

신규지역에서의 지역무선 셀 설계 연구

이재완*, 고남영**
 군산대학교

A Cell Plan for Local Wireless in a New Demand Area

Jae-wan Lee, Nam-young Ko
 Kunsan University
 E-mail : oneuni@Paran.com

요 약

초고속급 속도를 가지는 광대역통신서비스가 본격화됨에 따라 유선을 이용한 서비스뿐만 아니라 무선을 이용한 광대역서비스도 제공되고 있다. 이러한 초고속광대역서비스를 제공하는 무선시스템중 하나인 B-WLL시스템은 시스템 구성상 서비스구간을 유선을 이용하여야 하는 불편함이 있다. 이를 보완하기 위해서 신규수요지역 서비스 Zone에 유비쿼터스 환경의 지역무선 구축을 고려하였고, 이에 2GHz 및 5GHz의 주파수를 이용, 무선랜 구축을 위한 최적의 셀 설계 방안을 제시한다.

키워드

Wireless LAN, 셀, AP

1. 서 론

정보통신의 발달로 인하여 국내외적으로 초고속인터넷의 수요가 크게 증가하고 있다. 국내의 경우 초고속인터넷 가입자 수는 현재 1100만 명을 넘어서고 있다. 이러한 수요에 힘입어 초고속통신사업자들은 더 좋은 서비스를 제공하기 위해 ADSL 및 케이블모뎀과 같은 유선을 이용하는 서비스뿐만 아니라 지역무선망을 이용하는 서비스도 실시중에 있다.

그림 1의 국내의 초고속인터넷가입자수는 1999년 ADSL의 상용화 이후 2003년을 기점으로 초고속인터넷가입자수가 정체를 보이고 있다.

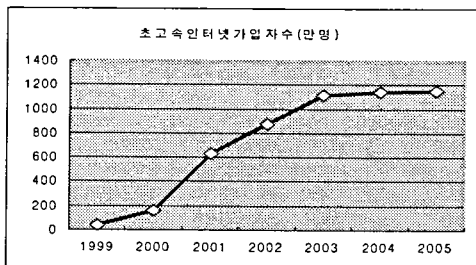


그림 1. 초고속인터넷가입자 추세.

이와 같은 유선기반의 초고속인터넷서비스의 성장둔화는 신규수요에 대한 새로운 무선기반의 인터넷서비스 환경구축이 필요한 시점으로 분석

되어지고 있다.

초고속인터넷서비스의 이용자는 언제, 어디서나 사용가능한 단말의 이동성과 접속 및 사용이 용이하며, 링크의 안정성은 물론 저비용과 접속후 부가서비스를 이용가능한가를 바라고 있다.

따라서 이용자의 신규수요를 충족할 수 있는 대안은 지역무선 랜 시스템이다. 아래 그림 2에서는 무선랜 가입자의 예측수요와 유선기반 초고속인터넷가입자와의 비교에서 무선랜을 이용한 초고속인터넷의 성장성을 시사하고 있다.

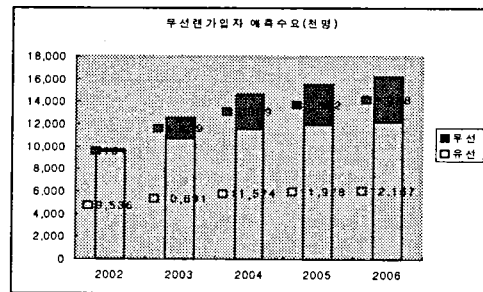


그림 2. 유무선 인터넷가입자 추세비교.

본 연구에서는 지역무선 환경에 적합한 빌딩, 아파트 및 Campus와 같은 집단수요지역을 잠재적 신규수요지역으로 우선순위를 설정하고, 2GHz의 주파수를 이용한 지역무선랜 구축을 위한 최적의 셀 설계 방안을 제시한다.

II. 무선기술

초고속인터넷서비스를 제공하는 고정무선망은 B-WLL(Broadband Wireless Local Loop)을 비롯하여 MMDS(MultiChannel MultiPoint Distribution System)과 위성인터넷 등이 있다. 이러한 무선망 중에서 대표적인 시스템인 B-WLL은 상향과 하향 모두 무선기술을 이용하는 망으로서 국내에서는 2000년부터 상용서비스를 제공하고 있다. B-WLL 서비스는 기지국에서 가입자장치까지 25GHz 대역의 주파수를 사용한다. 그러나 시스템 구성상 이용자에게 초고속인터넷 서비스를 제공하기 위해서는 이용자장치와 이용자 PC사이에 별도의 유선 선로를 사용한다.

이와 같은 구성은 이용자 PC까지 직접 무선으로 연결하는 구성에 비해 설치의 용이성이 떨어지고, 유지보수 면에서 어려움이 있다. 이러한 불편함을 해결하기 위해 가입자택내까지 무선으로 직접 연결할 필요성을 느끼게 되었다. 이에 고려되는 것이 무선랜 커버리지에서 이용자가 언제, 어디에서든지 인터넷서비스 접근이 가능한 지역무선랜이다.

이러한 지역무선랜 서비스에 사용할 수 있는 주파수대역은 2.4GHz 대역과 5.8GHz대역이 있다. 이 대역은 미국 FCC(Federal Communications Commission)에서 각종 무선 기술의 개발을 장려하기 위해 902~928MHz, 2.4~2.4835GHz, 5.725~5.85GHz의 주파수 밴드를 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 용으로 할당하여 인가 없이도 사용할 수 있도록 한 주파수 대역이다.

표 1. IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11a의 비교

구분	802.11b	802.11g	802.11a
변조방식	DSSS/CCK	OFDM/PBCC	OFDM
전송속도	11Mbps	24Mbps/22Mbps 54Mbps(option)	54Mbps
대역폭	83.5MHz (2.4~2.4835GHz)	83.5MHz (2.4~2.4835GHz)	100MHz (5.725~5.825GHz)
채널수 및 대역폭	13개 중첩채널 22MHz	13개 중첩채널 22MHz	4개 채널 16.6MHz
실제 전송속도	5~7Mbps	10~11Mbps	31Mbps
서비스 범위	100m @11Mbps	100m @12Mbps/11Mbps	50m @9Mbps
WECA 운용보장	Wi-Fi 보장	준비 안됨	Wi-Fi5 준비중

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum
 CCK: Complementary Code Keying
 OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 PBCC: Packet Binary Convolution Code
 WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance.

지역무선랜 구축 기술은 위 표 1에서 2.4GHz ISM 대역에서 최대 11Mbps를 지원하며, 고속 전송의 DSSS 변조방식을 사용하는 IEEE 802.11b를 표준으로 사용한다.

다음은 무선 LAN 기술의 IEEE 802.11, 11b 기술을 중심으로 설명한다. 무선 LAN의 네트워크

형태는 AP(Access Point)를 포함하느냐 그렇지 않느냐에 따라 두 가지로 나뉘어 진다. AP를 포함하는 형태를 Infrastructure 네트워크라고 하고, 포함하지 않는 형태를 Ad-hoc 네트워크라고 한다.

또한 하나의 AP가 제공하는 서비스 영역을 BSA(Basic Service Area)라고 하며, AP를 포함하여 그 AP에 접속된 무선 단말을 지칭하여 BSS(Basic Service Set)이라고 한다. 이렇게 AP에 접속되어 무선 단말이 서비스 받게 되는 것을 SS(Station Service)라고 한다. SS는 ad-hoc 네트워크에서 무선 단말끼리 주고받는 서비스도 포함한다.

그림 3에서 보는 바와 같이 서비스 영역인 BSA는 서로 중첩될 수 있다. 두 개 이상의 AP가 서로 연동되어 각각의 AP에 접속되어 있는 무선 단말이 다른 AP에 접속되어 있는 무선 단말과 통신하도록 할 수 있다. 이 경우 AP들의 연결을 DS(Distribution System)이라고 하며, 이러한 DS를 통하여 제공되는 서비스를 DSS(Distribution System Service)라고 한다. 또한 DSS가 제공가능한 영역을 ESA(Extended Service Area)라고 하며, ESA내에서 DSS를 제공받는 모든 무선 단말과 AP들을 합하여 ESS(Extended Service Set)이라고 한다. 보통 무선 LAN에서는 하나 이상의 AP와 접속하도록 하고 있기 때문에 ESS ID로 네트워크를 구분하고 있다.

무선 LAN의 Ad-hoc 네트워크는 Bluetooth에서 제공하고 있는 Scatter-net은 지원하고 있지는 않으므로, 자체적으로는 Routing에 의해 다른 네트워크와의 연결을 할 수 없다. Routing을 위해서는 무선 LAN MAC 계층 위의 상위계층에서 처리해주어야 한다.

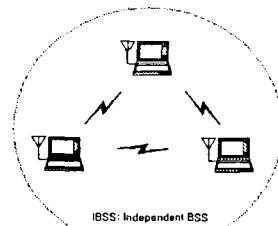
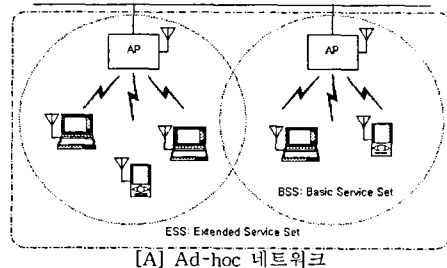


그림 3. 무선 LAN의 네트워크 구성 형태.

또한 IEEE 802.11 표준에서 정의한 서비스의 항목은 두 개의 서비스 범주로 나누어 표 2와 같이 아홉 가지로 대별된다.

표 2. IEEE 802.11의 서비스 기능

SS	DSS
① Authentication	① Association
② Deauthentication	② Deassociation
③ Privacy	③ Distribution
④ MSDU delivery	④ Integration
	⑤ Reassociation

Authentication과 Deauthentication은 사용자 인증에 관한 것이고, Association과 Deassociation, Reassociation은 무선 단말이 AP에 접속되는 것에 관한 것이다. Reassociation은 무선 단말이 ESS내에서 BSS를 변경하거나, 혹은 현재 접속되고 있는 상태를 변경할 경우 사용된다.

Distribution 서비스는 DS를 통해서 하나의 AP에 접속된 무선 단말이 다른 AP에 접속된 무선 단말과 통신할 수 있다는 개념적인 서비스이다. Integration은 IEEE 802.11 LAN과 외부의 유선이든 무선이든 집합적인 LAN과의 접속에 사용된다. 이 항목은 DS의 설정을 통해 달라진다.

Privacy는 보안에 관한 것으로 WEP(Wired Equivalent Privacy) 프로토콜을 사용하고 있다. MSDU(MAC Service Data Unit) delivery는 사용자의 데이터가 전송되는데 사용된다.

Local Wireless LAN AP는 유선 LAN의 Hub와 같은 기능, Bridge 기능, Home Gateway 기능, Automatic Fall-back 기능, Roaming 기능 등 다양한 기능을 수행하고 있다. Bridge 기능은 지향성 고이득 외장 안테나를 이용하여 멀리 떨어진 두건 물 사이에 통신이 가능하게 한다. Home Gateway 기능은택내의 정보통신 기기들의 외부 네트워크와의 접속을 무선 LAN AP를 사용하여 수행하도록 한다. Automatic Fall-back 기능은 AP와 무선 단말 사이의 거리가 멀어져서 채널 상태가 나빠지면, AP가 전송속도를 11Mbps에서 5.5Mbps 혹은 2Mbps, 1Mbps로 낮추는 기능이다. 채널 상태가 좋지 않은데도 11Mbps로 고속 전송을 하게 되면 재전송 등으로 인한 손실이 더 크기 때문에 적절히 전송속도를 낮추는 것이다. 기본적인 Roaming 기능은 BSS 사이에서 가능하다.

III. 무선랜 구축 셀 설계 방안

1. 구축환경

셀 설계 구축범위는 군산대 공과대학 및 부속 건물 8개동과 건물주변 옥외 1개소로 설정하고, 방화벽 장비를 이용해 군산대 무선랜 Zone에서 학내망으로 접속 가능하도록 구현한다.

무선랜 구축 기술은 IEEE 802.11b 표준을 적용하고, 인증서버와 단말기간 무선보안 인증방식은 EAP-MD5(Extensible Authentication Protocol - Message Digest 5)을 적용한다. 인터넷 접속회선은 메트로이더넷방식(45 Mbps)을 사용하고, 무선랜 설계 및 Cell Planning은 IEEE 802.11b의 1, 5, 9, 13 채널을 사용하여 상호간섭을 최소화한다.

본 연구에서는 먼저 AP 설계에 필요한 기본 자료를 검토한 후에, 무선 LAN 설계시 고려사항을 정량적이고, 실험적 분석을 통하여 그 결과를 적용 하였다.

2. 무선랜 셀 설계 및 측정

AP 설계에 필요한 기본 검토사항은 다음의 여덟 가지이다.

[검토1] Coverage 확보

건물구조 및 사용자 특성을 고려하여 AP 셀 커버리지를 설계 하고, 넓은 커버리지 확보가 가능한 장소는 안테나를 활용 커버리지를 확보한다.

[검토2] AP 위치선정

서비스 전 지점에서 단말의 접속프로그램에서 제공하는 신호세기가 -75dBm 이상 되는 최적의 위치를 선정한다.

[검토3] AP 설치대수 설정

동일 서비스 범위에서 단말에서 Scan되는 AP 수는 3~4개를 넘지 않아야 하며, 동시 사용자수와 사용자당 필요 대역폭을 고려하여 설정한다.

[검토4] AP 채널설정

그림 4에서의 같이 2.4GHz의 채널은 {1, 5, 9, 13}으로 설정한다.

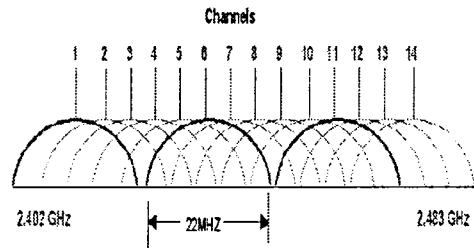


그림 4. IEEE 802.11b의 채널 구조.

[검토5] AP 출력설정

AP 출력은 MAX(17dBm+a)로 설정하고, AP사이의 거리가 가까운 경우는 출력을 가능한 낮게 설정하여 AP간 간섭의 영향을 줄이도록 한다.

[검토6] AP 동시 접속사용자수 설정

AP 1대당 접속되는 단말의 수는 30대(기본 무선 Zone : 20 대) 이하로 한다.

[검토7] 로밍 지원여부 확인

동일 서브넷 영역에서 무선단말 이동시 두개의 인접 AP사이의 로밍 여부를 확인 한다.

[검토8] Antenna 설정

위 검토를 기반으로 서비스 Zone 환경에서의 무선 RF 신호 측정값을 통한 AP의 최적 위치 설정과 안테나 특성을 고려한 안테나의 효율적인 설치방안을 제시한다.

가. AP 셀 Coverage 측정

장애물이 없는 건물 내부 환경에서 경로에 의한 손실은 다음 식과 같다.

$$n = 2.4 \text{ 일 때, } f_{GH} = 2.4$$

$$-PL_{dB} = -32.4 - 24 \log f_{GH} - 24 \log r = -41 - 24 \log r$$

(1)

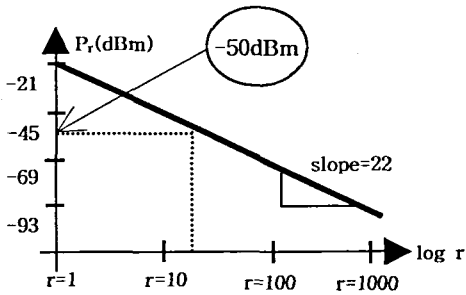
if $r = 17$ 이면

$$-PL_{dB} = -70dB$$

$$P_t = 20dBm (100mW) \quad (2)$$

$$P_r \approx -50dBm \quad (3)$$

위의 식을 그래프로 나타내면 다음과 같다.



따라서 그림 5에서 장애물이 없는 환경에서 AP당 셀 Coverage는 -55dBm을 기준으로 17m, -75dBm 일 때는 30m이다. 신호세기가 미약한 -75dBm 이하인 곳에서는 Error가 발생한다.

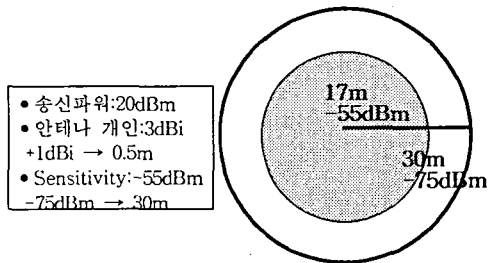


그림 5. 장애물이 없는 셀 Coverage.

다음은 장애물 환경에 있는 복도, 강의실 및 연구실에서의 AP당 셀 Coverage 측정 결과와 같다. 첫째, 복도 환경에서는 그림 6과 같이 Canyon effect로 25m로 나타나 본 조건에서 셀 Coverage가 증가됨을 알 수 있다.

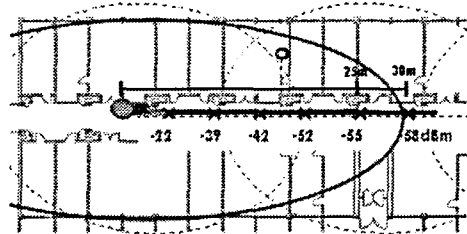


그림 6. 복도환경의 셀 Coverage.

둘째, 콘크리트(15cm)벽 환경의 강의실에서는 그림 7과 같이 12m로 측정되었다.

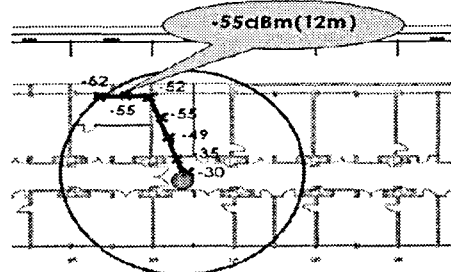
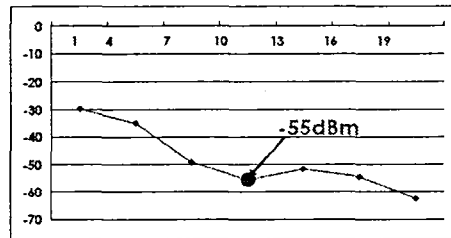


그림 7. 강의실 환경의 셀 Coverage.

셋째, 금속벽(5cm) 환경의 연구실에서는 그림 8과 같이 7m로 나타나, 본 환경에서 신호세기 감소가 가장 많음을 알 수 있다.

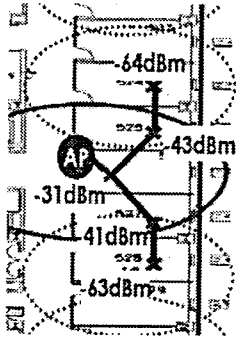
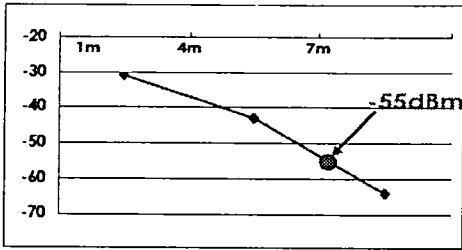
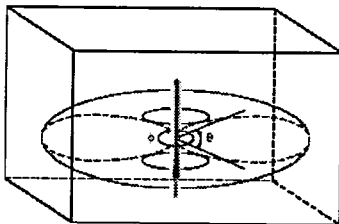


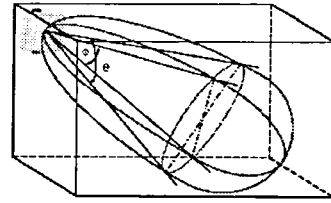
그림 8. 연구실 환경의 셀 Coverage.

나. AP 위치 설정 및 측정

무선 랜에서 사용하는 대표 안테나는 Dipole, Raydome, Patch이다. Dipole 안테나는 무지향성으로 그림 9와 같이 실내중앙설치가 효율적이며, ϕ 방향 각도는 360° 로 θ 각도는 이득이 높아질수록 각도가 작아진다. Patch/Radome 안테나는 지향성으로 그림 10과 같이 실내 한 쪽 모서리 부분에 설치하고, ϕ 각도와 θ 각도는 이득이 높을수록 각도가 작아진다. 층간 간섭을 최소화하기 위하여 건물 내 복도의 양끝 지점은 가능한 지향성 안테나를 활용하는 것이 효율적이다.



(4dBi 경우 $\Pi \times V = 360^\circ \times 30^\circ$)
그림 9. Dipole 안테나 설치 구조.



(8dBi 경우 $H \times V = 60^\circ \times 40^\circ$)
그림 10. Patch 안테나 설치 구조.

안테나의 방향성은 그림 11에서와 같이 주변 환경에 따라서 $H \times H$ 를 $H \times V$ 로 할 경우 3dB의 이득을 얻을 수 있다.

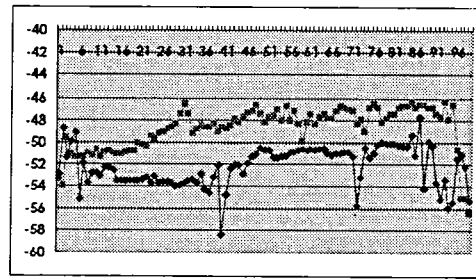
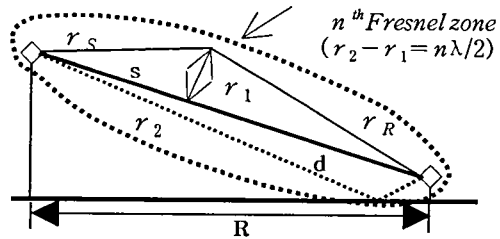


그림 11. 안테나의 방향성 측정.

다음은 안테나의 특성을 토대로 효율적인 위치 설정을 위해 천정 및 벽과의 이격거리를 산출하였다. 먼저 천정과의 이격거리는 다음의 Fresnel Zone 정의 식을 이용 산출하였다.



$$W_{fn} = \sqrt{n \frac{\lambda s d}{s + d}}$$

(4)

$$s = 0.1m, d = 9.9m, \lambda = 0.125m$$

$$W_{fn} \approx 0.111m$$

위의 식(4)로부터 Fresnel 영역을 확보하기 위하여 그림 12에서와 같이 벽으로부터 2λ 이상의 거리에 안테나가 위치할 수 있게 한다. 따라서 천정과의 이격거리가 최소 30cm 이상 되도록 AP를 설치한다.

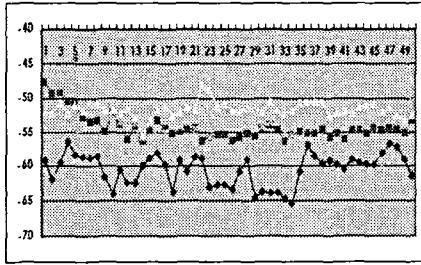


그림 12. 천정과의 이격거리 측정.

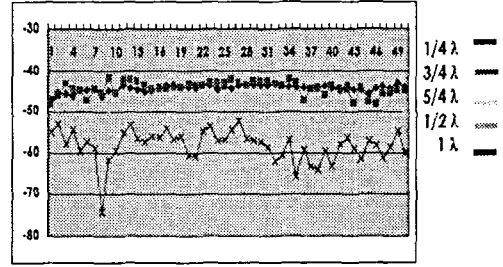


그림 14. 벽과의 이격거리 측정.

벽과의 이동거리는 다음 식에서 Constructive effect와 Destructive effect로 산출 하였다.

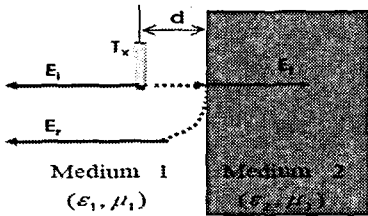


그림 13. 벽과의 이동거리 모형도.

$$E_1(z) = E_1(z) + E_r(z)$$

$$= a_x E_0 (e^{\beta_1 z} + \Gamma e^{\beta_1 z} e^{\beta_1 2d})$$

(5)

$$\Gamma = \frac{E_{r0}}{E_0} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}, n_1 = \sqrt{\frac{\mu_1}{\epsilon_1}}$$

if at conductor wall $\Gamma = -1$ 일때

$$E_1(z) = -a_x (e^{\beta_1 z} - e^{\beta_1 z} e^{\beta_1 2d})$$

(6)

[1] $e^{\beta_1 2d} = 1$ 일때, destructive effect

$$\beta_1 2d = 2n\pi, d = \frac{n\lambda}{2} = n \times 6.25 \text{cm}$$

(7)

[2] $e^{\beta_1 2d} = -1$ 일때, constructive effect

$$\beta_1 2d = 2n\pi + \pi, d = \frac{n\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = 6.25 \times n + 3.1 \text{cm}$$

(8)

그림 14에서 AP 설치의 최적 위치는 벽과의 이격거리가 6cm 이상 되어야함을 보이고 있다.

IV. 결 론

초고속 인터넷서비스를 제공하기 위한 무선기반의 통신환경은 다양한 콘텐츠, 홈 네트워크, 높은 광대역성 및 무선 접속성과 같은 한 차원 높은 유비쿼터스 환경이 요구되고 있다.

이와 같은 이용자의 Needs 을 충족할 수 있는 지역무선 구축이 현실적 대안이다. 본 연구에서는 지역무선 구축에 적합한 신규수요지역으로 대학 캠퍼스를 선정, 무선랜 구축을 위한 최적의 셀 설계방안을 제시하였다.

Campus Wireless LAN 구축에 필요한 고려사항을 여덟 가지로 검토한 후, 이를 기반으로 무선 RF신호 측정을 통한 AP의 최적 포지셔닝 설정 방안과 안테나 특성을 고려한 안테나의 효율적인 설치 방안을 다음과 같이 제시한다.

-55dBm 기준으로 AP당 Cell coverage 반경은 장애물이 없을 때 17m, 장애물 환경에서 콘크리트(15cm)벽은 12m, 금속(5cm)벽은 7m로 나타나, 이는 장애물 환경에서 셀 반경 대비 신호세기 가 각각 15dBm, 20dBm 감소를 보이고 있다. 복도 환경에서는 Canyon effect로 25m로 나타났다.

또한 안테나 특성을 고려한 효율적인 설치를 위해 안테나의 polarization을 적용 하였고, 천정과의 이격거리는 30cm 이상, 벽과의 이격거리는 6cm이상 이격 시에 최적의 조건으로 측정되었다.

향후 무선 환경에 취약한 서비스 음영지역은 물론 보안 및 인증에 대해서도 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] <http://www.mic.go.kr>
 [2] <http://www.nespot.com>
 [3] 정보통신부, "2.4GHz 대역 특정 소출력 무선국 주파수 분배변경", 정보통신부고시 제2001-31호, 2000.
 [4] IEEE 802.11 Standard, ISO/IEC 8802-11:1999(E), ANSI/IEEE, Aug. 20, 1999.
 [5] IEEE Std 802.11-1999(E), Part 11 - WLAN MAC and PHY Specifications, 1999.

- [6] IEEE Std 802.11a-1999, Part11 : Wireless MAC and PHY specifications - High speed physical layer in the 5GHz Band, 1999.
- [7] Barry Truax, Handbook for Acoustic Ecology, The World Soundscape Project, Simon Fraser University, and ARC Publications, 1999.
- [8] Homayoun Hashemi, "The Indoor Radio Propagation Channel", Proceedings of the IEEE, VOL. 81, NO. 7, JULY 1993.
- [9]Theodore S. Rappaport, Wireless Communications : Principles and Practice, Prentice-Hall Inc.,1996.