802.11a 무선랜간 간섭최소화를 위한 이격거리 제안

손호경* , 이성수, 이형수
한국전자통신연구원, 무선방송연구소
e-mail: hgson@etri.re.kr

A Proposal of separation distance to minimize interference between 802.11a WLANs

Ho-Kyung Son, Sung-Soo Lee, Hung-Soo Lee
ETRI-Radio&Broadcasting Research Lab. Radio Technology Department

Abstract

요 약

실내·외 환경에서 무선을 이용하여 데이터를 송수신하는 무선 LAN(Local Area Network)은 고속성과 이동성의 우수성으로 인하여 관심이 고조되고 있고, ETSI 에 의한 HIPERLAN/2 와 IEEE 802.11 가 5GHz 주파수대역에서 표준화되었고 개발 중이다. 본 논문에서는 향후 서비스 예정인 802.11a 무선랜간 간섭을 최소화시키기 위해 셀간 거리를 얼마나 이격 시켜야 되는지에 대하여 다룬다. 먼저 표준화 내용을 바탕으로 802.11a 무선랜의 C/I 비에 따른 성능평가를 수행하였고, 거리에 따른 처리율(throughput)을 시뮬레이션 하였다. 그리고 동일한 주파수를 사용하는 동일 셀에 의한 간섭의 영향을 보기 위하여 최악을 시나리오를 가정하여, 셀 간 거리에 따른 무선랜의 성능의 변화를 보았고, 간섭을 최소화 시키기 위해 최소한의 이격거리를 제안하였다.

Key words : 무선랜, 처리율, 동일 셀, 간섭, 이격거리.

I. 서론

무선 LAN(Wireless Local Area Network)이란 근거리 LAN 망을 구축할 때 물리적인 유선을 사용하지 않고 무선을 이용하는 통신시스템을 의미한다. 즉 무선 LAN 은 무선으로 1~54Mbps 의 데이터를 고속으로 전송하는 네트워크로 기존의 유선 LAN 을 대체하거나 확장하는 역할을 한다[1]. 무선 LAN 은 블루투스를 중심으로 강력히 대두되고 있는 PAN(Personal Area Network)영역과 비교하여 전송 커버리지와 대역폭에서 강점이 있으며 3G 이동통신과 비교해서는 이동성과 전송 커버리지에서 취약하나 데이터 전송속도, 기지국 비용에서 우위에 있다.

현재 무선랜은 2.4GHz ISM(Industrial, Scientific, and medical)대역에서 넓게 이용되고 있고, 유럽의 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) BRAN(Broadband Radio Access Network)과 IEEE802.11 WG 에 의하여 표준화가 주도되고 있고 5GHz 대역에서 54Mbps 까지 전송 가능한 표준이 정해진바 있다. 무선랜은 주로 실내 무선 네트워크이며, 실내 무선 환경에서의 신호는 전송 중에 감쇄와 반사등이 발생하여 수신기에서 송신쪽 신호를 완벽하게 재생하는 것이 불가능하며, 신호가 전송되는 무선환경과 채널 특성에 따라 통신 시스템의 질이 결정된다[2]. 본 논문에서는 802.11a 무선랜의 물리적계층과 MAC(Medium Access Control)계층에 대하여 간략히 살펴 보고, 각 계층에서의 성능평가 결과를 보일 것이다. 이 내용을 바탕으로 802.11a 무선랜의 성능을 보장하기 위한 동일 주파수를 사용하는 다른 셀의 최소 이격거리를 구해보았다. 최소 이격거리를 구하기 위하여 먼저 단일 셀에서 C/I 비에 따른 802.11a 무선랜의 처리율과 셀 내에서 무선랜간 거리에 따른 처리율을 구하였고, 셀 간 거리에 따른 C/I 비를 특정 전파모델을 이용하여 구하여, 셀 간 거리에 따른 간섭에

의한 영향을 살펴보았다.

II. IEEE 802.11a 표준과 성능평가

2.1 물리계층에서의 성능평가

802.11a 무선랜의 물리계층은 OFDM 을 기본구조로 하고 송신단의 블록은 그림 1 과 같다.

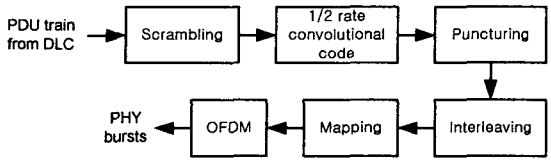

그림 1. IEEE 802.11a 송신기 물리계층

상위 계층으로부터의 입력 PDU train 은 스크램블링되고 길쌈부호기와 인터리버를 거쳐서 부반송파로 변조되는데, 이때 전송률에 따라서 각기 다른 부호율, 인터리빙 크기 및 변조방식을 갖게 된다. IEEE 802.11a 에서 총 52 개의 부반송파(4 개의 파일롯 부반송파포함)를 사용하여 6,9,12,18, 24, 36, 48, 54Mbps 의 전송률을 제공할 수 있으며, 이를 위해 BPSK, QPSK, 16-QAN, 64-QAM 의 다양한 변조방식과 부호율 1/2, 2/3, 3/4 의 컨벌루션 부호율을 사용한다. 그림 2 는 그림 1 의 내용과 802.11a 표준화내용을 바탕으로 C/I 비에 따른 PER 의 성능을 몇 가지 모드에 대하여 시뮬레이션한 값이다. 시뮬레이션시 채널은 사무실의 비가시영역이라고 가정하고 RMS 지연확산값은 50ns 로 하였다. PSDU 의 크기는 모든 모드에 대하여 1500bytes 로 하였다.

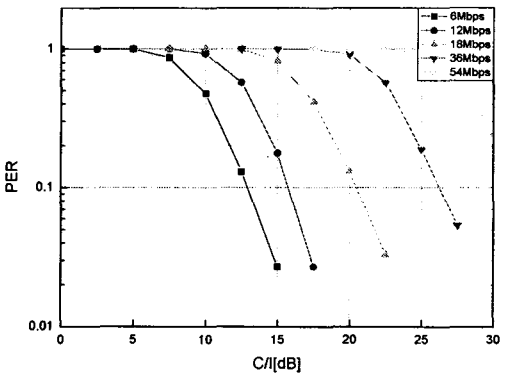

그림 2. 802.11a 무선랜의 C/I 비에 따른 PER 곡선

2.2 MAC(Medium Access Control)계층에서의 성능평가

매체에 접근하기 위해서 IEEE 802.11 은 기본적으로 CSMA/CA 라고 알려진 DCF(Distributed Control Function)방식을 사용한다. DCF 는 기본적인 접근 방법과 request-to-send/clear-to-send(RTS/CTS)방법으로 알려져 있는 선택적인 four-way handshaking 기술이 있다. 각 단말기는 DIFS(DCF Interframe Space)이상 동안 매체에 신호가 검출되지 않으면 (Idle 상태) 즉시 프레임을 송신할 수 있다. 그러나 송신을 기다리는 동안 신호가 검출되면 단말기는 매체가 다시 Idle 상태가 되기를 기다린다. 매체가 Idle 상태가 되면 그 시점부터 다시 DIFS 만큼을 기다린 후 랜덤한 backoff 시간을 선택하여 이 값을 backoff 타이머에 입력하고 타이머 값을 감소시키면서 backoff 시간이 경과하기를 기다린다. Backoff 시간이 경과한 후에도 매체가 Idle 상태에 있으면 그 때 비로소 단말기는 프레임을 송신한다. RTS/CTS 프레임을 이용한 신호검출 방식은 데이터 프레임을 송신하고자 하는 단말기는 먼저 RTS 프레임을 송신하고 이를 수신한 단말기는 CTS 를 다시 보낸다. 이때 RTS 와 CTS 프레임 헤더에는 그 뒤를 따르는 데이터, ACK 프레임 교환까지를 모두 끝낼 수 있는 시간 정보가 들어 있고, RTS 와 CTS 중 하나의 프레임이라도 수신한 다른 단말기들은 자신의 NAV(Network Allocation Vector)를 해당 정보로 갱신하여 이 시간 동안 송신 시도를 중단한다. 이상적인 채널상에는 처리율은 전송하고자 하는 로드(load)를 Transmission cycle 로 나눈 것으로 정의할 수 있다[3].

Parameter	Duration(μs)
DIFS	34
SIFS	16
Slot Time	9
Back-off time	7.5*9=67.5
PLCP Preamble	16
Signal	4
MAC header	4*[34Bytes/BPOS]
ACK Packet	20+4*[14Bytes/BPOS]
Data Packet	20+4*[(34+PSDU size)/BPOS]

표 2. IEEE 802.11a MAC 파라미터

Transmission Cycle 은 basic access 방법과 four-way handshaking 방법에 따라 다르고 다음과 같이 표현될 수 있다.

Basic Access = DATA + SIFS + ACK + DIFS
Four-way access = RTS + SIFS + CTS + SIFS + DATA +SIFS +ACK
RTS = 20 Byte + PHY header
CTS = 14 Byte + PHY header (1)

각 파라미터는 표 2 의 IEEE 802.11a MAC 파라미터을 참조하면 된다[5]. BPOS (Bytes/OFDM Symbol)

는 802.11a 무선랜의 모드에 따라 다르고, Slot time, PLCP preamble, Signal 등은 모두 표준화에 의해서 결정된다. MAC 헤더, ACK Packet, Data Packet 에 4*가 되어 있는 것은 802.11a OFDM 한 심볼 duration 이 4μs 이기 때문에 붙혀진 것이며, 프레임구조에 따라 결정된 값들이다.

그림 3 은 지금까지의 파라미터를 바탕으로 하여 802.11a 무선랜의 각 모드에 따라 PSDU 의 크기를 1500byte 로 하였을 때 데이터율에 대한 최대 throughput 값을 비교하여 보여준다.

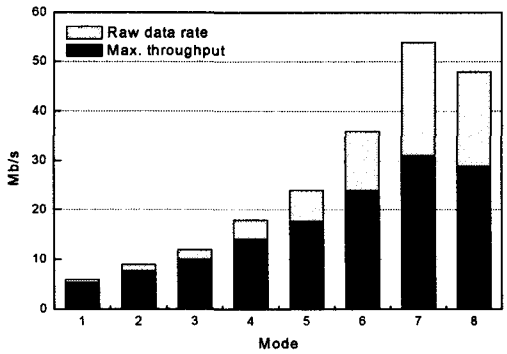

그림 3. 802.11a 1500byte PSDU 크기에서의 처리율

2.3 802.11a 처리율 시뮬레이션

C/I 비에 따른 처리율은 다음의 식에 의하여 구할 수 있다[4].

$$Throughput = R(1 - PER) \qquad (2)$$

R 은 전송되는 데이터율에 해당되고, PER 은 패킷에러율이다. 그림 2 와 그림 3 의 결과를 바탕으로 C/I 비에 따른 처리율을 구한 결과가 그림 4 에 나타내었다.

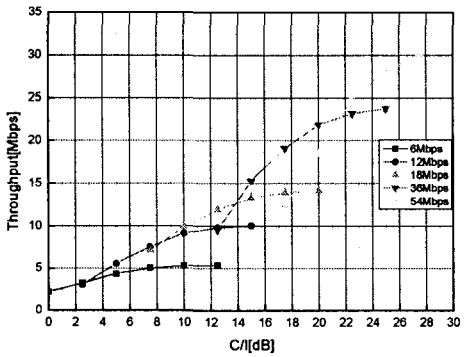

그림 4. 802.11a 무선랜의 C/I비에 따른 Throughput

그림 5 는 거리에 따른 무선랜의 처리율의 결과를 나타내었고, 이때 AP 와 MT 간의 경로손실은 다음과 같은 간략한 전파모델에 의하여 구하였다.

$$L_p = 10\log_{10}(4\pi d/\lambda)^2 + \alpha d \qquad (3)$$

여기서 d 는 AP 와 MT 간의 거리를 나타내고, λ 는 파장이다. Shadowing 영향에 의한 페이딩은 $\alpha(dB/m)$ 에 해당되는 마진으로 두었다. 그림 5 는 $\alpha = 0.5$ 와 $\alpha = 1$ 일 경우 식(3)과 그림 4 의 결과를 바탕으로 거리에 따른 처리율을 구한 것이다.

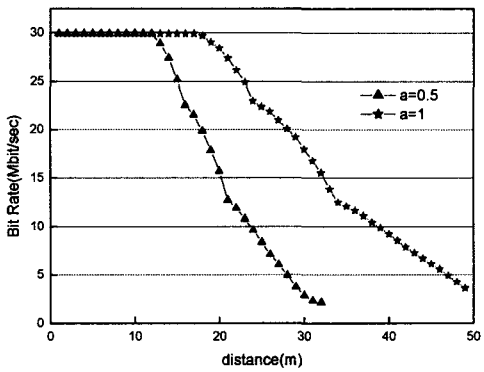

그림 5. 거리에 따른 무선랜의 처리율

III. 무선랜간 간섭분석

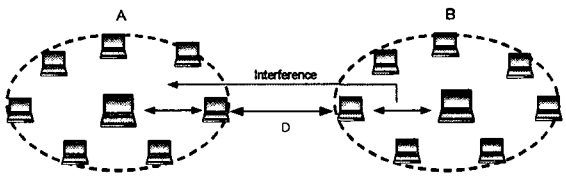

그림 6. 무선랜의 동일채널에 의한 간섭 모형

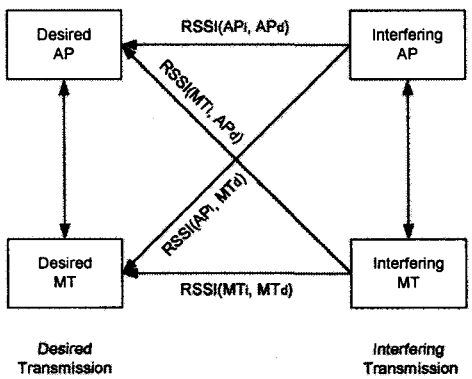

그림 7. 무선랜 간섭 예측 수학적 모형

본 절에서는 동일 셀에서의 간섭을 최소화하기 위해서 셀간 거리를 최소한 얼마나 이격 시켜야 하는지를 구해보도록 하겠다. 그림 6 은 무선랜간의 간섭 분석을 위한 모형이다. A 는 원하는 통신을 하고 있는 셀이고, B 는 D 만큼 떨어진 거리에서 A 무선랜 통신 서비스 영역과 동일한 주파수를 사용하는 동일 셀이다. A 셀 내에서 통신을 하는 AP 와 MT 그리고 동일 주파수를 사용하는 B 셀에서 통신을 하고 있는 AP 와 MT 는 모두 동일한 일직선상에 있다고 가정하였다. 이 경우가 B 셀에서 이루어지는 통신에 의하여 A 셀에서 통신을 하는 경우 간섭의 영향을 최대로 받기 때문에 이와 같이 가정하였다. 또한 각 셀의 반경은 20m 로 정하였다. 이 값은 802.11a 무선랜의 서비스 반경을 계산한 결과 페이딩의 정도에 따라 달라지지만 54Mbps 전송모드의 경우를 살펴보면, 802.11a 표준에서 최소 수신레벨을 -65dBm 으로 정의 하고 있다. 이때 최소 수신레벨은 1000 byte 의 PSD 을 전송시킬 때 패킷 에러율 (PER)이 10% 보다 작게 나타나는 입력 레벨을 나타낸다. 이 값에 해당되는 경로손실이 88dBm 이가 되며 식(3)을 이용하여 계산결과 α 값이 0.5 인 경우는 약 26m 에 해당되고, α 값이 1 인 경우는 17m 가 셀 반경이 됨을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 20m 각 셀의 반경으로 정하였다. 그림 7 은 그림 6 의 관계를 수학적으로 표현한 것이다. 그림 6 에서 원하는 통신을 하고 있는 단말기입장에서 C/I 비를 계산할 때 분모에서 고려되어야 하는 전력밀도 중 주된 성분은 수신기의 배경 열잡음 전력밀도, 동일 셀 내에 속한 다른 가입자에 의한 전력밀도, 다른 셀에 속한 동일한 주파수를 사용하는 무선랜이 주는 전력밀도, 그리고 외부 간섭 전력밀도 등이 있다. 동일 셀 내에 다른 사용자에 의한 잡음은 이론적으로는 zero 이다. 802.11a 무선랜은 CSMA /CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)방식이 지원되기 때문에 일정 시간 동안 신호가 검출되면 매체가 다시 Idle 상태가 되기를 기다리게 되어 간섭이 없는 상황이 된다. 물론 back off 시간이 일치되는 무선랜은 충돌이 발생하여 간섭을 줄 수 있지만 확률적으로 극히 드물다고 가정하고 본 논문에서는 동일 셀 내에 다른 사용자에 의한 잡음은 영으로 간주한다. 외부 간섭 전력밀도에 의한 영향은 무시하도록 하겠다. 배경 열 잡음 밀도와 다른 셀에서 동일한 주파수를 사용하는 무선랜이 주는 간섭 두 가지 요인이 남는데, 열잡음 전력밀도는 다른 셀에서 동일한 주파수를 사용하는 무선랜이 주는 전력밀도에 비하면 그 값이 작기 때문에 무시할 수 있다. 다른 셀에서 동일한 주파수를 사용하는 무선랜이 주는 전력밀도는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$SIR = \frac{RSSI(AP_d, MT_d)}{mean((RSSI(AP_i, AP_d) + RSSI(MT_i, AP_d)), (RSSI(AP_i, MT_d) + RSSI(MT_i, MT_d)))} \quad (4)$$

각 식의 의미는 그림 7 을 참고하면 알 수 있다. 계산의 간략화를 위하여 본 문서에서는 원하는 통신을 하는 AP 에 주는 영향은 무시하고, 셀 반경이 20m 인 가정에 의하여 $RSSI(MT_i, MT_d)$ 가 $RSSI(AP_i, MT_d)$ 보다는 큰 값을 가지는 것이 예상되기 때문에 $RSSI(MT_i, MT_d)$ 만을 고려하였다. 그림 8 은 그림 6 과 같은 상황에서 셀간 거리에 따라서 원하는 통신을 하고 있는 무선랜 단말에서의 C/I 비를 식(3)을 이용하여 구한 것이다.

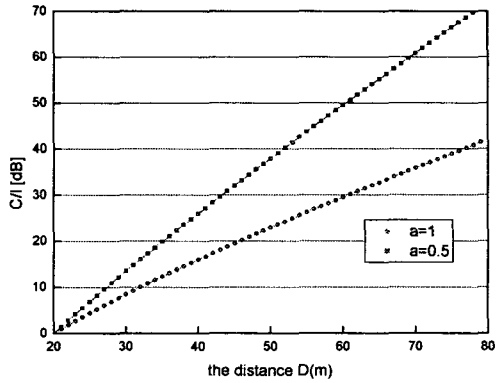

그림 8. 셀간 거리에 따른 C/I 비

그림9는 셀간 이격거리에 따른 802.11a 무선랜 처리율을 나타낸 것이다. 그림8에서 구한 셀간 거리에 따른 C/I비를 바탕으로 그림 4의 802.11a 무선랜의 C/I비에 따른 Throughput값에 대응하여 구한 것이다. 그림9에서 보시다시피 원하는 통신을 하고 있는 AP와 MT의 고속데이터 전송을 위하여 최소한 동일 셀은 셀 반경을 포함하지 않고 41m~56m는 이격 시켜야 된다는 것을 알 수 있다. 이보다 작은 이격거리에 동일 셀이 존재한다면 동일 셀에서의 간섭에 의하여 통신이 불가능한 것은 아니지만, 고속 데이터 전송에는 영향을 받음을 알 수 있다.

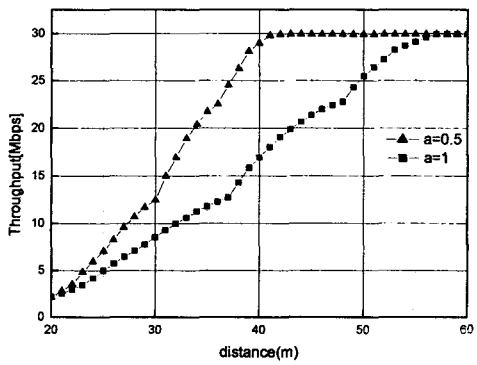

그림 9. 셀간 이격거리에 따른 무선랜 처리율

3.4 결론

지금까지 5GHz 주파수대역에서 서비스 예정인 802.11a 무선랜의 표준화 내용과 표준화 내용을 바탕으로한 성능평가에 대하여 살펴보았고, 802.11a 무선랜의 성능을 보장하기 위한 동일 주파수를 사용하는 다른 셀의 최소 이격거리를 구해보았다. 단일 셀에서 C/I 비에 따른 802.11a 무선랜의 처리율과 셀 내에서 무선랜간 거리에 따른 처리율을 구하였고, 셀 간 거리에 따른 C/I 비를 특정 전파모델을 이용하여 구하여, 셀 간 거리에 따른 간섭에 의한 영향을 살펴보았다. 그 결과 원하는 통신을 하고 있는 AP 와 MT 의 고속데이터 전송을 위하여 최소한 동일 셀은 셀 반경을 포함하지 않고 41m~56m 는 이격 시켜야 된다는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 계산의 편의를 위한 몇 가지 가정이 있었고, 향후 좀 더 현실적인 환경에 근접하는 가정과 전파모델을 이용한다면 좀 더 현실적인 셀 간 이격거리를 제안할 수 있다고 본다.

참 고 문 헌

[1] Benny Bing, High-Speed wireless ATM and LANs, Artech House, 2000

[2] Rappaport T.S., Wireless Communications, Prentice-Hall, 1996

[3] A. Doufexi et al., " A comparison of the HIPERLAN/2 and IEEE 802.11a Wireless LAN standards", IEEE Communication Magazine, May, 2002, p172-180

[4] J.Khun-Jush et al., "Structure and Performance of HIPERLAN/2 Physical Layer," IEEE VTC'99Fall,pp.2667-2671

[5] A. Doufexi et al.," Throughput Performance of WLANs Operating at 5GHz Based on Link Simulations with Real and Statistical Channels", IEEE VTC'01, pp.766-770