

보안성을 위한 무선 랜 시스템용 빔성형 안테나의 설계

Beam-forming Antenna for Security In Wireless-LAN System

심용보
(충남대학교 전파공학과,
ybsim@cnu.ac.kr)

김완기
(충남대학교 전파공학과,
wkkim@cnu.ac.kr)

우중명
(충남대학교 전파공학과,
jmwoo@cnu.ac.kr)

Key Words : Wireless LAN, microstrip antenna, wireless home network

목 차

- I. 서론
- II. 본론
 - 1. 새로운 방식의 무선 랜 시스템의 제안
 - 2. 새로운 방식의 무선 랜 시스템에 적합한 안테나의 제안
 - 3. 빔 성형 배열 안테나의 시뮬레이션
 - 4. 빔 성형 배열 안테나의 설계 및 제작
- III. 결론

I. 서론

지난 2004년 3월 정보통신부에서는 ‘유비쿼터스’라는 공통분모 하에 개별 서비스와 인프라 그리고 산업이 상호 긴밀한 관계를 통해 시너지 효과 창출을 목표로 하는 ‘IT839 전략’을 발표했다[1]. 이중 9대 신 성장 동력의 한 일환으로 선정된 홈 네트워크는 미래 디지털 가정환경을 구축하는 핵심요소로 부각되고 있다. 이러한 홈 네트워크에 대한 관심은 기존의 초고속 유선 인터넷 서비스와 함께 무선 LAN 서비스시장의 확대를 가져왔다.

홈 네트워크의 무선 랜 시스템은 AP(Access Point)를 통해 기존 유선공유기의 케이블 사용에 따른 이동성의 제약을 없애 버림으로써, 가정 어디에서나 무선랜 카드가 장착된 PC로 케이블 없는 쾌적한 인터넷 환경 구축이 가능하다.

하지만 기존의 무선 랜 시스템의 경우 전파 음영 지역이 발생하고, 그것을 극복하기 위해 고가의 다수 AP를 설치하거나 고출력을 이용하여 외부 노출 전파의 발생으로 인하여 보안상 취약점과 전자파에 의한 인체 영향도 무시할 수 없게 되었다.

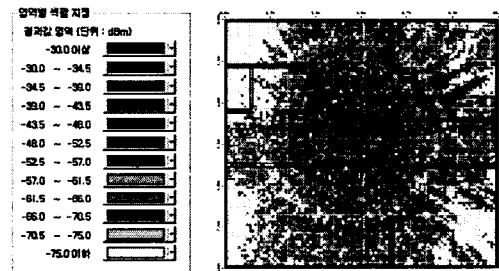
따라서 본 논문에서는 기존의 무선 랜 시스템의 단점을 보완하기 위해 하나의 AP에 다수의 안테나를 이용하여, 전파의 음영지역 해결 및 비용절감, 보안성 강화 등의 효과를 얻을 수 있는 새로운 개념의 무선 랜 시스템을 제안하고, 신개념 무선 랜 시스템에 적합한 안테나에 대한 연구를 하였다.

II. 본론

1 새로운 방식의 무선 랜 시스템의 제안

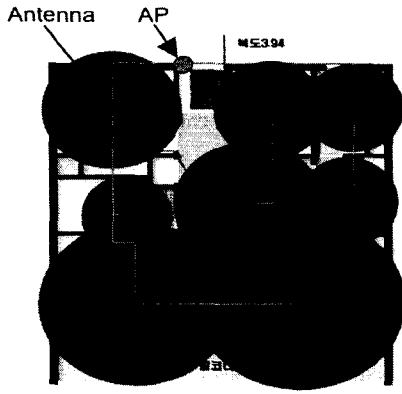
그림 1은 무선 랜 AP가 실내 중앙에 설치된 2.4GHz 대역의 실내 전파환경 시뮬레이션으로, 회색으로 표시된 사각모양

은 벽을, 투명한 사각모양은 파티션을 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 중앙에 진한 색으로 표시된 부분은 AP의 출력 레벨이 강해서 전송속도가 높은 부분이고, 옅은 색으로 표시된 부분은 주변의 벽이나 파티션을 통과하면서, AP의 출력 레벨이 약해져 전송속도가 낮아지는 것을 의미한다.



<그림 1> 무선 랜 실내 전파환경 시뮬레이션(정보통신부 “무선 랜 길라잡이” 참조)

그림 1의 결과를 살펴보면, 실내 구석에서 전파 음영 지역이 발생하고 벽이나 파티션 통과 후 전파의 세기가 약해지는 것을 알 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 현재 대부분의 경우 AP를 다수 설치하거나 송신 출력을 최대한 높이고 있다. 그러나 비싼 AP의 가격 때문에 다수의 AP설치는 경제성이 없고, 송신 출력을 최대한 하는 것은 장시간의 고출력 전자파로 인하여 인체에 영향을 미칠 수도 있다. 또한 AP에서 발생하는 고출력 전파가 창문 등을 통해 외부로 노출되어, 특히 아파트와 같은 다세대 밀집 지역에서는 이웃 간의 전파 방해 및 비밀 노출 이라는 단점이 초래된다[2].



<그림 2> 새로운 개념의 무선 홈 네트워크 시스템의 구성도

따라서, 본 논문에서는 그림 2와 같이 한 개의 AP와 다수의 안테나를 이용하는 새로운 개념의 무선 랜 시스템을 제안한다.

2 새로운 방식의 무선 랜 시스템에 적합한 안테나의 제안

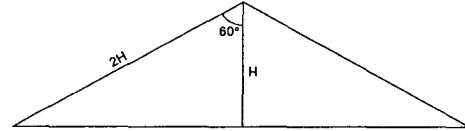
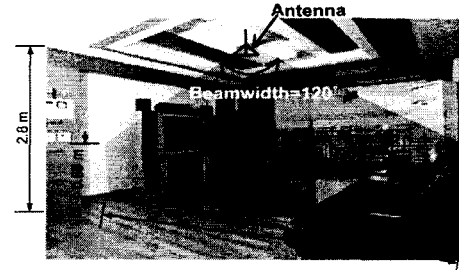
일반적으로 가장 많이 사용되는 기존의 무선 랜용 안테나는 그림 3과 같이 지향성 및 무지향성 안테나로 구분할 수 있다.



<그림 3> 기존 무선 랜 시스템에 사용되는 안테나

그림 3의 왼쪽 그림은 지향성 안테나로써 일정한 방향으로 빔이 집중되고, 지향성 이득이 크기 때문에 원거리 송신을 위한 실외용으로 많이 쓰이며, 오른쪽 그림은 무지향성 안테나로 전파를 전 방향으로 고르게 송신하여 넓은 지역에서 사용할 수 있으나 지향성 안테나에 비해 상대적으로 전송거리가 짧아 실내용으로 많이 사용된다. 지향성 안테나의 경우 일정 부분만 빔이 집중되어 실내 무선 홈 네트워크 시스템에 적합하지 않으며, 무지향성 안테나의 경우 전파환경 시뮬레이션의 결과와 같이 전파 음영 지역이 발생하고 천장에 설치 시 무지향성 패턴은 무의미하기 때문에 다음 그림 4와 같은 패턴의 안테나 빔 패턴이 요구된다.

그림 4에 나타낸 바와 같이 안테나를 천장에 설치시 일반적으로 무선 랜을 가장 많이 사용하는 책상의 높이(85cm)를 기준으로 하여, 천장으로부터 수직하향의 바닥에서의 이득과 천장으로부터 상대적으로 거리가 먼 벽 쪽 부근과의 이득이 동일하여야 한다. 만약 방사패턴이 기존에 사용되고 있는 지향성 또는 무지향성 안테나일 경우, 천장으로부터 수직하향의 바닥에서 이득이 가장 높기 때문에 천장과 바닥 사이의 멀티패스 영향이 매우 커져서 수신 레벨이 고르지 못하게 된다.



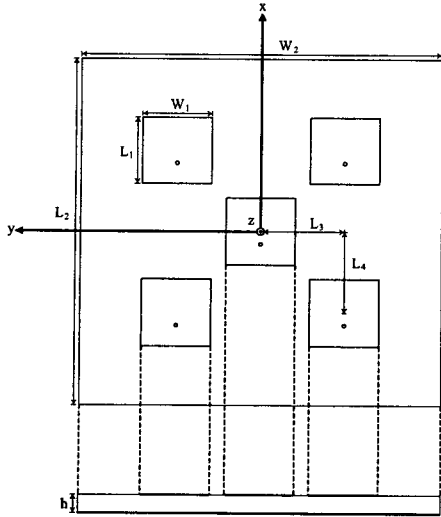
<그림 4> 제안된 홈 네트워크 시스템을 위한 안테나 패턴

제안된 안테나의 경우 일반적인 아파트 및 가정의 크기를 고려 시 빔 폭이 약 110°~120°이어야 하고 방의 크기가 매우 크거나 매우 작을 경우 빔 폭의 조정이 용이한 안테나가 될 수 있어야 방 전체 어디서나 멀티패스의 영향을 최소화 하여 안정적인 수신레벨 확보가 가능하다. 또한 빔 폭 120° 이상의 경우 외부로의 전파 누설 방지 및 벽면으로의 반사와 역제를 위해 급격한 레벨 차이를 갖는 빔 패턴이 요구된다. 즉, 전파는 안테나로부터 수직하향 즉, 브로드사이드방향으로는 H를 진행하게 되고, 60°의 방향으로 2H의 길이를 진행하게 된다. 보통 전계의 경우 1/길이의 비율로 감소하게 되고 각각 브로드사이드와 60°인 방향의 길이차이가 2배에 해당됨으로 전파의 전력의 비는 1:4가 되고 이는 6dB의 레벨 차이를 뜻하게 된다. 일반적인 반파장 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 브로드사이드 방향에서 그 레벨이 최대가 되기 때문에 적합하지 못하다. 방의 크기가 고려된 안테나의 설계를 위하여 브로드사이드 방향과 양쪽 60°부근의 차이를 6dB를 갖도록 하는데 그 목적이 있다.^[3]

따라서, 본 논문에서는 그림 4에서 보는 바와 같은 빔 성형을 위하여 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 채택하였다. 배열 안테나의 경우 그 크기가 커지지만 저자세로 구현할 수 있기 때문에 천장에 설치할 경우 미관을 해치지 않는 장점을 갖는다. 또한 급전을 위한 회로 역시 마이크로스트립 라인을 사용하여 하나의 기판에 인쇄가 가능하다.

그림 4와 같은 패턴을 만드는 원리는 다음과 같다. 그림 5에 배열의 구조와 파라미터를 나타내었다. 중앙의 안테나 소자를 제외하고 나머지 안테나 소자의 경우 동위상의 급전이 된다. 이 4개의 안테나만 존재 할 경우 일반적인 브로드사이드 배열이 되고 지향성이 높아지게 된다. 이때 중앙의 안테나가 나머지 4개의 안테나에 비해 충분히 큰 크기와 적절한 위상차에 의하여 목적의 빔을 성형하게 된다.

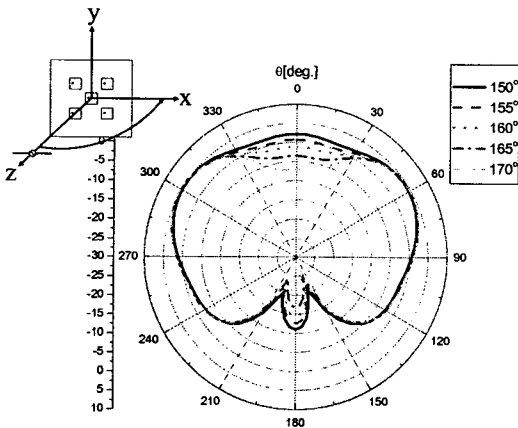
기판은 FR4($\epsilon_r=4.6$)기판을 사용하였으며 기판의 높이 h는 1.6mm, 2.45GHz 선형편파 마이크로스트립 안테나 소자의 길이와 폭은 각각 L1, W1은 28.9mm×28.9mm의 정사각형이다. 이는 배열간격의 균등함과 대칭적 특성을 위하여 설정한 것이다. 또한 그라운드에 L2, W2는 180mm이고, 배열의 간격 L3, L4는 35mm이다.



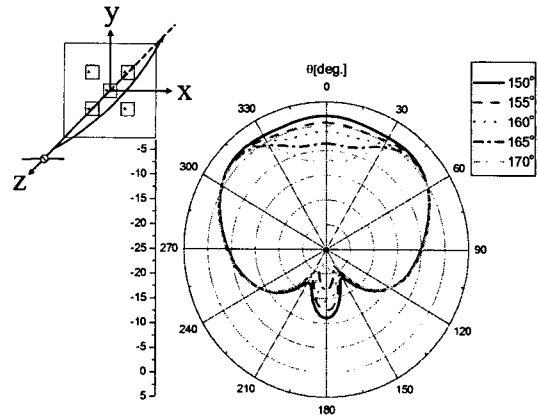
<그림 5> 비균등 급전과 위상차를 갖는 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 구조

3 빔 성형 배열 안테나의 시뮬레이션

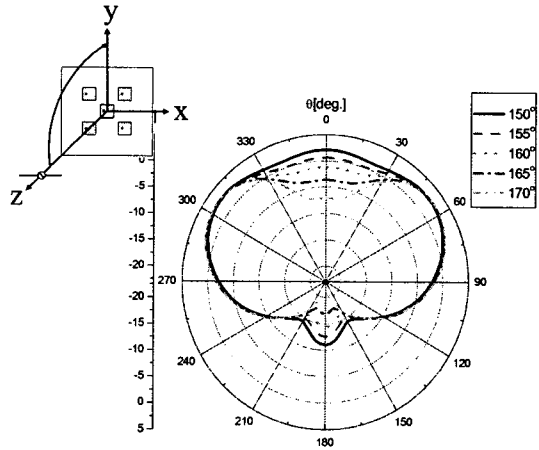
배열 안테나의 경우 배열 계수를 알게 되고 소자의 방사 특성을 알게 되면 두 수식의 곱의 형태로 배열 안테나의 최종적인 방사 패턴을 얻을 수 있다. 이상적인 상태에서 목적의 적절한 빔 패턴을 얻기 위해 급전 위상차와 급전 크기를 가지고 시뮬레이션을 하였다. 안테나 개별 소자의 시뮬레이션과 급전 위상차와 크기를 파라미터 스위치를 통하여 그 패턴을 계산하였고 그 결과를 그림 6에 나타내었다. 중앙의 안테나 소자를 제외한 나머지 안테나 소자의 급전 크기가 1일 때 중앙의 안테나 소자의 급전 크기는 4배 이상의 크기 갖도록 하여야 하며 중앙 급전 소자와의 165° 위상차를 가질 때 목적의 브로드사이드 방향의 크기를 조절 및 60°방향으로의 최대 지향성 유지가 되고, $\phi=0^\circ$ (E-plane), 45° , 90° (H-plane)에서도 유사 특성을 얻었다.



(a) 중앙 안테나 소자의 위상차에 따른 방사패턴 ($\phi=0^\circ$)



(b) 중앙 안테나 소자의 위상차에 따른 방사패턴 ($\phi=45^\circ$)



(c) 중앙 안테나 소자의 위상차에 따른 방사패턴 ($\phi=90^\circ$)

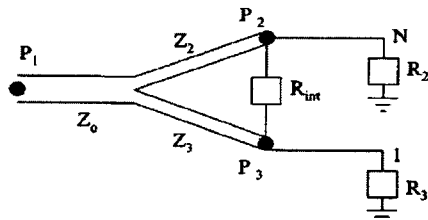
<그림 6> 시뮬레이션에 의한 위상차에 따른 방사패턴

4 빔 성형 배열 안테나의 설계 및 제작

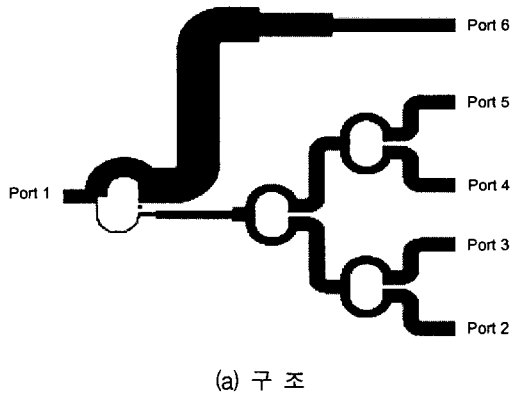
각 안테나의 커플링과 상호 임피던스에 의한 S_{11} 의 변화 등을 고려하지 않은 이상적인 경우에 최적화 한 값을 가지고 설계 및 제작하여 그 특성을 살펴보았다. 이때 급전의 크기가 중앙 안테나와 나머지 안테나의 비가 4:1 이상의 크기가 되어야 제안된 빔 패턴이 되므로 전력의 비인 16:1의 5분배기를 설계 및 제작 하였다.

<표 1> 4:1 윌킨슨 전력 분배기 파라미터[4]

N	Z_2	Z_3	R_{int}	R_2	R_3
2	51.5	103.0	106.1	35.4	70.7
3	43.9	131.6	115.5	28.9	86.6
4	39.5	158.1	125.0	25.0	100.0



<그림 7> 윌킨슨 전력 분배기의 구성도



(a) 구조

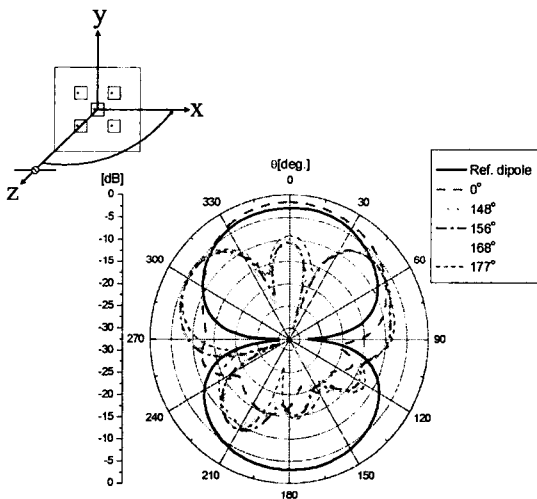
<그림 8> 제작된 다단 16:1 윌킨슨 전력 분배기

<표 2> 4:1 윌킨슨 전력 분배기 측정 결과

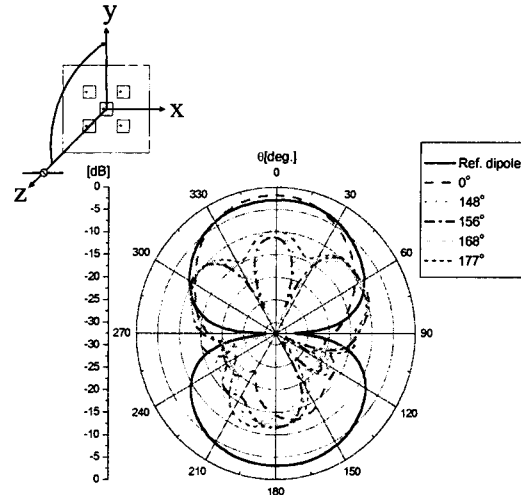
	기대치		측정치	
	S_{21} [dB]	위상[deg.]	S_{21} [dB]	위상[deg.]
Port 6	-1	0	-1.765	-68.60
Port 5	-13	0	-12.931	-17.30
Port 4	-13	0	-13.122	-16.04
Port 3	-13	0	-13.143	-16.01
Port 2	-13	0	-12.907	-17.81

<그림 8>에서 보는 바와 같이 Port 6에서는 -1dB의 값이 Port 2, 3, 4, 5에서는 -13dB의 값이 나와야 안테나로의 분배가 앞에서 시뮬레이션한 결과와 일치하기 위하여 상대적으로 레벨차이가 12dB가 되어야 한다. Port 6의 경우 약 0.7dB의 오차가 발생하였고, 그 외 Port는 양호한 값을 나타내었다.

Port 2가 중앙의 안테나에 급전이 되고, 이때 각 출력 포트의 위상을 기준 위상으로 맞추기 위하여 동축 케이블의 길이를 이용하여 각각 위상을 조절하였다. 또한 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 Port 6에 155~165°의 급전 위상차를 주기 위하여 역시 동축 케이블의 길이를 달리 함으로써 구현하였다. 그리고 그 측정 결과를 그림 9와 10에 나타내었다.



<그림 9> 측정된 안테나의 방사패턴 ($\phi=0^\circ$)



<그림 10> 측정된 안테나의 방사패턴 ($\phi=90^\circ$)

그림 9와 10에서 나타낸 바와 같이 일부 각도에서 null이 발생하여 시뮬레이션 결과와 일치하지 않는 것을 확인 할 수 있다. 이는 안테나의 설계 시 배열 안테나 소자간의 커플링과 상호 임피던스에 의한 패턴 변화를 고려하지 않았기 때문에 발생한 결과라 사료 된다. 그러나 대체로 목적의 빔 패턴 성형 경향과 그 가능성을 충분히 보여주었다.

III. 결론

본 논문에서는 새로운 방식의 무선 랜 시스템에 대하여 연구하였다. 기존의 경우 전파 음영 지역이 발생하며, 다수 AP 설치에 따른 비용 부담과 고출력의 송신으로 인한 전파 간섭 및 보안에 취약하다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 하나의 AP에 배선을 통해 다수의 안테나를 각 방마다 설치함으로써 기존의 문제점을 최소화 할 수 있는 무선 랜 시스템을 제안하였다. 또한, 그에 적합한 무선 랜 서비스용 안테나를 마이크로스트립 안테나의 구조 변형을 통해 시뮬레이션 및 설계하여 그 특성을 살펴보았다.

기존의 안테나가 갖는 문제점을 개선하기 위하여 저자세의 마이크로스트립 패치 안테나를 급전 크기와 급전 위상차를 이용하여 빔 성형이 가능한 안테나를 제안 하였다. 시뮬레이션 결과 목적의 빔패턴 형성을 얻었으며 실험 결과 배열 안테나 소자들 간의 커플링 및 상호 임피던스가 고려되지 않아 목표로 한 빔 패턴을 얻지는 못했지만, 그 원인을 찾아 제거하여 빔 성형이 가능한 패턴을 얻을 수 있음을 확인하였다.

향후 배열을 이용하여 목표에 맞는 패턴으로 설계가 가능하도록 문제점들을 해결하고, 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나를 단일 소자로 하여 편파에 구애됨이 없는 무선 랜 안테나에 대해서도 연구할 계획이다.

참고문헌

1. 형태근, "인터넷 시대의 IT 산업 정책방향", 정보통신부 정보통신정책국, ITRC 세미나, 2005. 3. 29
2. 김완기, 류명주, 기호영, 우종명, 홍성용, 은창수, "무선 홈 네트워크 서비스 수용을 위한 무선 랜용 안테나", 한국정보통신설비학회논문집, pp.120-123, 2005. 8.
3. Constantine A. Balanis, *Antenna theory analysis and design 2th edition*, JOHN WILEY & SONS, INC., CHAPTER 6, 14
4. David M. Pozar, *Microwave Engineering 2th edition*, JOHN WILEY & SONS, INC., CHAPTER 7.