

무선통신과 임베디드 제어시스템 통신환경의 채널특성 알고리즘에 관한 연구

종신회원 강 정 용*

The Study of Algorithm for Communication Environment Channel Characteristic Embedded Control System and Wireless Communication

Jeong-Yong, Kang *Lifelong Member*

요 약

무선통신 임베디드시스템 및 MIMO 전파특성 예측을 위해 실내 및 실외 전파 예측 프로그램을 통합하여 하나의 시뮬레이터를 통해 실내·외 전파 예측이 가능하다. 이러한 해석 기법 개발을 통하여 여러 송신기간의 간섭 문제 및 최대 송신거리 문제, 주파수 이용 효율 등 여러 가지 문제에 대한 분석 및 예측이 가능해진다. 본 예측 기술 개발에서는 기존의 Walfish-Ikegami 방법 등 간략화된 모델보다 정확도 높으면서도 환경적 특성을 잘 고려할 수 있는 광선추적법을 구현한 모의해석 소프트웨어를 개발하고 효율적인 광선 추적이 가능하도록 고안된 광선 추적 기법과 추적된 광선 정보를 이용하여 전파 특성 해석 기술을 접목시켜 효율적이면서도 이론적 특성을 잘 반영한 전파 특성 예측 기술을 확보하였다. 또한 주파수 확보를 위한 국내 임베디드시스템 및 IMT-Advanced용 신규대역 확보를 위한 주파수 특성 및 IMT-Advanced용 주파수인 3-5GHz대역 전파특성을 규명하여 국내 무선통신 기술 개발에 필요한 기반 기술 확보 및 전파간섭등 주파수 관리 기술 확보를 위하여 검증 및 실험을 통하여 확인하였다.

Key Words : Walfish-Ikegami방법, 광선추적법, spatial correlation, MIMO characteristics, 임베디드시스템

ABSTRACT

MIMO wireless communication embedded systems, and for propagation prediction for indoor and outdoor propagation prediction program incorporates an indoor/outdoor propagation through the simulator can be predicted.

This analysis technique developed by the interference between multiple transmitters and a maximum transmission distance issues, the frequency utilization efficiency for a variety of issues, including analysis and prediction becomes possible. Development of the prediction of the conventional methods, but I can consider the environmental characteristics of the ray tracing simulation software to develop and implement an efficient ray tracing, ray tracing techniques and are designed to enable tracked beam analysis of propagation characteristics using information technology by combining the theoretical characteristics of an efficient and well-reflected propagation prediction technique was employed. The frequency of domestic embedded systems, ensure the frequency characteristics and frequency of 3-5GHz band for propagation to investigate the development of local wireless communication technology-based skills needed for securing and jeonpaganseopdeung frequency management techniques to ensure the verification and verified through experiments.

* 원광대학교 전자제어공학부 무선통신 및 RFID/SUN 연구실(kjy114@wonkwang.ac.kr),

논문번호 : KICS2010-07-11-545, 접수일자 : 2010년 11월 16일, 최종논문접수일자 : 2011년 3월 8일

I. 서 론

차세대이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 광대역의 주파수 대역폭이 제공되어야 할 것이며, 이를 위한 5GHz이하 국내의 전파자원 중 3.4GHz에서 5.0GHz대역이 유일한 IMT-Advanced 후보대역으로 평가되고 있다. 동 대역의 국제적인 합의를 거친 주파수 선정을 위해 위성지구국 등 위성업무와의 간섭분석 및 공유 가능성 도출이 가장 중요한 문제로 대두되었다. 이에 IMT를 선호하는 유럽, 일본 및 한국 등은 3400-4200 MHz, 4500-4800 MHz 주파수 대역에서 위성지구국과의 공유가능성을 도출하기 위한 합동의 노력을 추진 중이며, 위성지구국과 IMT-Advanced 기지국간의 간섭계산을 위한 최소경로손실(MCL)방법과, 다수의 IMT-Advanced 단말기 간의 간섭영향을 고려하기 위한 확률 통계적인 분석이 가능한 Monte Carlo 방법이 고려되었다. 3400-4200 MHz, 4500-4800 MHz 주파수 대역에서 위성지구국과의 공유연구 결과, IMT-Advanced의 공유기술과 간섭 파라미터, 지형지물에 따라 제한적인 주파수 공유가 가능하다.

특히 3400-3700 MHz 주파수 대역은 미국이 공공용 레이더 보호를 위해 공유 가능성에 부정적 입장을 취하고 있고, 위성 이용 국가 및 위성국제기구를 중심으로 4G 주파수 이용에 강한 부정적 입장을 주장하고 있다. 미국이 제기하는 공공용 레이더 간 주파수 공유에 대한 부정적 입장을 완화하기 위해 공유기술 및 간섭완화 기술에 대한 연구가 필요하다.^{1,2)}

II. 무선통신 및 임베디드시스템 환경

전파 측정은 3.7 GHz, 8.05 GHz를 선택하여 마이크로파 대역 주파수별 전파 특성을 환경을 비교하기 위해 주파수를 비교하였다. 도심과 부도심, 그리고 우리나라의 독특한 지형인 수로 옆 높은 건물이 존재하는 경우에 대해 각각 측정, 비교하였다.

주로 존재하는 낮은 건물이 밀집되어 있는 특성을 나타내고 있는 안양역 주변이다. 부도심이기 때문에 건물이 매우 밀집되어 있으나 높은 건물이 없고 전신주 등 장애물이 많으며 지붕의 모양이 균일하지 않은 특성이 있다.

MIMO 광대역 채널 측정 시스템은 최대 100Mbps의 속도로 PN 신호를 송신하는 송신 시스템과 수신 시스템으로 구성된다. 송신 시스템에서의 송신 신호 흐름은 신호 발생기에서 발생된 신호는 D/A 변환기에 의하여 아날로그 신호로 변환되고 LPF와 Up

converter를 통하여 RF 주파수 신호로 변환된 후 파워 증폭기를 거쳐 4개의 안테나에 시분할 되어 전송된다. 이 때 송신 시스템에서 사용하는 모든 클럭은 10 MHz Rubidium Oscillator를 사용하여 발생되므로 매우 정확하게 동작된다. 그림 2에서 8개의 수신 안테나 단에서 수신된 신호는 RF 스위치 단에서 시분할로 선택되며, 선택된 RF 신호는 LNA와 주파수 다운 컨버터를 거쳐 고속 A/D 변환기로 입력된다. 고속 A/D 변환기에서는 입력된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 채널 분석 모듈로 전환한다. 채널 분석 모듈에서는 고속 A/D 변환기 모듈에서 획득한 신호 데이터를 이용하여 채널의 특성을 분석하는 기능을 담당한다.

본 측정시스템은 차세대이동통신 시스템 및 서비스 도입을 고려한 100MHz 광대역폭의 4*8 다중안테나 전파 특성을 실험을 목적으로 개발되었다. 옥외환경에서의 전파특성 실험을 위해 고이득 앰프를 각각의 다중안테나 전단에 배치되어 1W 이하에 송신신호를 출력할 수 있도록 설계하였다.^{3,4)}

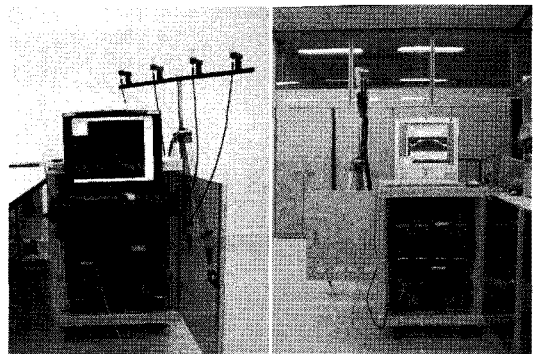


그림 1. MIMO 채널 사운더 사진
Fig 1. MIMO Channel sounder photograph

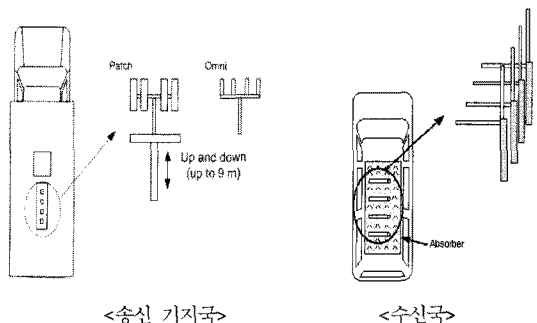


그림 2. MIMO 송수신 측정시스템의 개요도
Fig 2. MIMO transmission/reception measurement system block

III. 무선환경에 적용된 알고리즘

MIMO 전파특성 예측을 위해 실내 및 실외의 전파 예측 프로그램을 통합하여 하나의 시뮬레이터를 통해 실내·외 전파 예측이 가능하다. 이러한 해석 기법 개발을 통하여 여러 송신기간의 간섭 문제 및 최대 송신 거리 문제, 주파수 이용 효율 등 여러 가지 문제에 대한 분석 및 예측이 가능해진다. 본 예측 기술 개발에서는 기존의 Walfish-Ikegami 방법 등 간략화된 모델보다 정확도 높으면서도 환경적 특성을 잘 고려할 수 있는 광선추적법을 구현한 모의해석 소프트웨어를 개발하고 효율적인 광선 추적이 가능하도록 고안된 광선 추적 기법과 추적된 광선 정보를 이용하여 전파 특성 해석 기술을 접목시켜 효율적이면서도 이론적 특성을 잘 반영한 전파 특성 예측 기술을 국내에서 확보하였다.

기존의 3차원 레이 추적 수치해석 알고리즘의 단점인 계산속도 저하 및 복잡한 구조를 분석 제한 등의 한계를 극복할 수 있는 새로운 트리 생성 알고리즘 및 레이 경로 생성 알고리즘 개발하였다. 이를 위해 다음과 같은 방법을 통해 알고리즘을 개발하였으며, 아래 그림 3은 트리 생성 알고리즘을 나타낸다.

이 알고리즘은 다음과 같이 동작한다.

- 반사회절 노드에 영향을 받는 노드들 중 Discrete한 방법으로 음영 노드들을 제거하여 다음 레벨의 노드 수를 줄임
- 그리드 격자 검색 후, 검색된 노드들에 대해 Viewing volume 검색을 수행
- 생성된 경로들에 대하여 pathloss 계산을 수행하여 경로를 중간에서 삭제

3.1 Viewing Volume 검색 과정

이 과정의 목적은 Grid 검색으로는 Viewing Volume 내 완전한 면과 edge들을 찾을 수 없기 때문에 보다 정밀하게 검색하여 Viewing Volume 내 면과 edge들을 계산해야 하는 node 수를 감소시키는 데 있다.

광선 추적 수행을 통해 구성된 경로 트리에서 생성된 경로는 전파 특성 해석 기술을 적용하여 전체 전파 해석을 수행한다. 전파 특성 해석을 위하여 신호원에서 나온 신호를 추적하여 경로 트리를 구성하고 구성된 경로 트리의 경로 node의 특성에 따라 RF 특성을 고려하여 전계강도, 시간 지연, 입사각등을 분석한다. 이 과정을 도식화 하면 다음과 같다. 이에 대한 세부 내용 및 기술적인 내용을 아래 서술한다.^[5,6]

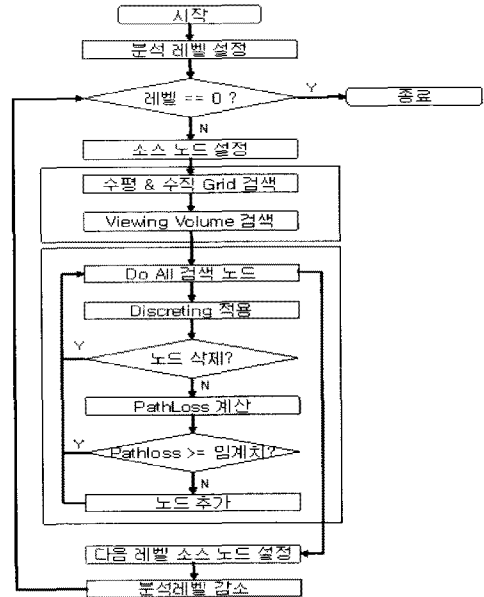


그림 3. 예측분석을 위한 트리생성 알고리즘 개념도
Fig 3. forecast analysis for tree generation algorithm block

3.1.1 송신원

신호원은 이상적인 점 전원을 가정하며, spherical 좌표계에서 $\hat{a}_\theta, \hat{a}_\phi$ 성분을 갖는다. 해석 모델의 전체에서는 global rectangular 좌표계를 사용하며 점전원에서 나오는 신호는 다음과 같이 모델링한다.

$$\hat{E}_{tot} = \hat{E}_\phi + \hat{E}_\theta \quad (1)$$

이때 각 성분은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{E}_\theta &= E(\hat{x} \cos\theta \cos\phi + \hat{y} \cos\theta \sin\phi - \hat{z} \sin\theta) \\ \hat{E}_\phi &= E_\phi(-\hat{x} \sin\phi + \hat{y} \cos\phi) \end{aligned} \quad (2)$$

수직 편파의 경우 E_θ 가 1을 갖으며 E_ϕ 가 0, 수평 편파의 경우 반대로 설정된다. ϕ 값은 $z=1, -1$ 인 점에서는 정의가 되지 않으므로 $z=1$ 에서 $\sin\phi=0$, $\sin\phi=1$, $z=-1$ 에서 $\sin\phi=0$, $\sin\phi=-1$ 로 강제적으로 지정해준다.^[7,8]

3.1.2 수신점

수신점 또한 이상적인 점전원으로 가정하며 수신점의 좌표 벡터는 송신원과 같이 정의된다. 수신 전계 강도를 구하기 위해 수신된 전계강도가 \hat{E}_r 라고 할 때 수신 전계의 크기 E_{tot} 는 다음과 같다.

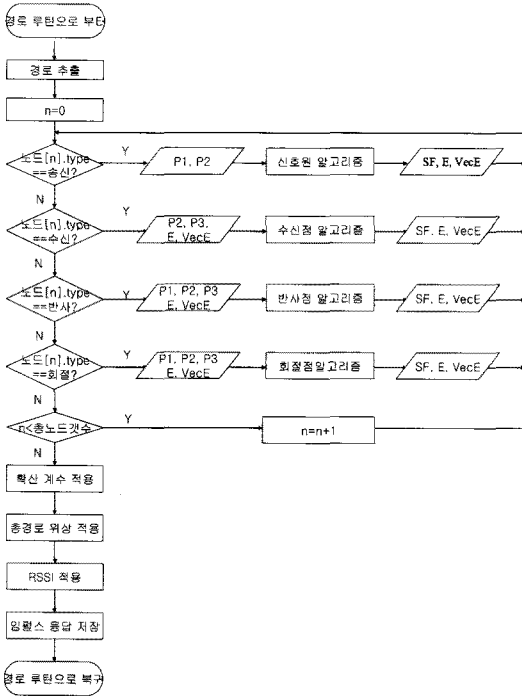


그림 4. 전파 해석 기술 순서
Fig 4. propagation interpretation technique order

$$E_{tot} = \widehat{E}_r \cdot \widehat{E}_\Theta + \widehat{E}_r \cdot \widehat{E}_\Phi \quad (3)$$

여기서 E_Θ 와 E_Φ 는 수신점의 수신벡터이다.

IV. 무선환경 채널특성 및 알고리즘 분석

MIMO 시스템을 이용하여 통신 채널을 통해 전송되어지는 신호는 기존 단일 안테나 시스템 채널에서 발생하는 전자파 전파 현상과는 다른 현상을 겪게 되며, 이러한 현상에 대한 이해는 시스템의 프로토타입 설정과 테스트, 개발에 있어서 비용적인 측면뿐만 아니라 설계 단계에서의 성능 향상과 서비스의 품질 향상에 있어서 매우 중요하다. 시간지연 확산은 높은 전송율의 데이터에 대한 시간 분해능을 떨어뜨리는 요인이 되기 때문에, 전송율의 상한은 채널의 시간 지연 특성에 의해 결정되게 된다. 시변 채널에 대해 시간과 공간의 함수로 지연확산을 갖고 수신 되어지는 다중 안테나 수신신호는 아래 식과 같다.

$$\bar{y}(t, r) = \int_{-\infty}^{+\infty} \overline{H}(\tau; t, r) \bar{p}(t-\tau) d\tau + \bar{n}(\tau; t, r) \quad (4)$$

4.1 공간 상관 (Spatial Correlation)

다중 안테나의 경우에는 안테나 소자간의 거리에 따라서 공간적인 채널의 상관 특성을 갖으며 이에 대한 계수를 공간 상관 계수라 한다. 일반적으로 MIMO 시스템에 있어서 공간 상관 계수는 AS(Angular Spread)와 입사각, 안테나간의 거리의 함수로서 AS가 작을수록 공간 상관 계수는 커지고, 입사각이 안테나 어레이의 방향과 같을수록 커지며, 안테나간의 거리가 멀어질수록 작아진다. 식 (1)은 송수신 안테나에 있어서 편파와 원역장 방사 패턴이 같을 때 기지국에서 k_1 과 k_2 번째 송신 안테나간의 ℓ 번째 수신안테나에 대한 복소 공간 상관 계수를 나타낸다.

$$\rho_{k_1 k_2}^{BS} = \frac{\langle H_{k_1 \ell} H_{k_2 \ell} \rangle}{\sqrt{\{E[H_{k_1 \ell} - E(H_{k_1 \ell})]E[H_{k_2 \ell} - E(H_{k_2 \ell})]\}}} \quad (5)$$

$$= \frac{\sigma_{k_1 \ell} \sigma_{k_2 \ell}}{\sigma_{k_1 \ell} \sigma_{k_2 \ell}}$$

여기서, $\langle H_{k_1 \ell} H_{k_2 \ell} \rangle$ 는 $H_{k_1 \ell}$ 와 $H_{k_2 \ell}$ 간의 공간 상관 계수식이고, $E[\cdot]$ 와 $\sigma_{k\ell}$ 은 각각 평균값과 k 번째 안테나와 ℓ 번째 안테나간의 페이딩에 대한 표준 편차이다. 이동국에서의 공간 상관 계수는 기지국에서의 공간 상관 계수식 (1)과 같고, 안테나 성분 표시만 바꾸어 정의한다. 식 (1)을 통해 기지국과 이동국에서 공간 상관 행렬 R_{BS} 와 R_{MS} 를 얻으며, 이는 식 (3)과 같다.^[9,10]

$$R_{MIMO} = R_{BS} \otimes R_{MS} \quad (6)$$

4.2 채널 용량 및 고유값 분포

MIMO 시스템의 채널 용량은 식 (1)의 수신 신호 \bar{y} 로부터 얻을 수 있는 \bar{p} 에 대한 최대 상호정보 (mutual information)의 최대값으로 정의되고, 이는 식 (5)과 같다.

$$C = \log_2 \left[\det \left(\overline{I_{N_r}} + \overline{H R_X H^H} \right) \right] bps/Hz, \quad (7)$$

여기서, $\overline{I_{N_r}}$ 은 $N_r \times N_r$ 의 항등 행렬이고, $R_X = E\{\bar{p}\bar{p}^H\}$ 은 입력 신호의 공분산 행렬 (covariance matrix)을 나타낸다. 채널 용량은 채널 \overline{H} 에 따라 변하는 확률 변수이기 때문에 일반적으로 채널에 대해 평균을 취한 평균 용량(ergodic capacity)으로 시스템의 용량을 비교하며 이는 식 (6)과 같다.

$$C_E = E_{\overline{H}} \left[\log_2 \det \left(\overline{\overline{I_{N_r}}} + \overline{\overline{H}} \overline{\overline{R_X}} \overline{\overline{H^H}} \right) \right] \text{bps/Hz}, \quad (8)$$

각각 채널의 SINR이 같고, 각각 분리된 채널로 같은 전력의 심볼들이 전송되며, 평균 잡음 간섭의 전력이 같다고 가정하면, 위의 채널 용량은 식 (8)과 같다.

$$C = \sum_{i=1}^{\min(N_r, N_t)} \log_2(1 + \lambda_i \text{SINR}), \quad (9)$$

여기서, 고유값 성분들의 분포는 채널의 분리도를 나타내며, 이는 채널 복원 가능성을 나타내는 중요 파라미터이다.^[11,12]

4.3 지연 시간 파라미터

전력-지연시간 윤곽도 PDP (power delay profile)는 초과 지연 시간에 대한 채널 임펄스 응답의 전력에 따른 함수이다. PDP에 대한 일반적인 시분변 정의는 전체 시간과 지연 시간에 의한 임펄스 응답 $h(t, \tau)$ 를 이용하여 다음과 같이 정의한다.

$$P(t, \tau)|_{t = \Delta t = 0} = E[|h(0, \tau)|^2] \quad (10)$$

여기서 τ 는 초과 지연 시간, 즉 처음 도착한 성분에 대해 다중 경로에 의한 상대적인 지연 시간을 나타내며 h 는 채널 임펄스 응답이다. 이산 시간 시스템에 대해서 이산 지연 시간을 수반하는 다중 경로 성분 L 의 총 전력은 PDP에 포함된다. 즉, 채널에 대한 총 수신 전력은 다음과 같이 주어진다.

$$P_t = \sum_{l=0}^{L-1} P(\tau_l) \quad \forall l=0, \dots, L-1 \quad (11)$$

만약 채널에 대해 방향성의 고려했을 때에도 비슷한 정의가 다음과 같이 적용되고 PDDP (power-delay-direction profile)이라고 부른다.

따라서 RDS는 주파수 일관성 대역폭과 관련해 채널의 다중 경로에 의한 심볼간 간섭 ISI를 설명할 수 있는 중요한 채널 파라미터이다.^[13,14]

V. 측정 결과 및 검증

무손실 매질에서 유한한 유전체 두께에 의한 특성을 주파수와 편파별로 도시하고 있다. TM 편파의 경우 브루스터 각이 발생하며 0도에서 유한한 반사와

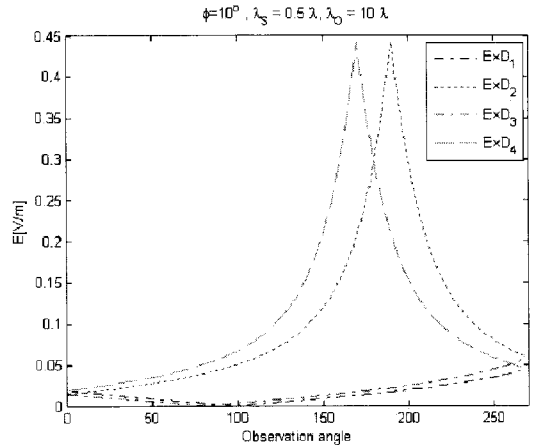


그림 5. 전계의 연속성 모의실험 결과 ($0.5\lambda, \phi_0 = 10^\circ, 10\lambda$)
Fig 5. electric field continuity simulation result($0.5\lambda, \phi_0 = 10^\circ, 10\lambda$)

90도에서 전반사가 발생하고 있다. 1800 MHz의 경우 TM 편파에서 브루스터 각(Brewster angle)은 64.6도이며 추가적으로 18도에서는 $\beta_0 \omega = 5\pi$ 가 되어서 두 편파 모두 반사계수가 0이 된다. 1800 MHz에서 TM 편파의 반사계수가 64.6도와 18도에서 0이 되기 때문에 이 각도 사이의 반사계수는 작다. 유한한 두께를 갖는 손실 매질과 무손실 매질 결과로부터 유한한 두께를 갖는 매질의 경우 반사 계수 특성은 주파수와 벽의 두께에 의해서도 영향을 받으며 이를 고려해야만 벽면 반사 손실이 더욱 정확히 고려된 정확한 광선 추적 시뮬레이션이 가능하다.

이 회절 계수가 정확하게 다루어지지 않을 경우 각

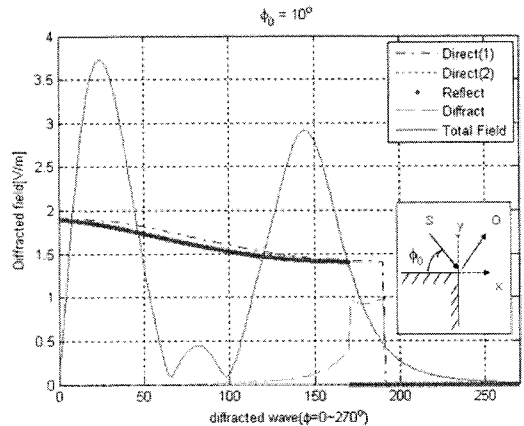


그림 6. 전계의 연속성 모의실험 결과 ($0.5\lambda, \phi_0 = 10^\circ, 20\lambda$)
Fig 6. electric field continuity simulation result($0.5\lambda, \phi_0 = 10^\circ, 20\lambda$)

경계면에서 불연속면이 발생하게 되며 이를 확인하기 위해서 edge에서 3가지 성분(직접파, 반사파, 회절파)을 합하여 전계강도가 전체 영역에 대해 연속이 되는 지 확인하였다.

그림 6은 신호원이 0.5λ , ϕ_0 는 10도에 위치하고 관찰점은 20λ 떨어진 곳에서 0도에서 270도까지 변화시키며 전체 전계의 연속성을 확인하였다. 직접파나 반사파는 각 경계면에서 0으로 떨어지지만 회절계수를 고려했을 경우 전체 전계강도가 연속적으로 분포하는 것을 알 수 있으며 전파 해석 기술에서는 회절에 의한 전계 강도를 계산할 시 회절 계수를 사용하였다.

또한, 측정 주파수는 3.7 GHz와 8 GHz로 주파수별 전파 특성의 차이를 알아보기 위해 선택하였다.

5.1 주파수별 전송 용량

그림 7에서는 낮은 건물이 밀집되어 있는 도심지역 주변 부도심 환경과 주상복합 건물군이 밀집되어 있는 B지역 주변의 도심 환경에서 3.7 GHz와 8 GHz에서의 전송 용량을 비교하였다.

8GHz의 경우 송신 안테나의 높이가 낮고 5dBi 이득의 혼 안테나를 사용하였으며, 3.7GHz의 경우 송신 안테나의 높이가 높고 패치 안테나를 사용하였다. 안테나 높이의 차이로 인해 8GHz MIMO에서 보다 높은 전송 용량을 가지며, 이는 안테나 높이가 낮을 때 주변 건물들에 의한 다중 경로가 보다 많이 생성되기 때문이다. B지역과 C지역을 비교해 보면, B지역에서 보다 높은 채널 용량을 가짐을 알 수 있다. 이는 B역의 건물들 높이가 낮음에도 불구하고 밀집도가 보다 높기 때문이며, 송신기보다는 수신기 주변의 산란체에 의해 전송 성능이 결정됨을 알 수 있다.

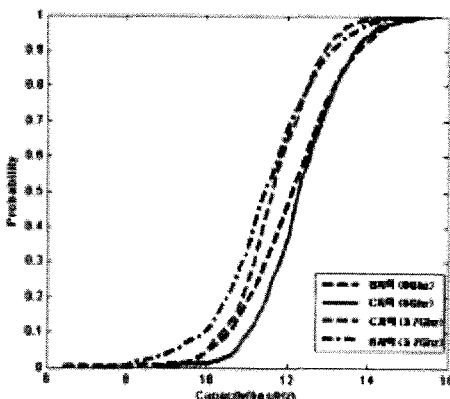


그림 7. 주파수별 전송 용량 비교
Fig 7. frequency transmission capacity comparison

5.2 환경별 전송 성능 분석

환경별 전송 성능 특성을 비교하기 위해 3.7 GHz와 8 GHz에서 각각 A, B, C 지역의 전송 용량을 비교하였다. 그림 8, 9는 3.7GHz, 8 GHz에서의 환경별 전송 용량을 보여준다.

환경별로 봤을 때, 건물 밀집도에 의해 다중 경로가 가장 많이 생성되는 도심지역에서 가장 높은 전송 용량을 보이며, 한 쪽은 건물에 의해 전파가 반사되어 수신되지만 다른 한 쪽은 열린 공간으로 반사에 의한 다중 경로가 발생하지 않는 A지역에서 가장 낮은 채널 용량을 가짐을 볼 수 있다. 이러한 경향은 8 GHz에서의 환경별 전송 용량에서도 똑같이 나타난다.

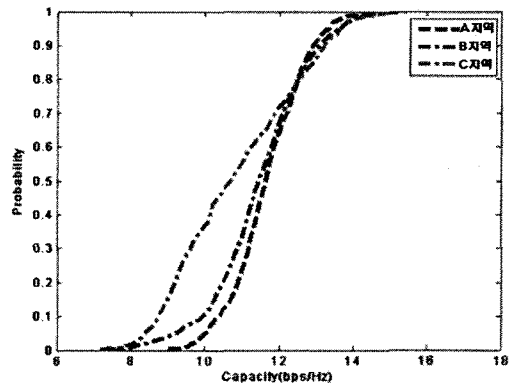


그림 8. 3.7GHz 환경별 전송용량
Fig 8. 3.7GHz environments transmission capacity

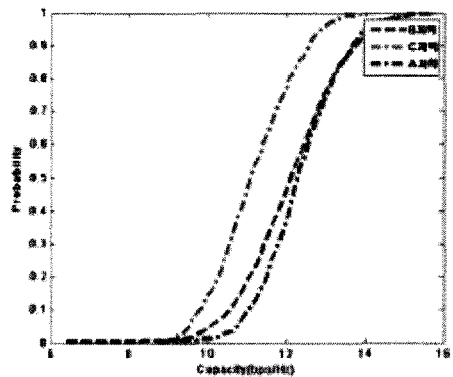


그림 9. 8GHz 환경별 전송용량
Fig 9. 8GHz environments transmission capacity

5.3 불균일 링크 이득 보정

송수신 시스템의 제작 상 오차와 마이크로파 소자들에 의한 신호 왜곡으로 인해 송수신기 하나의 단과 다른 단 간의 시스템 응답은 차이를 갖는다. 이러한 영향은 각 송수신 단의 시스템 응답을 수집하고, 수집

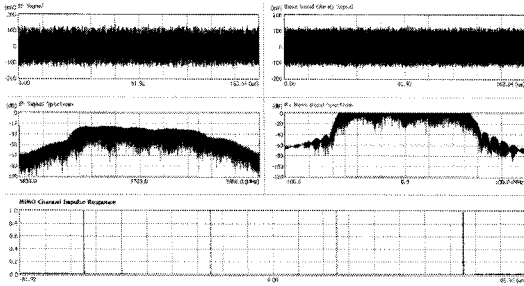


그림 10. 채널 사운더의 기저대역 및 계측기 검출신호 파형
Fig 10. Channel sound sink band and measurement signal wave

Table 1. each transmission output level
표 1. 각 송신단의 출력 레벨

구분	Ant1	Ant2	Ant3	Ant4
Tx1	-10.3dB	-37.2dB	-36.2dB	-36.2dB
Tx2	-50.4dB	-4.9dB	-41.1dB	-46.5dB
Tx3	-43.8dB	-39.5dB	-4.7dB	-38.2dB
Tx4	-52dB	-48.1dB	-47.9dB	-8.2dB

송신출력을 -5~-10dB로 본다면, 송신 Atten 30dB, cable loss 3dB이므로 AMP Gain은 23~28dB로 보아야 함

된 값으로부터 적절한 보정 작업을 통해 제거한다.

- ✧ Baseband 신호의 안정성 확인
- ✧ 채널간 Isolation 측정
- ✧ 각 채널의 Dynamic Range 측정
- ✧ 송신 시스템의 RF 출력 측정
- ✧ 송수신 안테나 Cable의 loss 측정.

VI. 결 론

본 논문은 광선 추적 기술과 전파 해석 기술을 결합하여 MIMO 전파 특성 예측 기술을 분석하여, 예측 환경의 입체도와 소프트웨어로 해석된 전파 예측 결과를 전체 해석 영역에 대해 도사한 것이다. 예측 환경은 아파트 지역으로 높은 아파트에 의해 전파가 제한되어 도로 협곡 효과와 건물에 의한 음영 효과 등을 예측할 수 있다. 뿐만 아니라 다중 경로 해석을 통해 다양한 경로에서 다른 특성을 가지고 들어오는 신호를 관찰할 수 있다. 또한, 다중안테나 광대역 전파 특성 파라미터 중 채널별 신호지연 특성을 예측한 모의 실험 결과를 나타내었다. 광대역 전송손실을 기술한 예측 알고리즘을 반영하여 예측해본 모의실험 결과를 나타내어 검증 및 결과를 얻을 수 있었으며, 이외에도 다양한 송수신기 위치 변화 가능성 등 많은 다양한 응

용이 가능하며 기술의 고도화가 이루어져 더욱 높은 정확도를 갖는 예측 기술의 개발이 이루어질 경우 단순한 전파 특성 뿐 아니라 간섭 분석, 기지국 최적화, 주파수 이용 효율 등 전파를 기반으로 하는 다양한 분야에서 응용이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R Report 829 Calculation of the probability of interference, ITU, 2005.
- [2] ITU-R Report 525 Performance functions and protection ratios of analogue and digital modulation systems required for spectrum utilization, ITU, 2006.
- [3] ITU-R Report 974 A procedure for modelling receiver intermodulation characteristics, ITU
- [4] ITU-R Report 826 Examples of band sharing by employing spread-spectrum techniques, ITU, 2003.
- [5] ITU-R Recommendation SM.1132 General principles and methods for sharing between radiocommunication services or between radio stations, ITU, 2005.
- [6] ITU-R Recommendation SM.1055 The use of spread spectrum techniques, ITU, 2005.
- [7] M. Satyanarayanan, "Pervasive Computing: Vision and Challenges," *IEEE Personal Communications*, August 2007.
- [8] N T. Burners-Lee, J. Handler, and lassies, "The Semantic Web, *Scientific American*," May 2008.
- [9] Magdalena Balazinska, Hari Balakrishnan, and David Karger.INS/Twine: "A Scalable Peer-to-Peer Architecture for Intentional Resource Discovery. In *Pervasive 2002 International Conference on Pervasive Computing*", number 2414in LNCS, pp.195-210. Springer- Verlag, August 2005.
- [10] N T. Burners-Lee, J. Handler, and lassies, "The Semantic Web, *Scientific American*," May 2008.
- [11] ITU-R 보고서 651, 확산 스펙트럼 기술, 2005
- [12] ITU-R 보고서 520, 컴퓨터시뮬레이션모델
- [13] FACS주파수 이용방안, 한국전파진흥협회 연구 보고서, 2006.

[14] J. Hightower and G. Bordello, "location Systems for Ubiquitous Computing," *IEEE Computer*, Vol.34 No.8, pp.57-66, 2007.

강 정 용 (Jeong-Yong, Kang)

종신회원



1991년 2월 원광대학교 전자
공학과(공학사)

1996년 8월 원광대학교 전자
공학과(공학석사)

2003년 8월 원광대학교 전자
공학과(공학박사)

2005년~2008년 원광대학교 전

기전자 및 정보공학부(전임강사)

2008년 3월~현재 원광대학교 전기전자 및 정보 공
학부 겸임교수

<관심분야> Wireless Communication, RFID/USN,
OFDM, MIMO, RF주파수 등