

논문 2011-48TC-2-12

아이솔레이션 에이드를 사용하여 높은 격리도를 가지는 무선랜용 MIMO 안테나 설계

(Design of MIMO Antenna With High Isolation by Using an Isolation Aid for WLAN)

손 호 철**, 김 수 훈*, 이 창 주*, 이 문 수**

(Ho Cheol Son, Su Hoon Kim, Chang Ju Lee, and Mun Soo Lee)

요 약

본 논문에서는 아이솔레이션 에이드를 사용하여 격리도를 향상시킨 무선랜용 MIMO안테나를 설계하였다. IEEE 802.11.n의 무선랜대역인 2.4GHz대역과 5GHz대역에서 사용이 가능한 PIFA를 안테나 프레임과 접지면을 기준으로 대칭으로 배치하였다. 두 안테나 사이에 아이솔레이션 에이드를 삽입하여 2.4GHz대역의 격리도를 최대 5dB향상시켰고, 5GHz대역의 격리도를 최대 7dB향상 시켰다. 제안된 안테나의 전체효율은 60%이상이며, 계산된 ECC(Envelope Correlation Coefficient)는 0.1이하이다.

Abstract

In this paper we design MIMO antenna with high isolation between antennas by using an isolation aid for WLAN. Two dual-band PIFAs which operates IEEE 802.11n are arranged symmetrically along the central axis of antenna frame and ground plane. By inserting an isolation aid between two PIFAs the isolation is improved maximum 5dB and 7dB for 2.4GHz band and 5GHz band respectively. Total efficiency is above 60%. ECC is below 0.1.

Keywords : MIMO, Isolation Aid, High Isolation

I. 서 론

유선 Ethernet과 비교하여 통신 속도가 느린 단점을 해결하기 위한 기술로 802.11.n이 출현하였다. 802.11n 기술이 500Mbps이상의 통신 속도를 보장하기 위해서 채택한 기술 중에서 가장 중요한 안테나 기술은 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 안테나 시스템이다.

MIMO 안테나 시스템은 송신기와 수신기에 다수의 안테나를 사용하여 각 안테나에 서로 다른 데이터를 동시에 전송함으로써 시스템의 대역폭이 증가되지 않는

Spatial Multiplexing 기술과 각 안테나에서 동일한 데이터를 전송하여 송신 Diversity를 얻는 Spatial Diversity기술을 사용한다. 두 기술은 대용량의 데이터를 고속 전송이 가능하면서도 이동성 보장이 요구되는 차세대 이동통신시스템에서 정보의 전송 양과 신뢰도를 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 다수의 안테나를 장착하면 각 안테나 사이에서 전자기적인 상호 간섭과 결합이 발생하게 되어, 안테나 간의 격리도 특성의 확보가 매우 어려워지는 문제점이 발생한다. 따라서 각 안테나의 본래 성능을 유지하면서도 상호 간섭과 결합을 최소화 시켜 높은 격리도를 얻는 연구가 절실히 요구된다.

최근 MIMO 시스템에서 높은 격리도를 확보하기 위한 많은 방법이 제안되고 있다. 첫째, 단말기 내에서 각

* 학생회원, ** 정회원, 경상대학교 공학연구원
(Engineering Research Institute, Gyeongsang National University)
접수일자: 2010년8월13일, 수정완료일: 2011년2월19일

안테나의 이격거리와 배치를 조절하는 방법이 제안되었다.^[1] 하지만 다양한 크기의 단말기에 사용될 때 안테나를 재배치해야하는 번거로움이 있을 뿐만 아니라 본래 안테나의 성능을 기대하기 어렵다는 단점이 있다.

둘째, 다이버시티 기법을 적용하는 방법이 있다. 캐패시턴스 급전방식과 방사패치 위에 연결된 개방 스텐트를 이용하여 격리도를 개선한 방법^[2], 서로 다른 전류모드를 이용하는 방법^[3] 등이 있다. 다이버시티 기법을 적용하여 최대의 시스템 전송 용량을 얻기 위해서는 안테나의 위치, 방위, 편파 등의 파라미터들을 최적화 해야만 한다. 하지만 이와 같은 다이버시티 기법들은 둘 이상의 기법을 혼용해야 효과적이다.

셋째, 디커플링 회로(Decoupling Network)를 사용하는 방법^{[4],[5]}이 있다. 두 안테나사이의 거리가 아주 가까운 경우에도 적용이 가능한 기법중 하나로 두 안테나사이의 S_{21} 의 크기와 위상을 추출하여 이 값을 보상해주는 회로만 추가함으로써 격리도 특성을 개선할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 이러한 기법은 특정 단일 주파수 대역에서만 적용이 가능하므로 이중 대역에서 적용이 어렵다는 단점이 있다.

넷째, 배열된 여러 개 안테나 사이에 SRR(Split Ring Resonator), AMC(Artificial Magnetic Conductor), EBG(Electromagnetic Band Gab)등을 삽입하여 안테나간의 커플링을 차단하여 격리도를 향상 시키는 방법이 제안되었다.^{[6],[7]} 그러나 이러한 구조물과 안테나 사이의 거리는 $\lambda/4$, 각 안테나 사이의 거리는 $\lambda/2$ 를 확보해야하고, 구조물의 체적에 의하여 전체 체적이 증가한다. 또한 구조물의 구조가 복잡하여 제작의 어려움이 있고, 단가가 높아지는 문제점이 있다.

다수의 안테나가 공통으로 접지된 그라운드 사이에 슬릿 또는 슬롯을 삽입하거나 그라운드를 확장하는 방법도 제안되었다.^[8] 이 방법은 각각의 안테나들이 독립된 그라운드를 가지게 되어 상호 간섭을 줄이게 되고, 확장된 그라운드는 리플렉터(Reflector)로 동작하여 각 안테나 소자의 방사패턴이 상호 반대방향으로 발생하게 되어 격리도를 향상시킨다. 하지만 이러한 방법은 슬릿 또는 슬롯에 의하여 전자부품을 장착할 수 있는 공간을 제한하여 공간상의 제약이 매우 많다.

본 논문에서는 WLAN대역(2.4GHz~2.485GHz, 5.15GHz~5.35GHz, 5.47GHz~5.825GHz)의 MIMO 안테나를 설계하고, 두 안테나 사이의 격리도를 향상시키기 위한 방안으로 아이솔레이션 에이드의 삽입을 제안하였

으며 상용 EM 시뮬레이터인 CST Microwave studio로 최적화하였다. 아이솔레이션 에이드를 삽입하는 것은 앞에서 언급한 안테나의 이격거리 조절이나 재배치의 문제점과 격리도를 향상시키기 위하여 삽입한 구조 때문에 체적이 증가하는 문제가 없다. 또한 그라운드의 변형이 불필요하여 전자부품의 장착공간을 제한하는 문제가 없을 뿐만 아니라 LC소자의 사용을 지양하여 추가적인 손실을 최소화 하였다.

II. 안테나 구조

그림 1은 안테나의 구조와 평면도를 나타낸 것이다. 시스템 그라운드는 100mm×100mm이고, 안테나의 체적은 59.85cc(57mm×15mm×7mm)이다. 안테나 프레임은 foam($\epsilon_r \approx 1$)을 사용하였다.

2.4GHz대역과 5GHz대역에서 공진하는 이중대역 PIFAs(Planar Inverted F Antennas)를 접지면과 프레

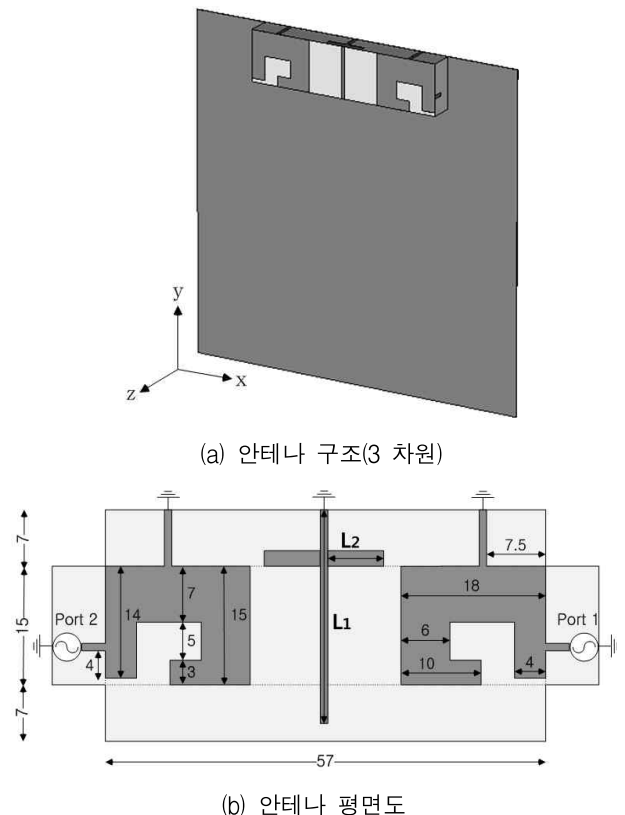


그림 1. 안테나의 구조와 평면도
 (a) 안테나 구조 (3차원) (b) 안테나 평면도
 Fig. 1. Configuration and development figure of the antenna.
 (a) Configuration of the antenna (3D)
 (b) development figure of the antenna.

임을 중심에서 대칭으로 배치하여 두 안테나가 동일한 성능을 가지도록 하였다. 안테나의 급전부는 안테나 상호간의 결합을 최소로 하기 위하여 프레임의 양 끝에 배치하여 최대한 이격시켰다.

격리도를 향상시키기 위하여 폭과 길이가 각각 1mm, 28mm인 아이솔레이션 에이드를 두 안테나 사이의 정중앙에 삽입하였고, 접지면에 접지시켰다.

II. 안테나 특성

그림 2는 아이솔레이션 에이드의 유무에 따른 S_{11} 과 S_{21} 을 나타낸 것이다. 이 그래프에서 S_{22} 와 S_{12} 는 각각 S_{11} , S_{21} 와 동일함으로 표기하지 않았으며, 아이솔레이션 에이드의 유무에 따라 2.4GHz대역에서는 최대 5dB, 5GHz대역에서는 최대 7dB향상되었다.

아이솔레이션 에이드가 격리도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 아이솔레이션 에이드의 세로 길이(L_1)를 26mm, 27mm, 28mm로 조정할 결과를 그림 3에 나타내었다. 아이솔레이션 에이드의 세로 길이(L_1)가 증가하여도 5GHz 대역에서는 큰 변화가 없다. 하지만 2.4GHz 대역에서는 -10dB 이하로 2.4GHz~2.485GHz 대역을 유지하면서 격리도가 크게 향상되었다. 이것은 아이솔레이션 에이드의 세로 길이(L_1)가 변함에 따라 인접한 안테나로 유기되던 전류를 아이솔레이션 에이드로 유기시키고 28mm일 때 2.4GHz 대역에서 아이솔레이션 에이드가 공진함으로 격리도를 크게 향상시킨다고 설명할 수 있다.

아이솔레이션 에이드의 가로 길이(L_2)를 3mm, 4mm, 5mm로 조정할 결과를 그림 4에 나타내었다. 아이솔레이션 에이드의 가로 길이(L_2)가 증가함에 따라 2.4GHz

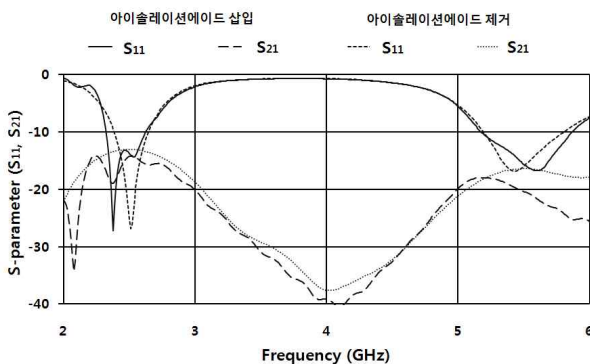
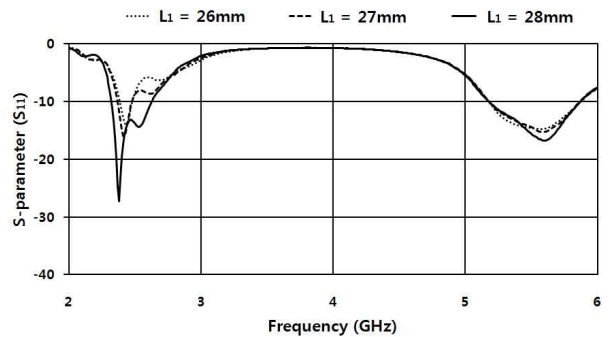
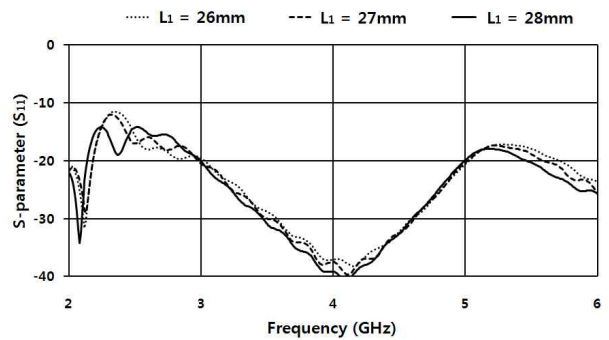


그림 2. 아이솔레이션 에이드의 유무에 따른 S-parameter
Fig. 2. S-parameter for existence of an isolation aid.



(a) S-parameter (S_{11})



(b) S-parameter (S_{21})

그림 3. 아이솔레이션 에이드의 세로 길이(L_1)에 따른 안테나 특성변화

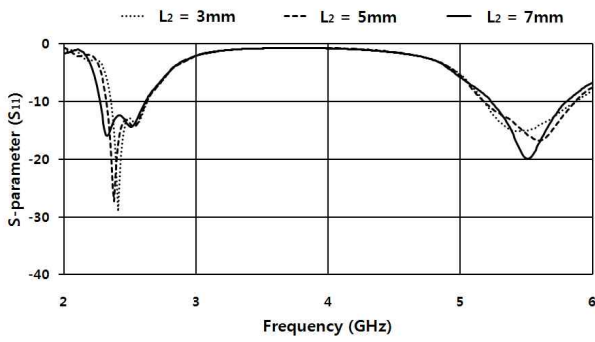
(a) S-parameter (S_{11}) (b) S-parameter (S_{21})

Fig. 3. Effect of L_1 on antenna characteristic.

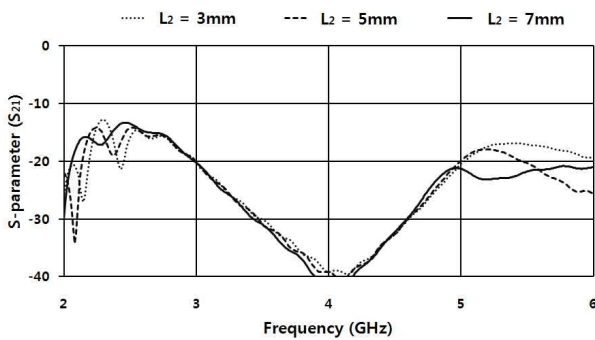
(a) S-parameter (S_{11}) (b) S-parameter (S_{21}).

대역과 5GHz 대역에서는 대역폭과 격리도가 크게 변화하였다. 먼저, 2.4GHz 대역에서는 L_2 가 길어짐에 따라 아이솔레이션 에이드의 공진주파수가 낮아지게 되고 5GHz 대역에서는 대체적으로 격리도가 향상이 되었다. 하지만 5GHz 대역에서 L_2 가 7mm일 때 격리도 특성이 가장 좋지만 대역폭이 감소되는 경향이 있다. 따라서 L_2 가 5mm일 때 필요한 대역폭을 유지하면서 격리도 특성도 만족된다. 그림 5는 아이솔레이션 에이드의 세로 길이 L_1 과 가로 길이 L_2 가 각각 6mm, 5mm일 때 측정 결과로서 그림 2의 시뮬레이션결과와 매우 유사하게 나타났다.

그림 6은 2.45GHz와 5.6GHz에서 아이솔레이션 에이드의 유무에 따른 평균 표면 전류분포 나타낸 그림으로 격리도가 향상되는 이유를 설명할 수 있다. 두 안테나는 프레임과 접지면을 중심으로 대칭인 표면전류 분포를 나타내기 때문에 Port1을 급전한 경우만 나타내었다. 먼저, 2.45GHz와 5.6GHz의 아이솔레이션 에이드가 제거된 경우 급전된 전류는 접지면을 통하여



(a) S-parameter (S_{11})



(b) S-parameter (S_{21})

그림 4. 아이솔레이션 에이드의 가로 길이(L_2)에 따른 안테나 특성변화

(a) S-parameter (S_{11}) (b) S-parameter (S_{21})

Fig. 4. Effect of L_2 on antenna characteristic.

(a) S-parameter (S_{11}) (b) S-parameter (S_{21}).

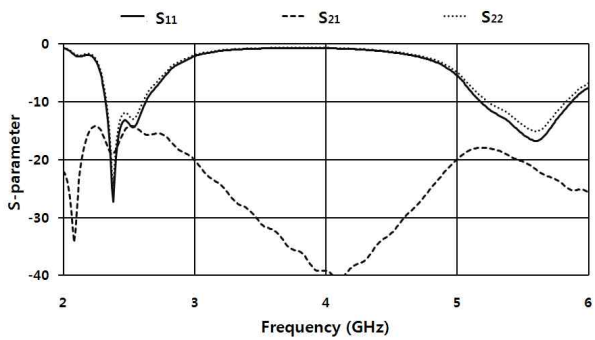
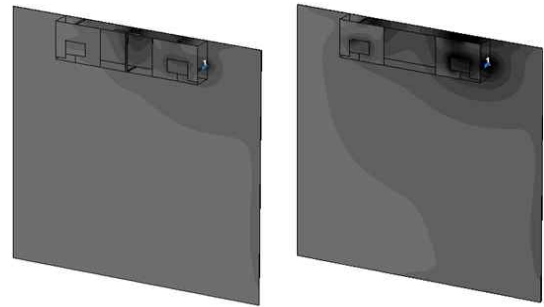


그림 5. S-parameter 측정결과

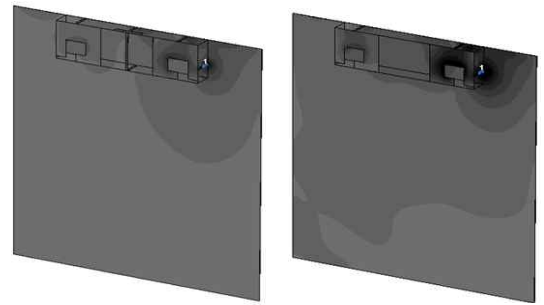
Fig. 5. Measurement of S-parameter.

Port2로 유기되는 현상이 일어난다. 이러한 현상은 안테나 사이의 이격거리가 멀어질수록 줄어들지만, 안테나가 인접 배치된 경우 안테나간의 상호결합은 매우 강하게 발생한다.

아이솔레이션 에이드가 삽입된 후 2.45GHz에서 이전과 같이 접지면으로 많은 전류가 유기되지만 Port2로 유기되지 않고, 안테나 사이에 배치된 아이솔레이션 에이드로 유기되어 두 안테나간의 격리도를 향상시키는



(a) 2.45GHz

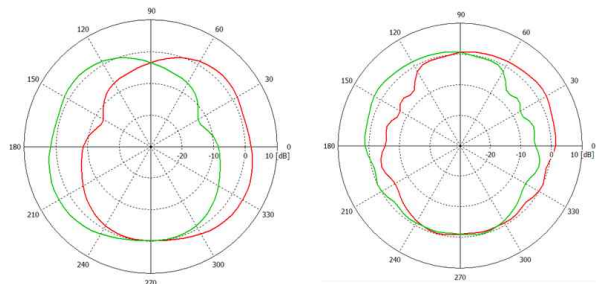


(b) 5.6GHz

그림 6. 아이솔레이션 에이드의 유무에 따른 평균 표면 전류분포 (a) 2.45GHz (b)5.6GHz

Fig. 6. Average surface current distribution for existence of isolation aid.

(a) 2.45GHz (b) 5.6GHz.



(a) 2.4GHz

(b)5.6GHz

그림 7. 제안된 안테나의 방사패턴

(a) 2.4GHz (b)5.6GHz

Fig. 7. Radiation pattern of proposed antenna.

(a) 2.4GHz (b)5.6GHz.

결과를 보인다. 마찬가지로 5.6GHz에서도 접지면으로 유기되는 전류는 Port2로 이동하지 않고 아이솔레이션 에이드로 다량 유기되어 5GHz대역에서의 격리도를 향상 시킨다. 즉, 공통 그라운드를 통해 인접 안테나로 유기되는 전류를 아이솔레이션 에이드가 차단하여 2.4GHz 대역과 5GHz 대역에서 격리도를 향상시키는 것이다. 그림 7은 제안된 안테나의 x-y 평면에 대한 방사패턴이다. 안테나를 대칭으로 배치하여 두 안테나가

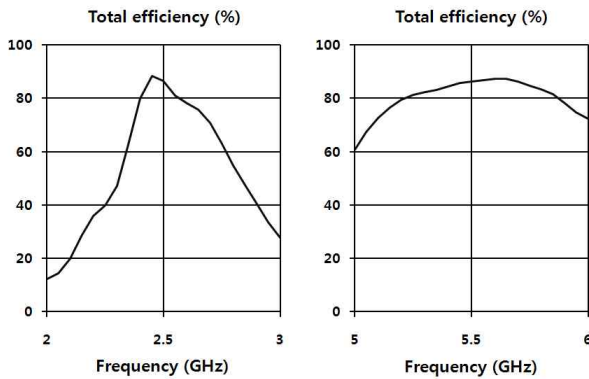


그림 8. 제안된 안테나의 전체 효율
Fig. 8. Total efficiency of proposed antenna.

동일한 특성을 갖도록 설계하였기 때문에 방사패턴 또한 대칭으로 나타났다.

MIMO 안테나의 전체 효율은

$$\eta_{total} = \eta_{radiation} (1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2) \quad (1)$$

으로 계산되며 그림 8과 같이 전 대역에서 60% 이상으로 나타났다.

MIMO 안테나의 성능을 평가하는 파라미터중 하나로 상관계수(ECC : Envelope Correlation Coefficient)가 있다. 입사파의 크기가 Rayleigh분포를 따르고 위상 분포가 균일하다고 가정하면 두 안테나 사이의 상관계수 ρ_e 는 아래 식으로 계산할 수 있다.^[9]

$$\rho_e = |\rho_c|^2 \quad (2)$$

여기에서

$$\rho_c = \frac{R_{12}}{\sqrt{R_{11}R_{22}}} \quad (3)$$

이고,

$$R_{mn} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} XPR \cdot E_{\theta,m}(\theta,\phi) E_{\theta,n}^*(\theta,\phi) P_\theta(\theta,\phi) + E_{\phi,m}(\theta,\phi) E_{\phi,n}^*(\theta,\phi) P_\phi(\theta,\phi) \quad (4)$$

이다.

여기에서 m, n 은 안테나 포트(Port)의 번호를 나타내고, XPR (Coss Polarization Ratio)은 교차 편파 전력비를 나타내는 값으로 수신된 θ, ϕ 방향으로 입사된 입사파의 편균전력비를 나타낸다. $E_{\theta,m}$ 과 $E_{\phi,n}$ 은 안테나 배치에 따른 위상차를 포함하는 전계패턴에 대한 θ 와 ϕ 성분의 복소수 표현이다. 위의 계산과정은 복잡하므

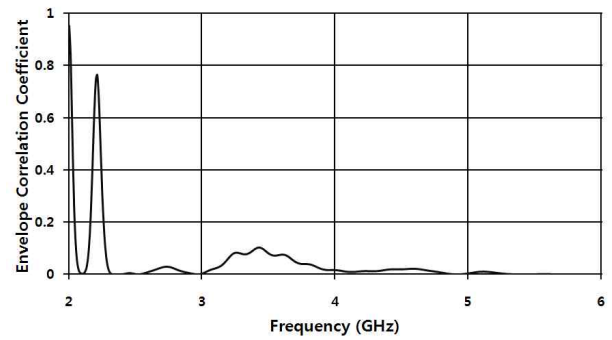


그림 9. 안테나의 상관계수
Fig. 9. ECC of proposed antenna.

로, 균일한 다중경로 환경을 가정하면 측정된 산란 파라미터로부터 상관계수를 근사화 하여 아래 식으로 구할 수 있다.

$$\rho_e = \frac{|S_{11}^* S_{21} + S_{12}^* S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)} \quad (5)$$

식 (5)의 근사식은 무손실 안테나의 경우 균일한 다중환경을 가정하고 S-parameter 값들로부터 쉽게 계산 가능한 값으로써 기지국에서는 0.7이하, 휴대 단말기에서는 0.5이하를 만족해야한다. 그림 8은 식 (5)을 사용하여 계산된 그래프로서 WLAN 대역에서 0.1이하로 만족하는 결과가 나타났다.

III. 결 론

본 논문에서는 무선랜 전송규격인 IEEE 802.11.n에 사용이 가능한 MIMO 안테나를 설계하였다. 안테나를 대칭으로 설계하여 두 안테나가 동일한 성능을 가지도록 설계하였다. -10dB이하로 2.4GHz~2.485GHz, 5.15GHz~5.35GHz, 5.47GHz~5.825GHz 대역을 모두 만족하였다. 아이솔레이션 에이드를 삽입하여 2.4GHz 대역에서는 최대 5dB, 5GHz대역에서는 최대 7dB향상되었다. 전체 효율은 60% 이상이며, 상관계수를 계산해본 결과 0.1이하로 나타났다.

참 고 문 헌

[1] Assanuk, D.; Uthansakul, M.; Uthansakul, P.; "Optimal antenna positions on mobile terminal for 4x4 MIMO systems", Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2009. ECTI-CON 2009.

- 6th International Conference on.
- [2] H.-W. Son, "Design of dual-polarised microstrip antenna with high isolation using capacitive feeds", *IEEE Electronics Letters*, vol. 45, no. 11, pp. 533-534, May 2009.
- [3] X. Wang, W. Chen, Z. Feng, and H. Zhang, "Compact dual-polarized antenna combining printed monopole and half-slot antenna for MIMO applications", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, 1-5, Jun. 2009.
- [4] S.-C. Chen, Y.-S. Wang, C.-W. Ling, and S.-J. Chung, "A new isolation dual-antennas with miniature decoupling network design", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, Jun. 2007.
- [5] C.-Y. Lui, Y.-S., Wang, and S.-J. Chung "Two nearby dual-band antennas with high port isolation", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, Jun. 2008.
- [6] Itoh, J.; Michishita, N.; Morishita, H.; "A study on mutual coupling reduction between two inverted-F antennas using mushroom-type EBG structures", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2008. AP-S 2008. IEEE
- [7] Bayraktar, Z.; Gregory, M.; Werner, D.H.; "Composite planar double-sided AMC surfaces for MIMO applications", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2009. APSURSI '09. IEEE
- [8] Shin, Y.S.; Park, S.O.; "Diversity Planar Monopole Antenna for WLAN Application with Enhanced isolation characteristics", *Antennas, Propagation & EM Theory*, 2006. ISAPE '06. 7th International Symposium on
- [9] S. Blanch, J. Romeu, and I. Corbella, "Exact representation of antenna system diversity performance from input parameter description", *IEEE Electronics Letters*, vol. 39, no. 9, pp. 705-707, May 2003.

 저 자 소 개



손 호 철(정회원)
 2009년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업
 2009년~현재 경상대학교
 전자공학과 석사 과정
 2010년~현재 가람솔루션 연구소
 <주관심분야 : 무선통신, 안테나>



김 수 훈(학생회원)
 2010년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업
 2010년~현재 경상대학교
 전자공학과 석사 과정
 <주관심분야 : 무선통신, 안테나>



이 창 주(학생회원)
 2010년 경상대학교
 전자공학과 학사 졸업
 2010년~현재 경상대학교
 전자공학과 석사 과정
 <주관심분야 : 무선통신, 안테나>



이 문 수(정회원)
 1970년 한국항공대학교
 통신공학과 학사 졸업
 1980년 한양대학교 전자통신
 공학과 석사 졸업
 1984년 한양대학교 전자통신
 공학 박사 졸업
 1981년~1986년 제주대학교 통신공학과 부교수
 1986년 9월~1987년 8월 미국 COMSAT 연구소
 연구원
 1999년 6월~1999년 8월 Syracuse 대학교
 방문교수
 2004년 1월~2005년 2월 미시시피 대학교
 방문교수
 1987년~현재 경상대학교 전자공학과 정교수
 <주관심분야: 마이크로파, 무선통신, 안테나,
 Metamaterial>