

논문 2015-52-7-2

가변의 짧은 시그니처 시퀀스 기반 건물 내 메시지 전달특성 측정시스템 설계

(Design and Data Analysis of Signal Measurement System for In-Building Propagation Characteristics based on Variable Short Signature Sequences)

김 정 호*

(Jeong-Ho Kim[©])

요 약

최근 들어 다양한 센서를 장착한 지능형 건물이 등장함에 따라 건물 내 센서 네트워크의 포설을 통한 센싱 자료의 수집과 분석이 중요하게 대두 되고 있다. 이를 위해 센서로 부터 데이터를 획득하기 위해서는 일정구간의 유선화는 불가피하나 유선화 구간을 최소화하고 건물에 따라서는 센서 간의 통신을 무선으로 함을 목표로 하고 있다. 이러한 케이블링에 따른 비용부담과 건물의 손상 등을 방지하기 위해서는 무선화가 가능한 구역의 선정 및 건물 구조에 따른 신호전달 특성을 객관적으로 파악하는 것이 매우 중요하다. 이 논문에서는 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 시스템을 다루고, 인지기반의 장 구간 시그니처 시퀀스를 대신할 짧은 시그니처 시퀀스를 기반으로 한 시스템을 설계하고, 시뮬레이션을 통해 시스템의 동작을 확인한다. 이를 기반으로 건물 내의 신호전달특성을 분석하기 위해 오경보 확률을 고려한 신호검파 특성을 분석한다.

Abstract

Recently, the collection of the sensor data and its analysis become important as the smart buildings equipped with the various sensors appear as a usual scene. The interconnection through the wire cable among the sensors is indispensable because of the information collections such as the temperature, the humidity, and the luminance in the rooms and the hallways for the effective management of the in-building energies. However, these interconnections through the cabling will be very costly, time-consuming, and a difficult task since they will cause some damages to the buildings. Therefore, the interconnections through the unwired connections are required in terms of the deployment effectiveness such as time and cost In this paper, the design and the short sequence operation appropriateness are confirmed through the simulation of the signal measurement system for in-building propagation characteristics based on short signature sequence and the analysis of the system characteristics based on the false alarm probability is performed thereafter.

Keywords : Signal measurement, In-Building propagation characteristics, Short ignature sequence, In-Building measurement

I. 서 론

이 논문에서는 건물 내에서의 신호전달 특성을 측정하기 위한 측정시스템을 설계하고 건물 내부의 신호전달특성을 측정하고 분석한다. 건물 내의 전파신호 전달 환경은 다양한 건축자재와 구조를 적용함으로써 인하여

* 정회원, 이화여자대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Ewha Womans University)

[©] Corresponding Author(E-mail: jho@ewha.ac.kr)

Received ; February 18, 2014 Revised ; June 8, 2015

Accepted ; July 3, 2015

신호 전달특성이 다양하게 나타나고 이에 따라 신호전달특성의 측정에 기반한 스마트 건물관리 시스템 개발에 필요한 측정시스템의 설계 및 분석이 요구된다. 이 연구에서는 이와 같은 공학적 측정 문제의 해결을 위해 기준신호 발생기를 설계하고 송신기와 수신기 간의 신호전달경로의 특성에 따른 짧은 시퀀스 기반의 메시지 레벨에서의 품질을 측정하고 분석하는 시스템을 설계하여 검증하고 신호를 측정한다. 설계의 유효성을 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 시스템 레벨의 동작을 확인하고, 실제 실내 환경에서 신호전달 특성을 측정하여 분석하고 건물 내를 원홉(one hop) 네트워크의 구성 가능성을 검토하는데 사용할 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해 짧은 시퀀스를 적용한 시스템에 기반하여 측정된 데이터를 기반으로 신호전달 특성을 분석하고 추출한다. 또한, 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 통합된 계층의 시스템을 설계하고 시뮬레이션으로 검증된 시스템을 기반으로 실측데이터를 수집하고 분석하는 단방향 시스템을 구성하였다. 즉, 잡음과 간섭이 있는 상황의 실내에서 신호전달 특성 확인이 용이하도록 짧은 시그니처 시퀀스를 정의하는 것이 필요하며 이를 토대로 보다 실제적인 특성측정이 가능하도록 하는 것이 중요하다. 본 설계를 바탕으로 실측을 통하여 보다 실제적인 데이터를 수집하여 측정된 상황을 보다 면밀하게 분석하는데 활용할 수 있다.

II. 짧은 시퀀스 시스템의 구성 및 시뮬레이션을 통한 검증

건물 내의 전파 전달환경은 신호경로가 외벽과 구조물에 둘러 쌓인 환경으로 복도와 건물 내부가 분리되어 구성되어 있으며, 복도식과 계단식 건물 등의 기본 구조에 따라 전파환경이 변화한다. 기본구조는 사용 주파수 대역의 선정, 시그니처 시퀀스, 데이터 전송율, 변조 방법 선택, 송신전력, 데이터 수집 및 분석, 적합한 송신기 위치 추정 절차 등이다.

1. 짧은 시그니처 시퀀스 기반 건물 내 신호전달 특성 측정 시스템

건물 내 신호전달 특성 측정을 위해서는 적합하게 구성된 식별 가능한 짧은 시그니처 시퀀스가 필수적이다. 기본적인 특성은 발생시키기 쉬워야 하고, 다수의 시그

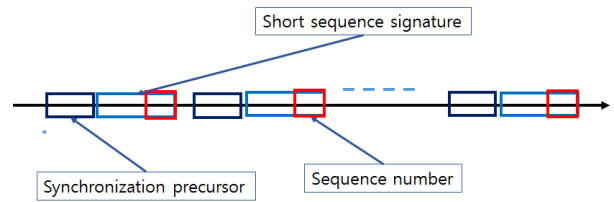


그림 1. 짧은 시그니처 시퀀스 시스템 프레임 구조
Fig. 1. Short signature sequence system frame structure.

니처 시퀀스를 발생시킬 수 있어야 한다. 이를 위해 기본 패턴을 발생하는 블록을 만들고 간섭이나 잡음에 의한 채널의 품질이 열화 되더라도 이를 확인할 목적의 구분된 패턴을 정의하는 것이 필요하다. 패턴을 비트 열로 변환하고 이를 다시 대역폭 효율이 상대적으로 높고 향후 개량을 통해 높은 차수의 변조를 가능케 하는 QPSK를 적용한다. 두 비트 열로부터 얻은 이진 I-채널과 Q-채널의 신호에 대하여 채널로 전송하기 위해 대역폭이 최소화 될 수 있도록 RRC(root raised cosine) 필터로 파형을 생성한다. 파형은 43탭의 샘플로 구성된다. 그림 1에는 매틀랩(Matlab) 기반의 시뮬링크(Simulink)를 활용하여 진행된 시스템 설계가 나타나 있다. 시그니처 시퀀스가 선택되고 송신단 처리가 완료되면 이 신호는 채널로 송신된다. 이 때 채널에서 발생하는 잡음은 가산성 백색 잡음(additive white Gaussian noise)이라 가정한다^[1].

2. 시뮬레이션 결과 및 해석

이 시스템에서 사용한 시그니처 시퀀스의 기본 구조는 메시지 패턴에 프레임의 시작점을 찾는 동기를 맞추기 위해서 그림 1에서와 같이 synchronization precursor인 13비트의 바커 시퀀스(Barker Sequence)를 사용하였다. 수신단에서는 동기 시퀀스와의 상관값을 계산하고 이를 기초로 시작점을 구한다. 심볼 동기 알고리즘에 의해 이러한 2배 초과 샘플링된 샘플 열로부터 최적의 시간을 선택한다. 바커 시퀀스를 발생하는 모듈에서 얻은 시퀀스와 동기를 이룬 샘플로부터(QPSK 복조된 I-채널과 Q-채널의 샘플) 상관값을 구한다. 이때 구한 상관값이 가장 큰 시점이 프레임의 시작점을 나타낸다. 주요 시스템과 신호전송대역에 대한 파라미터는 표 1에 나타나 있다. 센서 데이터를 전송하는데 필요한 전송율로 사용 가능한 대역폭에 따라서 전송하는 전송율을 선택할 수 있다. 건물 내 신호전송 특

표 1. 시스템 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

Parameters	Value
Carrier Frequency	450 MHz
Bandwidth	100 kHz
Modulation	QPSK
Waveform	Raised Cosine Pulse
Message	Signature Sequence
Bit Rate	500 kbps
Oversampling rate	4
Channel Model	In-Building, AWGN

성 측정에 측정자에게 신호의 적절한 수신여부를 판단할 수 있는 가변의 시그니처 시퀀스(길이 $L = 12, 16, 20, 24, 28$ 등)를 생성하고 이에 대한 수신단의 처리가 필요하다.

서로 다른 신호를 구분하기 위한 시그니처 시퀀스는 각각 I채널과 Q채널의 데이터 비트로 매핑되어 QPSK신호 변조신호로 합성된다. 이후 위의 신호는 중간 주파수로 매핑되고 대역통과신호가 되어 RF신호로 주파수 전이 후 안테나를 통하여 방사되고 건물 내 공간으로 신호의 전파가 이루어진다. 얻어진 신호는 기본적으로 사각형의 넓은 주파수 대역폭을 가지므로 효율적인 주파수 대역 사용을 위해서는 펄스 성형(Pulse shaping)이 필요하다. 실험에 사용된 필터는 41 탭을 갖는 RRC 펄스를 사용한다^[2~4].

송신단에서 RRC펄스를 사용하고 수신단에서도 동일

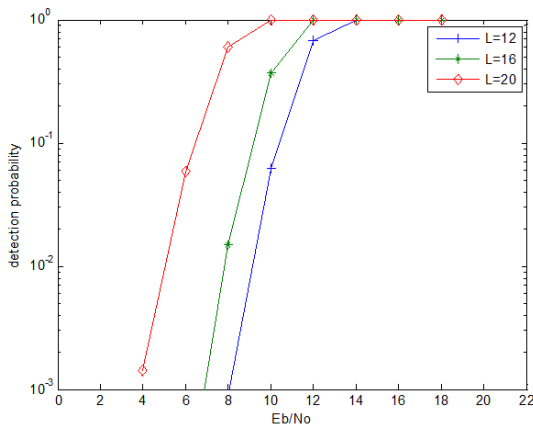


그림 2. 짧은 시그니처 시퀀스 적용 시 검출확률 (FA = 0.01, 길이 $L = 12, 16, 20$)

Fig. 2. Detection probability for the short signature sequence with FA = 0.01, $L = 12, 16, 20$.

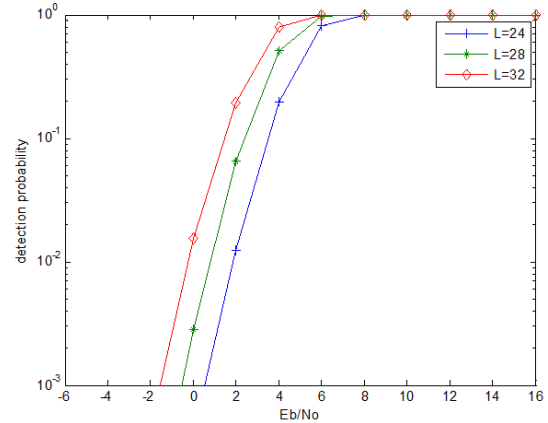


그림 3. 짧은 시그니처 시퀀스 적용 시 검출확률 (FA = 0.01, 길이 $L = 24, 28, 32$)

Fig. 3. Detection probability for the short signature sequence with FA = 0.01, $L = 24, 28, 32$.

하게 RRC펄스를 사용하여 ISI (inter-symbol interference)가 없는 신호전송 체계를 적용할 수 있다. 수신단에서 RRC필터를 적용함으로써 ISI가 없거나 매우 적은 값을 갖도록 제어가 가능하며, 대역폭 효율을 얻으면서도 ISI를 최소로 할 수 있음을 시뮬레이션 결과를 통해 관찰하였으며 이에 부합한 결과를 얻을 수 있다. 그림 2에는 가변의 짧은 시그니처 시퀀스를 사용하고 오경보(false alarm) 확률이 1%이었을 때 신호전력에 따른 신호검파 성능을 나타낸 그래프이다. 시그니처 시퀀스의 길이가 증가함에 따라 동일한 검파성능을 얻기 위하여 보다 낮은 전력이 필요함을 확인할 수 있다. 그림 3은 동일한 오경보 확률에서 짧은 시그니처 시퀀스의 길이 $L = 24, 28, 32$ 일 때의 검파 성능을 보여주는 그래프이다. 그림에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 길이가 12일 때와 비교하여 검파 확률이 6dB이상의 이득이 있음을 확인할 수 있다.

III. 시스템의 동작특성 분석

다음 그림 4는 주어진 오경보 확률과 전력, 짧은 시그니처 시퀀스의 길이에 따른 검파 문턱치 값을 보여준다. 그래프에서 살펴 볼 수 있듯이 시그니처 시퀀스의 길이가 짧을수록 검파 문턱값이 커야 함을 알 수 있다. 이는 주어진 오경보 확률을 유지하려면 보다 큰 문턱값으로 판정하여야 만 요구하는 조건을 만족할 수 있기 때문이다.

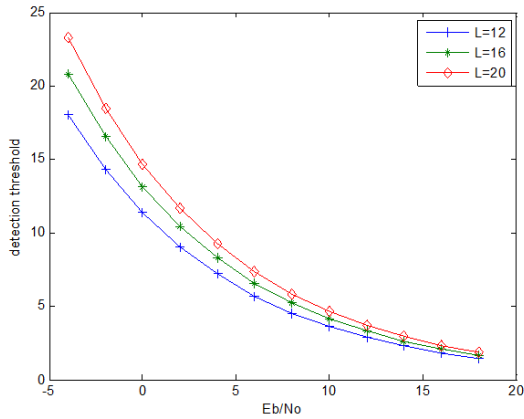


그림 4. 검출 문턱값 (FA = 0.01, L = 12, 16, 20)
Fig. 4. Detection threshold with FA=0.01, L=12, 16, 20.

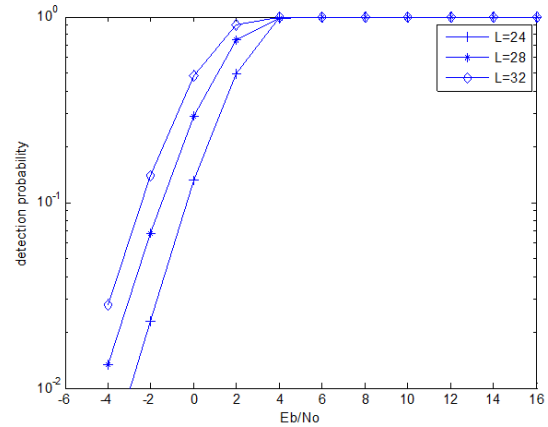


그림 7. 짧은 시그니처 시퀀스 적용 시 검출확률 (FA = 0.01, 길이 L = 24, 28, 32)
Fig. 7. Detection probability for the short signature sequence with FA = 0.05, L = 24, 28, 32.

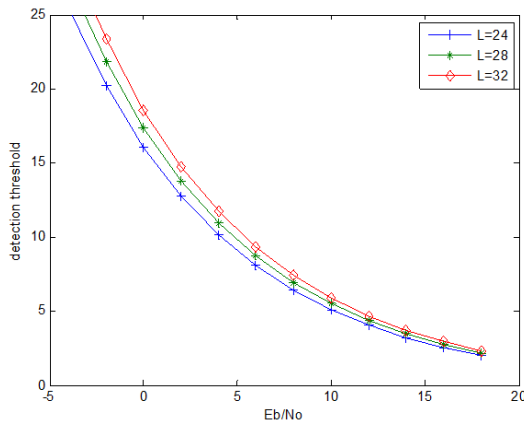


그림 5. 검출 문턱값 (FA = 0.01, L = 24, 28, 32)
Fig. 5. Detection threshold with FA=0.01, L=24, 28, 32.

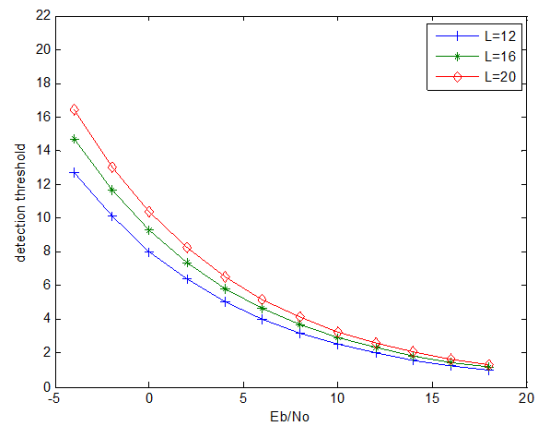


그림 8. 검출 문턱값 (FA = 0.05, L = 12, 16, 20)
Fig. 8. Detection threshold with FA=0.05, L=12, 16, 20.

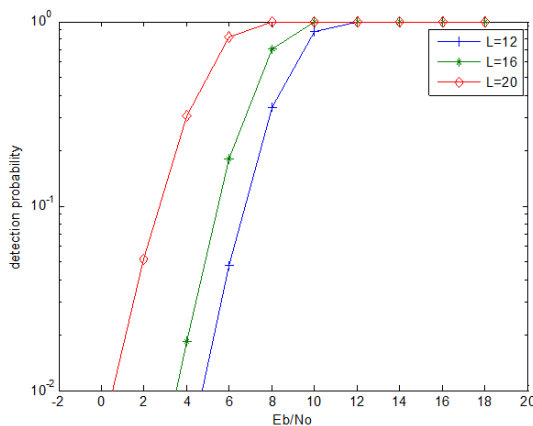


그림 6. 짧은 시그니처 시퀀스 적용 시 검출확률 (FA = 0.05, 길이 L = 12, 16, 20)
Fig. 6. Detection probability for the short signature sequence with FA = 0.05, L = 12, 16, 20.

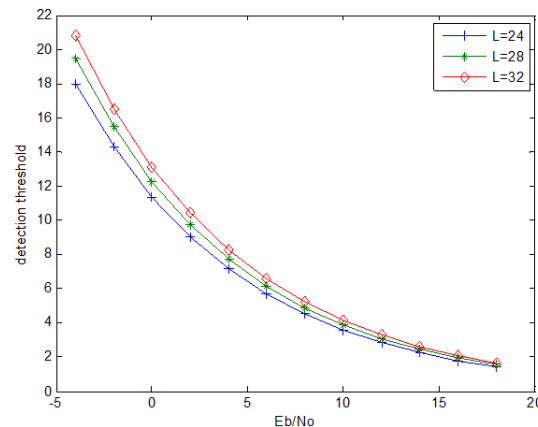


그림 9. 검출 문턱값 (FA = 0.05, L = 24, 28, 32)
Fig. 9. Detection threshold with FA=0.05, L=24, 28, 32.

이와 유사한 조건 하에서 그림 5는 가변 시그니처 시퀀스의 길이가 길어짐에 따라 처리이득이 증가함으로 인하여 보다 정밀한 신호검파가 가능함을 알 수 있다.

또한 그림 6은 오경보 확률이 5%일 때 가변 시그니처 시퀀스의 길이가 길어짐에 따라 처리이득이 증가함으로 인하여 보다 낮은 신호전력으로 신호검파가 가능함을 알 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 90%이상의 신호검파가 가능하기 위해서는 E_b/N_0 가 $L = 12$ 에서 약 8dB였으나 길이 $L = 20$ 으로 증가시켰을 경우 4dB로 감소할 수 있어 신호전력을 4dB를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

그림 7은 오경보 확률이 5%일 때 가변 시그니처 시퀀스의 길이가 $L = 24, 28, 32$ 로 길어짐에 따라 처리이득이 증가함으로 인하여 보다 낮은 신호전력으로 신호검파가 가능함을 알 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 90%이상의 신호검파가 가능하기 위해서는 E_b/N_0 가 $L = 24$ 에서 약 4dB였으나 길이 $L = 32$ 로 증가시켰을 경우 2dB로 감소할 수 있어 신호전력을 2dB를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그래프에서 알 수 있듯이 가변 시그니처 시퀀스를 증가 시킴에 따라 전력절감효과의 증대는 감소함을 확인할 수 있다.

그림 8은 오경보 확률이 5%일 때 가변 시그니처 시퀀스의 길이가 증가함에 따라 신호검파를 위한 문턱값이 동일한 전력 하에서 증가함을 살펴 볼 수 있다.

이와 유사하게 그림 9는 오경보 확률이 5%로 수신기를 동작 시키려면 가변 시그니처 시퀀스의 길이가 증가함에 따라 신호검파를 위한 문턱값이 동일한 전력 하에서 그림8에 비해서도 커짐을 알 수 있다.

IV. 결 론

이 논문에서는 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 짧은 시그니처 시퀀스 기반의 측정 시스템을 설계하고 신호검출을 위한 문턱값의 도출, 검출성능 분석을 통해 실제 건물 실측을 위한 기반연구를 수행하였다. 잡음과 간섭이 있는 상황에서 실내에서 신호전달 특성 확인이 용이하도록 짧은 시그니처 시퀀스를 정의하였으며 이를 토대로 보다 실제적인 특성 측정이 이루어지도록 하였다. 향후 이 측정 시스템을 바탕으로 전달특성을 파악하고 이를 통하여 보다 효과적인 건물 내 스마트 센서 네트워크를 구성할 수 있으며, 다양한 설계 테

이터를 추적할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 양방향 및 세 방향 신호전송과 수신을 위한 새로운 알고리즘을 적용하여 보다 효과적인 신호측정 및 분석이 가능한 시스템을 제안하고 평가하는 것이 요구된다.

REFERENCES

- [1] Di Pu and Alexander M. Wyglinski, Digital Communication Systems Engineering with Software-Defined Radio, pp. 253-282, Artech House, 2013.
- [2] P. Mohana Shankar, Introduction to Wireless Systems, pp. 22-52, Wiley, 2002..
- [3] Andrea Goldsmith, Wireless Communications, pp. 29-36, Cambridge, 2005.
- [4] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications - Principles and Practice 2nd Ed., pp. 227-229, Prentice Hall, 2002.

저 자 소 개

김 정 호(평생회원)
대한전자공학회 논문지
제 49 권 TC 편 제 5호 참조