

MIMO Cluster Characteristics at 3.7 GHz in Urban Macrocell and Microcell Environment

*곽영우, 최정환, 이창훈, 김성철
서울대학교 전기공학부

e-mail : {*limpbiz, jhchoi, lchjsa, sckim}@maxwell.snu.ac.kr

Measurement and Characterization of Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Wideband Relay Channel at 5.8 GHz

*Young-Woo Kwak, Jung-Hwan Choi, Chang-Hoon Lee, Seong-Cheol Kim
Department of Electric and Computer Sciences Engineering
Seoul University

Abstract

Most of advanced radio channels use concept of multipath clusters which have similar MPCs. There are several ways to categorize clusters such as visual inspection method and window-based clustering algorithm. We suggest an automatic clustering algorithm consisting of two algorithms to improve the clustering performance. Cluster characteristics of urban microcell and macrocell are also suggested by means of number of clusters and some figures.

I. 서론

시간과 장소의 구속이 없는 더 빠르고 안정적인 데이터 전송 속도를 제공하는 이동통신기술을 개발하기 위하여 다양한 연구가 이루어지고 있다. 이러한 이동통신기술을 개발하기 위해서는 현실적인 무선 채널 환경을 현실적으로 반영한 무선 채널 모델의 개발이 필수적이며, 최근 개발된 대부분의 무선 채널 모델들은 다중 경로(Multi-Path Components)들을 유사한 통계

적 특성을 갖는 클러스터(Cluster)의 개념을 이용하여 모델링 하고 있다 [1]. 대다수의 논문에서 다중 경로들을 통계적 특성을 이용하여 분류하는 방법으로는 시각적 차이를 이용한 분류(Visual inspection)를 이용하고 있다 [2]. [3]의 경우, MCD (Multipath Component Distance)를 다중 경로 간의 특성 분석을 위한 도구로 사용함으로써 상당한 성능 향상을 이끌어내었다. 이 논문에서는 MCD와 K-Power-Means Algorithm 그리고 CV (Combined Validation) Index를 이용하여 클러스터링 과정을 자동화하고, Urban Macrocell 및 Microcell에 최적화 된 환경 계수 값을 찾아내었다.

II. 본론

2.1 MCD (Multipath Component Distance)

MCD는 [4]에 의해서 무선 채널의 다중 경로 분리도를 정량화 하기 위한 방법으로 제안되었으며, 아래와 같다.

$$MCD_{\text{Avg/AvgD},ij} = \frac{1}{2} \varepsilon \left| \begin{pmatrix} \sin(\theta_i)\cos(\phi_i) \\ \sin(\theta_i)\sin(\phi_i) \\ \cos(\theta_i) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \sin(\theta_j)\cos(\phi_j) \\ \sin(\theta_j)\sin(\phi_j) \\ \cos(\theta_j) \end{pmatrix} \right| \quad (1)$$

$$MCD_{\tau,ij} = \zeta \tau_{\text{std}} \frac{|\tau_i - \tau_j|}{\Delta \tau_{\text{max}}} \quad (2)$$

이 때, 모든 i, j, τ_{std} 에 대하여

이며, τ_{std} 는 지연 시간의 표준 편차, $\epsilon = \max\left\{\frac{\tau_i - \tau_j}{\tau_i}\right\}$ 간의 영향을 조절하기 위한 계수이며, ϵ 은 .

2.2 K-Power Means 알고리즘

K-Power-Means 알고리즘은 각각의 경로와 클러스터의 중심간의 거리에 Power를 가중치로 곱한 것의 합을 최소화 하는 알고리즘이다 [5].

$$D = \sum_{i=1}^L P_i \cdot \text{MCD}(\mathbf{x}_i, \mathbf{c}_k^{(i)})$$

$$\rightarrow \mathbf{x}_i \in \mathbf{c}_k^{(i+1)} \left(k = \arg \min_k \{D\} \right) \quad (3)$$

이 때, $L, \mathbf{x}_i, \mathbf{c}_k, P_i$ 은 각각 다중경로의 수, l 번째 파라미터, l 번 다중 경로가 속하는 k 번째 클러스터 중심 그리고 l 번째 다중경로의 파워를 의미한다. 클러스터 중심은 아래 식에 의하여 갱신된다.

$$\mathbf{c}_k^{(i)} = \frac{\sum_{j \in \mathbf{c}_k^{(i)}} (P_j \cdot \mathbf{x}_j)}{\sum_{j \in \mathbf{c}_k^{(i)}} P_j} \quad (4)$$

2.3 CV (Combined Validation) Index

CV Index는 클러스터의 유용성을 평가하는 알고리즘으로 DB (Davies-Bouldin) index 와 CH (Calinski-Harabasz) index를 결합한 것이다 [5]. DB index는 가능한 클러스터 개수의 값들을 제시한다.

$$DB(K_i) \leq \rho \cdot \min_k \{DB(K)\} \quad (5)$$

이 때, ρ 는 좋은 결과를 얻기 위하여 환경에 따라 선택된 최선의 계수이며, DB는 DB index를 의미한다.

CH index는 DB index에 의하여 결정된 적절한 클러스터 개수의 값 중에서 적절한 값을 선택하여 결정한다.

$$K_{opt} = \arg \min_{K \in K_F} \{CH(K)\} \quad (6)$$

III. 결론

실험은 3.7 GHz에서 100 MHz 8x8 MIMO 시스템을 이용하여 측정되었다. 또한, 12차 의사 잡음 이진 신호 (Pseudo Random Binary Signal)를 이용하였으며, Urban Micro 환경으로는 서울의 풍납, Urban Macro 환경으로는 서울의 길동이 선택되었다.

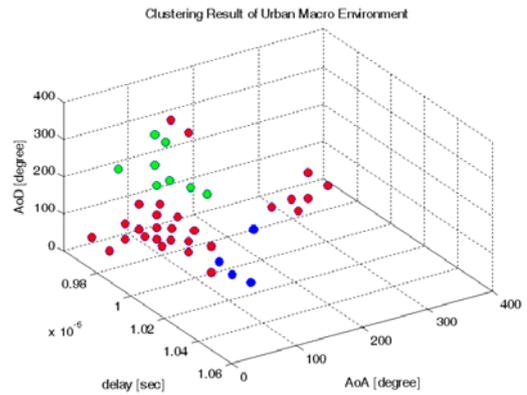


그림 1. Urban Macro와 Micro 환경에서의 다중 경로 클러스터링 실행 결과

표 1. Number of Cluster Characteristics in Urban Area

Site	Average Number of Clusters	
	LOS	NLOS
MacroCell	5.36	8.34
MicroCell	4.74	7.16

전반적으로 Macrocell에서 Microcell 보다 더 많은 수의 클러스터가 나타났으며, NLOS가 LOS보다 더 많은 수의 클러스터 수를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] A. Molisch, "Modeling the MIMO propagation channel," Belgian Journal of Electronics and Communications, no. 4, pp.5-14, 2003.
- [2] K. Yu, Q. Li, D. Cheung, and C. Prettie, "On the tap and cluster angular spreads of indoor WLAN channels," in Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference Spring 2004, Milano, Italy, May 2004.
- [3] Pei Jung Chung and Johann F. Böhme, "Comparative Convergence Analysis of EM and SAGE Algorithms in DOA Estimation," IEEE. Trans. Signal Processing, vol.49,no.12,pp 2940-2949, Dec.2001.
- [4] M. Steinbauer, H. Ozelik, H. Hofstetter, C. Mecklenbrauker, and E. Bonek, "How to quantify multipath separation," IEICE Trans. Electron., vol. E85, no.3, pp. 552-557. March 2002.
- [5] N. Czink, P. Cera, J. Salo, E. Bonek, J. P. Nuutinen, and J.Ylitalo, "A Framework for Automatic Clustering of Parametric MIMO Channel Data Including Path Powers," VTC-2006 Fall. Sept. 2006.