

다중 사용자 환경 옥내 전력선 통신 outage 확률 변화 연구

신재영*, 정지채**

고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과*, 고려대학교 뇌공학과**

Investigation of Outage Probability Variation of Indoor PLC for Multi-User

Jaeyoung Shin*, Jichai Jeong**

Korean University Computer·Radio communications*, Brain and cognitive Engineering**

Abstract - 본 논문에서는 실제 옥내 전력선 통신 네트워크를 기반으로 다중 사용자 환경에서의 outage probability의 변화를 확인하였다. 2명의 사용자를 가정하고 시뮬레이션을 통하여 outage probability의 변화를 확인해 본 결과 거리에 따라 최대 70% outage 확률의 변화를 확인하였다. 또한 수신부의 위치에 따라서 outage 확률이 4% 이상 차이가 난다는 것을 확인하였다.

1. 서 론

전력선 통신(power-line communications, PLC)은 스마트 그리드 프로젝트의 일환으로 차세대 통신 시스템으로 주목을 받고 있다. 전력선망으로의 뛰어난 접근성 때문에 홈네트워킹 시스템의 유력한 대안으로 떠오르고 있다. 최근의 연구 결과는 차세대 홈네트워킹 시스템의 대안들보다 우수한 성능을 보여줌으로써 매우 중요한 장점을 가지고 있다 [1-3]. 그러나 고속 전송을 위하여 광대역 스펙트럼이 필요하나 현실적 제약 때문에 어려움을 겪는다. 전력선 통신 채널은 주파수 선택적 페이딩(frequency selective fading) 채널 특성과 시변(time-varying) 특성을 동시에 보인다. 또한 전력선 통신 네트워크에 연결되어 있는 가전 기기로부터 발생하는 임펄스 잡음, 킬러 배경 잡음 등의 영향으로 주파수별 채널 특성이 일정하지 않다는 큰 문제점이 있다. 또한 네트워크에 연결되어 있는 로드의 특성과 네트워크 토폴로지에 의해서도 채널 특성이 커다란 영향을 받게 된다.

한 개의 통신 시스템을 여러 명이 동시에 사용하기 위해 각 사용자에게 주파수 대역을 할당하는 다중 채널 시스템은 한정된 주파수 대역을 효율적으로 사용하기 위한 방법이다. 한 개의 통신 시스템을 여러 명이 동시에 사용하면 부채널(sub-channel) 간 간섭 등의 문제점이 존재하고, 각 부채널 당 채널 성능 차이가 크게 발생한다. 그러나 현재까지 가정용 옥내 전력선 통신 시스템의 다중 사용자 환경에서의 채널 성능 저하에 관련한 연구가 없는 실정이다.

본 논문에서는 다중 사용자 환경에서 가정용 옥내 전력선 통신 시스템의 성능 저하에 관하여 연구하였다. 2장에서는 다중 사용자 환경에서의 채널 응답 변화를 나타내었고, 3장에서는 다중 사용자 환경에서의 채널 용량의 변화에 대해서 나타내었다. 4장에서는 본 논문의 결론을 나타내었다.

2. 다중 사용자 환경 Outage 확률

일반적으로 Outage는 부가 잡음과 가전제품의 부하 조건의 변화로 인한 채널 응답의 변화로 발생하는 특정 채널의 채널 용량의 변화로 인하여 채널 용량이 특정 수준 이하로 떨어져 원하는 통신 서비스 품질을 만족시키지 못하는 경우에 발생한다. 이러한 outage가 측정 시간 동안 통계적으로 일어나는 확률을 outage 확률로 정의하고 (3)처럼 총 측정 시간 동안 outage가 발생하는 시간의 합의 비율로 나타낸다 [4].

$$\text{outage 확률} = \frac{\Sigma \text{ outage 발생 시간}}{\text{총 측정 시간}} \quad (1)$$

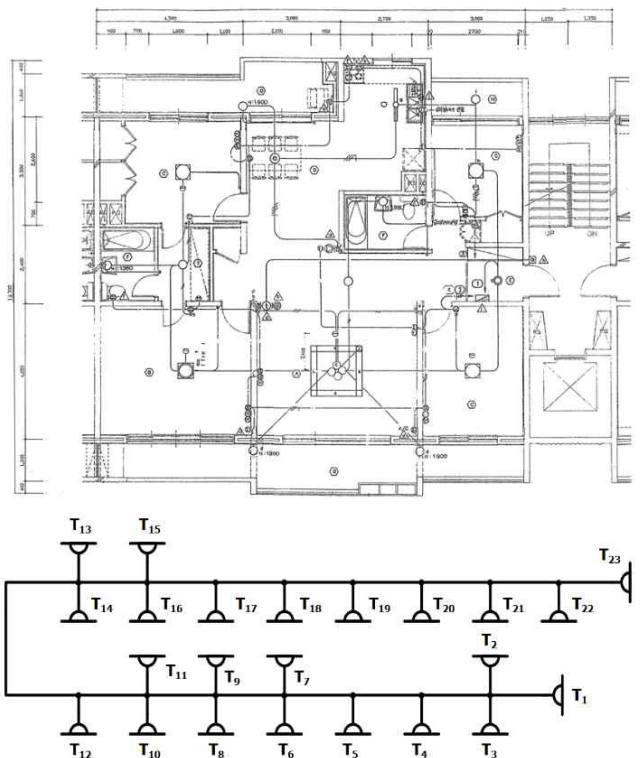
하지만 다중 사용자 환경에서 outage는 스펙트럼 효율이 스펙트럼 효율 기준을 충족하지 못하는 현상으로 정의한다. 따라서 outage 확률이란 전체 서브-채널에서 outage가 발생하는 서브-채널의 비율로 계산된다.

$$\text{outage probability} = \frac{\text{outage가 발생한 부채널의 개수}}{\text{전체 부채널의 개수}} \quad (2)$$

n(·)은 개수를 의미한다.

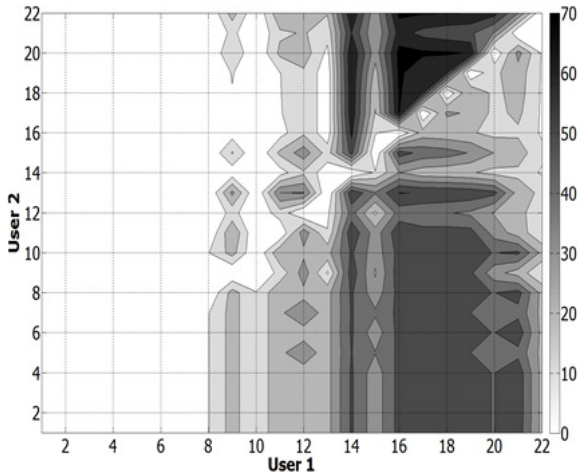
2.1 시뮬레이션 환경

그림 1은 시뮬레이션에 이용된 옥내 전력망을 나타낸다. 옥내 벽에 있는 전기 소켓과 전기 케이블의 접점은 각각 전력선 통신 네트워크의 터미널과 내부 접점을 나타낸다. 이 옥내 전력망은 23개의 터미널과 15개의 내부 접점으로 구성되어 있다 [5]. 다중 사용자 환경을 고려하기 위하여 3명이 사용자가 존재한다고 가정하였다. 다중 사용자 전력선 통신 환경을 고려하였기 때문에 광대역 전력선 통신(Broadband PLC) 주파수 대역을 3명의 사용자가 나누어서 사용하는 상황을 가정하였다. 한 사용자의 최대 데이터 전송 용량은 그 통신 채널의 최대 채널 용량보다 작다고 가정한다. 시뮬레이션을 위한 통신 시스템은 1개의 송신부와 2개의 수신부로 구성되었다. 각 수신부는 2명의 다중 사용자로 가정하였다. outage 확률 계산을 위한 loading scenario를 이용하였다. 본 연구에서는 -60dBm의 신호 전력을 사용하였다. 그림 1의 23개의 터미널은 네트워크의 최 좌측부터 우측 방향으로 1~23번으로 지정되었다. 일반적으로 터미널 번호의 차이가 클수록 채널 링크의 길이가 길지만, 터미널이 연결되어 있는 branch의 길이가 일정하지 않으므로 짧을 수도 있다.



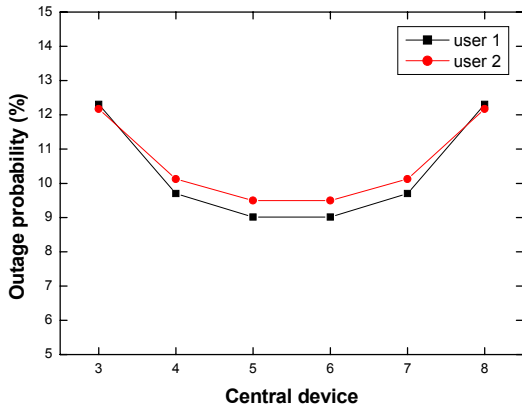
〈그림 1〉 옥내 전기 배선망

그림 2는 송신부가 T1의 위치하고 사용자의 위치를 변화시키면서 계산한 outage 확률을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과 송신부 주변에서의 outage는 거의 발생하지 않지만, 송신부와 거리가 멀어질수록 outage 확률이 증가하여, 최대 70% outage 확률을 나타낸다.



<그림 2> User 위치에 따른 outage 확률 (central device = 1)

그림 3은 송신부의 위치를 변화시키면서 계산한 outage 확률 변화를 나타낸 것이다. 송신부의 위치를 3부터 8까지 변화시키며 계산하였을 때 outage 확률은 최대 4%의 차이를 나타내었다.



<그림 3> 송신부의 위치에 따른 outage 확률 변화

3. 결 론

본 논문에서는 다중 사용자 환경에서 수신부와 사용자 사이의 거리에 따른 outage 확률의 변화에 대해서 연구하였다. 시뮬레이션 결과 송신부와 사용자의 거리에 따라서 outage 확률이 최대 70%까지 증가함을 확인하였다. 또한 송신부의 위치를 변화하여 outage 확률을 계산한 결과 최대 4% outage 확률 변화를 나타내었다.

감 사 의 글

This research was supported in part by Brain Korea 21 project in 2011, World Class University program funded by the Ministry of Education, Science and Technology through the National Research Foundation of Korea (R31-10008), and Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2010-0023063).

[참 고 문 헌]

[1] M. Zimmermann, and K. Dostert, "A Multipath Model for the Powerline Channel," IEEE Trans. Commun., vol. 50, no. 4, Apr. 2002.
 [2] E. Biglieri, "Coding and modulation for a horrible channel," IEEE Commun. Mag., vol. 41, no. 5, pp. 92-98, May 2003.
 [3] H. Philipps, "Modeling of powerline communication channels," Proc.

3rd Int. Symp. Powerline Communications and its Applications, Lancaster, U.K., 1999, pp. 14 - 21.
 [4] Biglieri, E., J. Proakis, and S. Shamai, "Fading Channels: Information Theoretic and Communications Aspects," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 4, issue. 6, pp. 2619-2692, Oct. 1998.
 [5] Jaeyoung Shin, and Jichai Jeong, " Power Line Channel Model Considering Adjacent Nodes with Reduced Calculation Complexity due to Multipath Signal Propagation and Network Size Using Infinite Geometric Series and Matrices," The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 58, issue. 2, pp. 248-255, Feb. 2009.