방식은 대역 할당에 있어 높은 유연성

을 보인다. 더욱이, 호 거절 확률, QoS 손실 확률 등에 대한 시뮬레이션 결과를 보면, 적절한 망 부하 조건에서 진행 중인 세션의 QoS를 보장하는 것도 가능하다.

V. 결론

DCAP는 특별히 멀티미디어 AWLAN 환경에서 자원을 할당하고 관리하기 위하여 고안되었다. 이 연구에서는 OFDM-CDMA 물리 채널의 기반 위에 구현된 MAC 프로토콜이 제안되었다. 더욱이 이 프로토콜을 멀티미디어 AWLAN에서 QoS를 보장하는 자원관리를 구현하기 위하여 분산적 자원할당방식과 결합하였다.

망 관점에서의 평가 지표인 호 거절 확률과 QoS 손실 확률에 대하여 DCAP의 성능을 조사하였다. MPEG 트래픽을 지원하는 BWA 형 물리계층에 대한 성능평가 결과, 노드 수가 약 50개 정도이고 평균 호 도착률이 0.1 이하일 때 호 거절 확률 10^{-2} 및 QoS 손실률 10^{-1} 을 얻었다. 더욱이 활성화된 세션의 QoS를 위협하는 새로운 세션의 성립을 막음으로써 이 프로토콜은 AWLAN에서의 호 수락제어 (Call Admission Control, CAC) 메커니즘을 수행한다. 이 방식은 완전히 분산적이며 망의 조건변화에 적응적이다.

본 연구에서 제안된 새로운 방식은 공정(fair) 스케줄링 등을 포함한 약간의 성능 조절을 거치면 BWA 구조의 AWLAN에 있어서의 바람직한 자원 관리 및 다중 접근 방식이 될 수 있다.

참고문헌

- [1] S. Hara and R. Prasad, "Overview of multicarrier CDMA," IEEE Commun. Mag., Dec. 1997, pp. 126-133.
- [2] H. Rohling, K. Bruninghaus, and R. Grunheid, "Comparison of multiple access schemes for an OFDM downlink system," in Multi-Carrier Spread Spectrum, K. Fazel and G. P. Fettweis, Eds. Norwell, MA: Kluwer Academic, 1997, pp. 23-30.
- [3] S. Kaiser and K. Fazel, "Spread spectrum multi-carrier multiple-access system for mobile communications,"

in Multi-Carrier Spread Spectrum, K. Fazel and G. P. Fettweis, Eds. Norwell, MA: Kluwer Academic, 1997, pp. 49-56.

- [4] F. Cuomo, A. Baiocchi and R. Cautelier, "A MAC Protocol for a Wireless LAN Based on OFDM-CDMA," IEEE Communication Magazine, Sep. 2000, pp.152-159.
- [5] A. Baiocchi, F. Cuomo and S. Bolognesi, "IP QoS Delivery in a Broadband Wireless Local Loop: MAC Protocol Definition and Performance Evaluation," IEEE JSAC, Sep. 2000, 18 (9), pp.1608-1622.
- [6] S. Lal and E.S. Sousa, "Distributed Resource Allocation for DS-CDMA Based Multimedia ad hoc Wireless LAN's," IEEE JSAC, Oct. 1991, 9 (8), pp.1265-1279.
- [7] B. J. Choi, E. L. Kuan and L. Hanzo, "Crest-Factor Study of MC-CDMA and OFDM," IEEE VCT, Amsterdam, The Netherlands, 1999, pp.233-237.
- [8] O. Rose, "Statistical properties of MPEG video traffic and their impact on traffic modeling in ATM systems," Proc. 20th Annu. Conf. Local Computer Networks, Minneapolis, Oct. 15-18, 1995.

저자약력

양현호(Hyunho Yang)



1986년 광운대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 광운대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2003년 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학박사)

1989년 ~ 1990년 삼성 SDS 주식회사

1991년 ~ 1997년 포스테이타 주식회사

1997년 ~ 2005년 순천청암대학

2005년 ~ 현재 군산대학교 전자정보공학부

※관심분야 : 무선 데이터통신, Ad Hoc 네트워크, 무선 센서망