

AR 모델을 이용한 이동 통신 채널의 시간 지연 해석기법에 관한 연구

이형권, 류은숙, 이종길
인천대학교 정보통신공학과
인천시 남구 도화동 177번지
E-mail : g961151@lion.inchon.ac.kr

A Study on Analysis of Time Delay Model Using Autoregressive Method for Mobile Communication Channels

Hyung-Kwun Lee, Eun-Suk Ryu, Jonggil Lee
Dept. of Information and Telecommunication Engineering, University of Inchon
177 Dowha-Dong Nam-Gu, Inchon
E-mail : g961151@lion.inchon.ac.kr

Abstract

In this study, the time delay model were simulated using the well-known AR model.

Frequency response of the time delay model can be obtained by mapping AR model to JTC model in the time domain. That is, from the few measurement data in JTC model, the channel frequency response can be obtained by the estimation of AR model parameters.

From this channel frequency response, the time delay model can be obtained using Fourier transformation.

To prove the validity of the suggested method, three models of JTC were shown and analyzed.

이동 통신에 관한 수요가 급증함에 따라 음성서비스 뿐만 아니라 화상 등을 포함한 멀티미디어 및 초고속 통신 등과 같은 다양한 서비스가 요구되고 있다. 현재 광대역 유선망 구축은 많은 연구가 진행되어 왔으나 무선 및 이동 통신의 경우는 주로 음성 신호의 전달에 관한 연구가 집중되었으며 최근에 와서야 고속 통신에 관한 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 그런데 고속의 전송률(2M~20Mbps)이 요구되는 광대역 이동 통신 시스템의 경우 기지국이 위치한 환경과 전송 채널의 특성에 따라 시스템 구현의 복잡도 및 효율성이 결정된다. 그러므로 이와 같은 고속의 데이터 전송시 많은 문제가 있는 이동 통신 채널의 특징을 분석하는 것이 매우 절실한 실정이다. 그래서 본 논문에서는 채널의 시간 지연에 관한 특성을 시간 도메인과 주파수 도메인으로 구분하여 분석하였다. 특히 시간 도메인에서의 JTC모형을 주파수 도메인의 AR모델-신호의 pole의 위치, 크기에 의한 모델이므로 all-pole모델이라 한다.-에 부합시킴으로써 채널의 시간 지연 모델을 분석하였다.[1][4]

I. 서론

II. 시간 지연 모델 분석

1. 시간 도메인 채널 모델

기지국의 송신안테나로부터 전송되는 전파는 수많은 다중 경로를 거쳐 이동국의 수신안테나로 수신된다. 그런데 수신되는 전파는 불규칙한 지형에 의한 다중 반사, 수많은 방해물에 의한 회절 및 반사 등에 의해 서로 다른 진폭과 위상을 갖는 여러파의 합성파가 된다. 또한 각 경로를 통하여 도달하는 전파들의 시간적 지연에 의한 지연확산이 발생하여 각 경로의 거리 및 전송 특성의 차이에 따라 수신기에 도달하는 시간과 진폭의 차이가 발생하게 되는데 그 신호의 임펄스 응답은 식(1)과 같이 정의 할 수 있다.[4]

$$h(\tau, t) = \sum_{i=1}^L \beta_i e^{j\phi_i} \delta(t - \tau_i) \quad (1)$$

β_i 는 신호의 크기, L 은 경로의 수이며 τ_i 는 지연 시간이다.

본 논문에서는 시간 도메인의 시간 지연 모델로 JTC 모델을 채택하였다. JTC 모델은 실측 데이터를 기준으로 제안되었으며 무선 채널 환경에 따라 각각의 진폭, 시간 지연 그리고 도플러 스펙트럼을 설정하였다. 그리고 최근에는 실내와 실외 무선 환경의 광대역 특성을 표현하기 위한 표준 모델로 제시되었으며 본 논문에서는 JTC에서 제안된 9가지 무선 채널 환경 중 실외 거주 지역 (Low Antenna), 고층 건물이 있는 도심 환경 그리고 실외 거주 지역 환경(High Antenna)에 대해 비교 분석하였다.[1][6]

2. 주파수 도메인 채널 모델

본 논문에서는 주파수 도메인에서의 시간 지연 모델의 주파수 응답을 AR(Autoregressive)모델의 결과로 제시하였다. AR 모델은 통계적인 모델로서 디지털 신호처리 분야에서 널리 이용되는 방법으로 시간 도메인 모델, 즉 JTC 모델을 AR 모델에 부합시킴으로써 시간 지연 모델의 주파수 응답을 구현 할 수 있었다. AR 모델의 pole의 위치는 시간 도메인에서 각 경로의 크기와 지연 시간과 연관된다.[1]

시간 도메인에서의 시간 지연 모델은 앞서 언급된 바와 같이 JTC 모델을 채택하였으며 표1에 제시하였다. JTC 모델의 각 값들은(상대 전력)은 주파수 응답의 자기 상관 함수의 입력값이 되며 자기 상관 함수는 식(2)와 같이 정의 할 수 있다.

$$R(\omega) = \sum_{i=1}^L |h(\tau_i, t)|^2 e^{j\omega \tau_i} \quad (2)$$

N 은 샘플 개수이며 τ_i 는 시간 지연이다. 식(2)는 지정된 주파수에서 N 개의 샘플을 취함으로써 식(3)과 같이 자기 상관 함수를 재정의 할 수 있다.[5]

$$R(k) = \sum_{i=1}^L |h(\tau_i, t)|^2 e^{j2\pi k \frac{\tau_i}{T}} \quad (3)$$

표1 JTC 모델(실외 거주지 환경(Low Antenna))

지연시간(nsec)	상대 전력(dB)
0	0
50	-2.9
100	-5.8
150	-8.7
200	-11.6
250	-14.5
300	-17.4
350	-20.3

식(3)으로부터 유도된 주파수 응답이 자기 상관 함수의 값들은 Yule-Walker 수식의 입력값이 되며 식(4)와 같이 정의 할 수 있다.[2]

$$\begin{bmatrix} R(0) & R(-1) & \dots & R(1-m) \\ R(1) & R(0) & \dots & R(2-m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R(m-1) & R(m-2) & \dots & R(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ a(1) \\ \dots \\ a(m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_w \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

ρ_w 는 AR 모델의 백색 잡음의 분산이다.

식(4)로부터 AR 계수, 즉 pole의 값이 산출된다. 또한 산출된 pole 값들 중 AR 모델의 차수에 따라 우세한 pole 들을 선택하게 된다. 본 모델에서는 pole의 차수 대비 시간 지연 예측의 정확성이 비교적 우수한 2차 모델을 채택하여 크기가 0.9와 0.98사이의 2개의 값들만을 선택하여 채널 모델링을 하였다. 그림(1)은 AR 프로세스에 의한 pole의 위치이다. 선택된 pole 값으로 식(5)의 p차 AR 모델의 주파수 응답을 정의 할 수 있으며 구현 결과는 그림(2)와 같다.

$$H(f_n; t) - \sum_{i=1}^p a_i H(f_{n-1}; t) = V(f_n) \quad (5)$$

$H(f_n; t)$ 는 복소 주파수 도메인에서의 n 차 샘플이며 p 는 AR 모델의 차수, a_i 는 AR 계수, 그리고 $V(f_n)$ 는 주파수 f_n 에서 실 주파수 응답과의 차이를 의미하는 복소 화이트 잡음이다. 그리고 $V(f_n)$ 의 분산값은 다음과 같이 정의 된다.[1]

$$\sigma_v^2 = R(0) - \sum_{i=1}^p a_i R(i) \quad (6)$$

AR 모델의 전달 함수는 식(7)로 정의 할 수 있다.

$$G(z) = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^k a_i z^{-i}} = \prod_{i=1}^k \frac{1}{(1 - p_i z^{-1})} \quad (7)$$

그림(3)은 채널의 시간 응답으로서 식(5)에 의해 구현된 주파수 응답을 푸리에 변환을 취함으로써 구현되면 두 험프의 해당구간만 제시하였다.

주파수 응답과 시간 응답에서 2차 모델의 두 험프에 대응하는 주파수와 지연 시간은 각각 $f = |p_i|/2\pi T_s$ 와 $\tau = -|p_i|/2\pi f_s$ 로 유도 될 수 있다.

p_i 는 pole, T_s 는 샘플링 시간 그리고 f_s 는 샘플링 주파수이다.

주파수 응답의 주파수 대역폭은 200[MHz], 주파수 분해능은 1[MHz]로 설정하였고 그에 대응하는 시간 응답은 350[nsec]의 대역폭과 5[nsec]의 시간 분해능으로 설정하여 구현하였다.

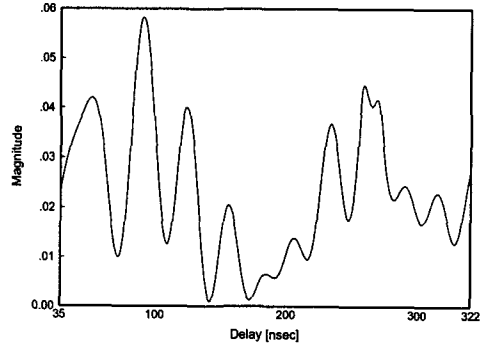


그림 3. AR 모델을 통한 채널의 시간 응답

3. 결과 및 토론

본 절에서는 앞서 구현된 실외 거주 지역 환경(Low Antenna) 외 실외 거주 환경(High Antenna)과 고층 건물에 있는 도심 환경을 비교 분석하였다.

1) 실외 거주 환경(High Antenna)

본 모델은 주파수 대역폭 100[MHz], 주파수 분해능은 0.5[MHz] 그리고 시간 대역폭은 1750[nsec], 시간 분해능은 10[nsec]로 설정하였고 채택된 pole의 크기는 각각 0.9367과 0.8939이다. 그림(4)와 그림(5)는 구현된 주파수 응답과 시간 응답이다. 시간 응답은 두 험프가 해당되는 구간만 제시하였다.

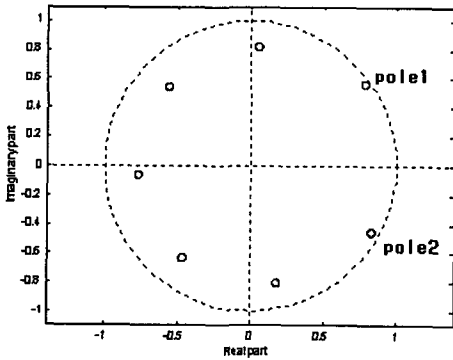


그림 1. AR 모델을 위한 pole들의 위치

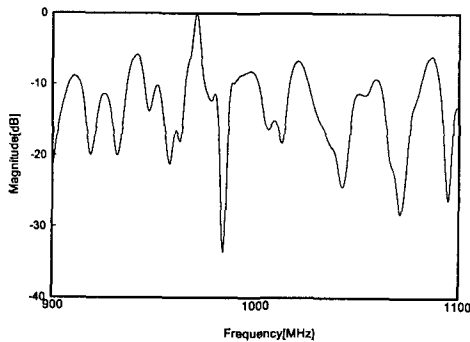


그림 2. AR 모델을 통한 채널의 주파수 응답

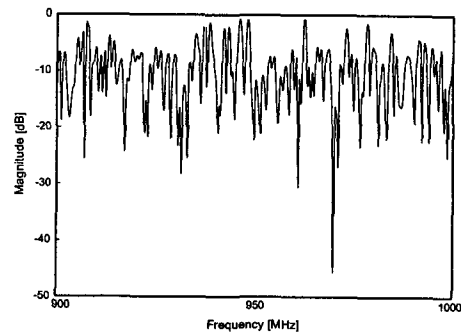


그림 4. AR 모델을 통한 채널의 주파수 응답

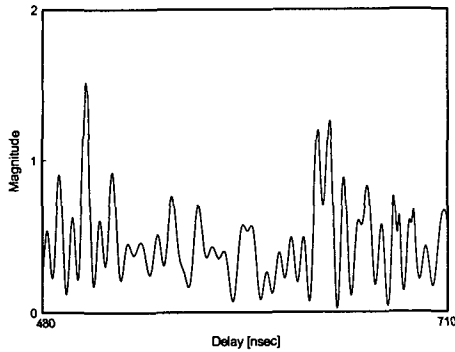


그림 5. AR 모델을 통한 채널의 시간 응답

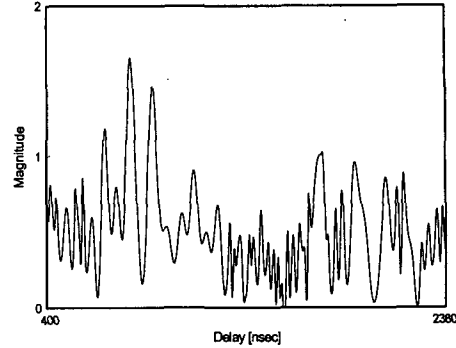


그림 7. AR 모델을 통한 채널의 시간 응답

2) 고층 건물이 있는 도심 환경

본 모델은 주파수 대역폭 50[MHz], 주파수 분해능 0.25[MHz] 그리고 시간 대역폭은 4000[nsec], 시간 분해능은 20[nsec]로 설정하였고 채택된 pole의 크기는 0.9461와 0.9이다. 그림(6)과 그림(7)은 구현된 주파수 응답과 시간 응답이다. 시간 응답은 두 험프가 해당되는 구간만 제시하였다.

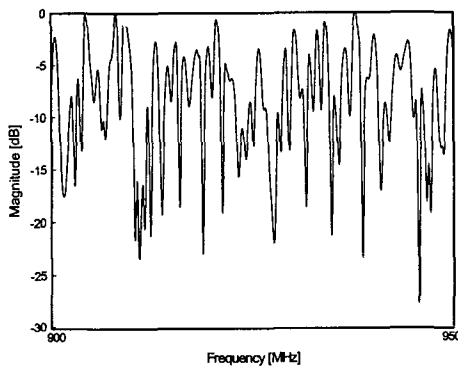


그림 6. AR 모델을 통한 채널의 주파수 응답

III. 결론

본 논문에서는 고속 데이터 전송 시 다중 반사, 회절 등으로 이동 통신 환경에서 발생 할 수 있는 시간 지연 채널을 시간 도메인에서의 JTC 모델을 주파수 도메인의 2차 AR모델에 부합시킴으로써 적절한 시간 지연 모델을 제시 할 수 있었다.

* 본 연구는 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

IV 참고 문헌

- [1] K. Phlavan and A. H. Levesque, "Wireless information networks", New York, Wiley, 1995.
- [2] S. L. Marple. "Digital Spectral Analysis with Applications", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1987,
- [4] Michel Daoud Yacoub, "Foundations of Mobile Radio Engineering", CRC Press, 1993
- [5] M.H.Ali, A. S. Parker, and K. Pahlavan, "Time and Frequency Domain Modeling of Wideband Radio Propagation for Personal, Mobile and Indoor Application", Proc. IEEE PIMRC'94, The Hague, Netherlands, 1994
- [6] 김연진, 김남수, 김민택, "주파수 선택적 페이딩 채널에서 멀티코드 CDMA 시스템의 성능 분석", 한국통신학회 논문집 '98-4, Vol.23, No.44, pp.936-939.