

UL밴드에서 BT와 IEEE 802.11에 의한 간섭의 분석 연구

강석진⁰ 차정근 강형구 고진환
경북대학교 정보통신학과

time007⁰@inc.knu.ac.kr cha1210@inc.knu.ac.kr iekang@inc.knu.ac.kr jikoh@ee.knu.ac.kr

Research for BT and IEEE 802.11 Interference Analysis in UL Band.

Suk-Jin Kang⁰ Jung-Keun Cha Hyung-Koo Kang Jin-Hwan Koh
Dept. of Information & Communication, Kyungpook National University

요 약

요즘 사무 빌딩이나 공항에서의 ISM(Industrial Scientific and Medical) 밴드 사용이 증가함에 따라 동일 주파수 대역을 사용하는 BT(Bluetooth)와 무선 랜은 상호 충돌 발생이 일어난다. 이러한 문제점이 최근 연구과제로 등장하고 있다. 본 논문은 채널 간섭의 모델에 의거하는 UL(unlicensed) ISM 주파수 대역에서 BT와 802.11에 있어서 충돌 평가 모델에 의한 간섭을 분석한다. 전파 평가 모델 방법론에 의한 AP와 STA간의 범위에 따른 BT 간섭의 수와 허용할 수 있는 최대 BT 신호를 알아본다. 그리고, BT를 바탕으로 한 액세스 네트워크의 실행에서 802.11b 시스템에 관한 BT의 기본 간섭 메커니즘 및 간섭이 어느 정도 미치는지에 관한 예비 결과를 나타낸다.

1. 서론

오늘날 인터넷의 접근은 일상 생활에서 필수적이다. 인터넷 없이 사업, 연구, 그리고 서비스에 관해서 생각하기 어렵다. 따라서, 어디에서나 인터넷 서비스를 위한 PDA와 휴대할 수 있는 장치에서 인터넷 액세스의 기능성을 용이하게 하는 것은 중요한 이슈가 되고 있다. 최근에 등장한 BT통신 프로토콜은 10~100m 정도의 근거리 무선 인터페이스를 제공하며 AP(Access Point)를 이용한 유선 망과의 접속을 제공한다[1]. 이러한 BT와 무선 랜과 같은 무선 네트워크는 케이블 배선 없이 이동성을 제공해 줄 수 있어 큰 기대를 갖게 하는 기술이고, 휴대할 수 있는 장치가 저 비용과 저전력 소모를 요구하기 때문에 BT는 사용자 장치와 유선 네트워크 기반구조 사이에서 고정 무선 인터넷 연결을 위해 가장 기대할 수 있는 솔루션 중의 하나이다. PDA와 셀룰러 폰 같은 휴대할 수 있는 장치의 이용법이 점점 더 인기가 있게 되는 것에 따라 소비자 장치의 상호연결은 더욱 더 중요시 되고 있다. 과거에는 이 장치들이 정보를 교환할 수 있기 전에 2개의 장치 사이에서 물리적인 접속을 필요로 하는 일련의 케이블에 의해서 보통 접속이 이루어졌다. 이런 불편함 때문에 무선 통신 기술은 사용자에게 의해서 크게 요구 되고 있다. 저 비용이 그런 기술의 중요한 요건이므로 BT가 휴대할 수 있는 장치의 환경에 있어서 크게 어필 할 수 있는 장치이다. 저 비용 때문에 BT는 가까운 미래에 많은 소비자 장치에 있어서 깊이 새겨 두게 될 것으로 예상된다. BT와 802.11는 UL ISM 주파수 대역 2.4GHz에서 동작한다. 그래서 2.4GHz 대역의 전파 혼잡으로 인한 전파 간섭의 문제가 높아지고 있다. 이들간 서로 경쟁보다는 상호 공존의 가능성이 많다고 전망된다. 간섭 충돌은 간섭하는 네트워크

로부터 패킷이 일시적이고, 원하던 신호가 스펙트럼으로 일치할 때, 그리고 간섭 신호가 원하던 신호를 회복하는 점에서 애러를 야기 시킬 수 있는 충분한 파워를 가지고 있을 때 일어난다. BT WPAN(Wireless Personal Area Network) 과 IEEE 802.11 WLAN(Wireless Local Area Network)은 둘 다 같은 2.4GHz 허가 없는 주파수 대역을 공유하고, 연결성을 위한 무선 솔루션을 제공한다. IEEE 802.11 와 BT 피코넷 사이에서 공존의 분석은 IEEE 802.15 TG2 표준 위원회의 멤버에 의해서 발표를 하게 되었다[2]. 이 논문에서 BT 간섭의 영향을 추정하기 위한 2가지의 일반적인 분석의 접근을 나타내게 된다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 경로 손실 지수 n 과 신호와 간섭의 대한 표준 편차 σ 에 의해서 반경 D 를 가진 STA(Wireless Station) 내부에서의 신호 파워에 대한 비용 한계 값에 의한 예상되는 BT 간섭의 수를 살펴보고, 3장에서는 전파 평가 모델 방법론에 의한 AP와 STA 간의 범위에 따른 BT 피코넷 간섭의 수와 허용할 수 있는 최대 BT 신호를 알아본다. 그리고 4장에서는 결론 및 향후 BT 발전 방향을 제시 한다.

2. BT의 예상되는 간섭의 수

BT 피코넷의 예상되는 수를 결정하기 위한 방법, N_{BT} 는 802.11b STA에 대하여 야기시키는 충분한 파워를 가지고 있을 때 연역하게 된다. 그 유도과정은 그림 1. STA의 반지름 D 내에서 802.11b AP 와 BT 피코넷 둘 다 원하던 신호 소스로부터 STA에서 대응하는 수신된 파워를 첫 번째 조사에 의거한다. 그림 1.은 하나의 AP와 station간의 거리에 따른 실제 간섭 지역의 분석을 위한 기하학적 인 평가 모델을 나타낸다.

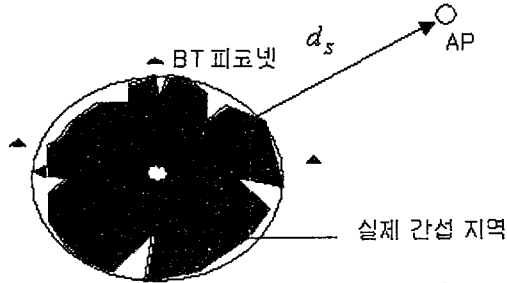


그림 1. 실제 간섭지역의 분석을 위한 기하학

주어진 BT 피코넷은 D_{BT} piconets / m^2 으로 일정하게 분포된다. 그러면 BT 피코넷의 예상되는 수는 아래와 같다.

$$N_{BT}(\Gamma) = A_{eff}(\Gamma, d_s | D) D_{BT} \quad (1)$$

$A_{eff}(\Gamma, d_s | D)$ 는 반지름 D 가 주어진 실제적인 간섭 지역이다. $A_{eff}(\cdot)$ 는 BT 피코넷에서 간섭 신호가 신호 파워에 대한 비율 한계 값에 관한 표준화된 간섭을 초과할 때 반경 D 를 가진 STA에서 중심을 가지는 원 내부에 지역을 추정한다. $A_{eff}(\cdot)$ 는 또한 의존상태가 무선 전파 경로 손실 특성에 의해서 결정이 될 때 AP와 STA 사이 d_s 의 거리에 의존한다. 신호 파워에 대한 비율 한계 값에 관한 표준화된 간섭은 아래와 같이 주어진다.

$$\Gamma = \gamma_{IIS} - \Omega_{BT} + \Omega_{AP} \text{ (dB)} \quad (2)$$

Ω_{BT} 와 Ω_{AP} 는 BT와 802.11b에 대한 dBm에서의 전송 파워이다. γ_{IIS} 는 dBm에서 신호 파워 한계 값의 간섭이다. 실제 간섭 지역은 셀의 경계선 안에서 유효한 적용 범위의 퍼센트를 결정 하기 위한 Jake의 방법[3]에 유사한 연구법을 사용하면서 결정 되었다. 그것은 아래와 같다.

$$A_{eff}(\gamma_{IIS}, d_s | D) = \int_0^{2\pi} \int_0^D P_r(\Omega_r(r) / \Omega_s(d_s) > \gamma_{IIS}) r dr d\theta \quad (3)$$

$P_r(\Omega_r(r) / \Omega_s(d_s) > \gamma_{IIS})$ 은 간섭 파워의 확률이다. $\Omega_r(r)$ 는 BT의 수신 파워이고, $\Omega_s(d_s)$ 는 AP 수신 파워이다. 신호 파워와 간섭 파워는 둘 다 경로 손실 지수 n 과 각각의 표준 편차 σ_s 와 σ_r [4]와 함께 상용로그를 가진 쇠퇴하는 경로 손실 모델을 표준 지수에 의거한다. $D \rightarrow \infty$ 인 경우, D 에 관계없이 $(\Omega_r(r) / \Omega_s(d_s) > \gamma_{IIS})$ 를 만족 시키는 BT 피코넷에 의거한다. 그 식은 아래와 같다.

$$A_{eff}(\Gamma, d_s) = \lim_{D \rightarrow \infty} A_{eff}(\Gamma, d_s | D)$$

$$= \pi (d_s)^2 \exp \left[\frac{2(\sigma_{IIS}^2 - 10 n \Gamma \log_{10}(e))}{(10 n \log_{10}(e))^2} \right] \quad (4)$$

그림 2.는 일반적인 조건 $\Gamma = \gamma_{IIS} - \Omega_{BT} + \Omega_{AP} = 10\text{dB}$ (즉, $\Omega_{BT} = 0$ dBm, $\Omega_{AP} = 20$ dBm, $\gamma_{IIS}(0) = -10\text{dB}$) 와 $0 < d_s \leq 20\text{m}$ 에 대해서 $N_{BT}(\Gamma) / D_{BT} = A_{eff}(\Gamma, d_s)$ 에 관한 그래프를 포함한다. 식 (4)에서 알 수 있듯이 경로 손실 지수 n 과 신호와 간섭의 대한 표준 편차 σ 에 의해서 반경 D 를 가진 STA 내부에서의 신호 파워에 대한 비율 한계 값에 의한 예상되는 BT 간섭의 수는 아래와 같은 선의 영역으로 나타내었다.

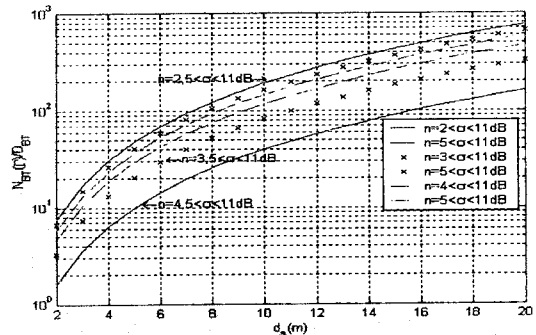


그림 2. AP와 STA 사이 d_s 에 따른 BT 간섭의 수

3. 전파 평가 모델 방법론

이 분석을 위해 실내에 대한 전파 모델은 [5]에서 제안된 것을 간소화 했다. Line-of-sight 전파는 처음 8m로 가정한다. 경로 손실 (L_{path})는 r^n 의 함수로서 증가한다. 이것은 데시벨(decibel)에 관하여 표현되어 질 수 있다:

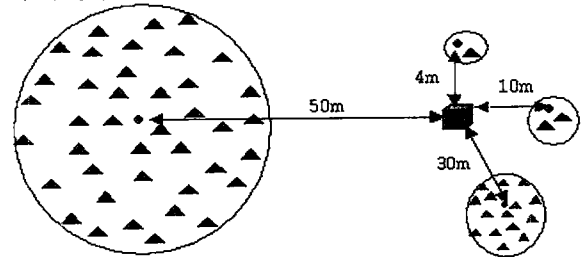
$$L_{path} = 20 \log(4\pi r / \lambda), \quad r \leq 8 \text{ m} \quad (5)$$

$$= 58.3 + 33 \log(r/8), \quad r > 8 \text{ m} \quad (6)$$

$$\lambda = \text{z-유공간의 파장} @ 2.45\text{GHz} (0.1224\text{m}) \quad r = \text{범위(m)}$$

3.1 간섭의 범위와 허용되는 최대 BT 신호

IEEE 802.11 STA가 인접한 BT 송신기로부터 간섭에 영향을 받기 쉬운 정도는 AP에서 원하던 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 신호의 세기에 의존한다. DSSS 신호 세기는 물론 AP로부터의 범위에 의존한다. 따라서, STA는 AP 연장으로부터 범위에 의한 BT 간섭에 더 영향을 받기 쉽다.



- IEEE802.11 AP
- ▲ BT Piconet
- IEEE 802.11 STA

그림3. AP범위에 따른 STA와 BT 간섭 모델

BT 간섭의 영향은 AP로부터 각각 범위에 따른 간섭 수에 대하여 조사를 한다. 이 분석을 위해 다음 2가지를 가정한다. 첫번째 IEEE 802.11 WLAN 토폴리지의 평균 밀도는 $49m^2$ 마다 하나의 STA가 있다. 두 번째 STA와 AP의 전송 파워는 +20dBm, BT의 전송 파워는 0dBm이다. 그림 3.은 AP범위에 따른 STA와 BT 간섭 모델을 보여 주고 있다. AP로부터 50m 범위에 있는 802.11 DSSS의 경우라고 생각하면, AP로부터 수신된 신호는 다음과 같이 추정되어진다.

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{path} \quad (7)$$

$$= +20dBm - (58.3 + 33\log(50/8))$$

$$= -64.5dBm$$

BT 신호가 DSSS 통과대역의 범위에 들어갈 때 DSSS 신호가 그 간섭을 극복하기 위해 어떤 BT 신호 보다도 10dB[5] 더 커야 한다는 가정에 의거한다. 따라서, 50m 범위에 있는 802.11 DSSS의 경우라고 생각하면 최대 허용되는 BT 신호는 -74.5 dBm이 된다.

표1. AP범위에 따른 최대 BT 신호와 피코넷 간섭의 수

AP의 범위(m)	수신 DSSS 신호(dBm)	최대 BT 신호(dBm)	BT 간섭의 수
4	-32.3	-42.3	1
10	-41.4	-51.4	2
30	-57.2	-67.2	15
50	-64.5	-74.5	40

따라서, AP에서 30미터 위치한 DSSS STA는 10미터 범위에 위치한 것보다 간섭에 영향을 더 받기 쉽다.

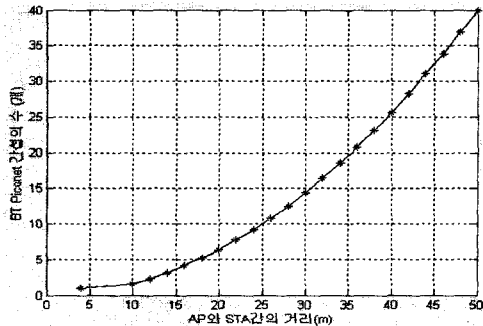


그림4. AP의 범위에 따른 일어날 BT piconet 간섭의 수

AP에서 30미터 위치한 DSSS STA의 경우 $707m^2$ 의 범위가 된다. 사무실 공간의 $49m^2$ 마다 하나의 STA가 있기 때문에 그 결과 간섭의 수는 15 BT piconet이 된다. 이 결과는 표1.에서 최대 BT신호와 BT 간섭의 수를 나타내었고, 그림4에서 BT 피코넷 간섭 수의 변화를 나타내었다.

4. 결론 및 향후 BT 발전 방향

BT는 이용자가 독자적인 네트워크를 구축해 PDA, PC, 휴대폰, 디지털 카메라, 휴대용 게임기, MP3플레이어 등의 기기간에 정보를 주고 받을 수 있고, 이들 응용제품의 개발이 가능하다. 최근 각광을 받고 있는 BT는 이러한 기술적인 요구를 만족시켜줌으로써 정보 기기간에 복잡한 배선이 없이도 실시간 통신이 가능 하다 본 논문에서는 고정 무선 인터넷 연결에 관한 BT와 802.11의 충돌을 평가하기 위한 간섭 모델에서 AP와 STA간의 범위에 따른 간섭의 수를 추정하기 위한 2가지의 일반적인 분석의 접근에 대해 살펴 보았다. 분석의 접근은 네트워크 트래픽과 RF(Radio Frequency) 주위환경을 위해 전형적인 사용 가능한 범위 내에서 802.11b와 BT에 관한 공존의 조사에 의해서 분석이 된다. 앞으로 BT의 발전 방향은 BT가 향후 IPv6 도입에 따른 단말기의 IP 기반 이동성을 지원하기 위한 방안, 외부 망과 연결 속도 제한, 그리고 단말기의 잦은 이동에 따른 QoS(Quality of Service) 제공 방안이 더욱더 연구가 진행 되어야 할 것이고, 또한 현재 사용중인 2.4GHz대역 무선랜이 결국 5GHz 무선랜으로 발전할 것으로 내다보고 5GHz 무선랜에 대한 연구가 활발히 진행되어야 한다. 5GHz 무선랜이 상용화되면 이동통신과 무선랜, 무선랜과 유선통신 간에 상호 서비스 운용이 가능해지는 완벽한 유.무선통합시대가 구현될 것으로 내다본다.

참고문헌

- [1] <http://www.bluetooth.com>
- [2] G. Ennis, " Impact of Bluetooth on 802.11 direct sequence," IEEE P802.11-98/319, 1998.
- [3] W. C. Jakes, Microwave Mobile Communications: Wiley_Interscience, 1974.
- [4] T. S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice. New York: IEEE Press & Prentice Hall PTR, 1996
- [5] A. Kamerman, " Coexistence between Bluetooth and IEEE 802.11 CCK Solutions to Avoid Mutual Interference", Lucent Technologies Bell Laboratories, Jan. 1999.
- [6] Ivan Howitt, " IEEE 802.11 and Bluetooth Coexistence Analysis Methodology," VTC Spring 2001.
- [7] Jim Zyren, " Reliability of IEEE 802.11 Hi Rate DSSS WLANs in a High Density Bluetooth Environment", Intersil Corporation, June 1999.