

논문 2015-52-1-1

시그니처 시퀀스 기반 건물 내 메시지 전달특성 측정시스템 설계

(Design of Signal Measurement System for In-Building Propagation
Characteristics based on Signature Sequence)

김 정 호*

(Jeong-Ho Kim[Ⓢ])

요 약

최근 들어 다양한 센서를 장착한 스마트 건물의 등장이 가시화 됨에 따라 센서로부터 데이터의 수집과 분석이 중요하게 되었다. 센서로부터 데이터를 획득하기 위해서는 일정구간의 유선화는 불가피하나 유선화 구간을 최소화하고 건물에 따라서는 센서간의 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. 본 논문에서는 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 시스템의 설계를 다루고 시뮬레이션을 통해 시스템의 동작을 확인한다.

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 operation appropriateness are confirmed through the simulation of the signal measurement system for in-building propagation characteristics based on signature sequence.

Keywords : Signal measurement, In-Building propagation characteristics, Signature sequence

I. 서 론

본 논문에서는 건물 내에서의 신호전달 특성을 측정하기 위한 측정시스템을 설계하고 시뮬레이션을 통해 평가한다. 건물 내의 전파신호 전달환경은 다양한 건축자재

와 구조를 적용함으로써 인하여 신호 전달특성이 다양하게 나타나고 이에 따라 신호전달특성의 측정에 기반한 스마트 건물관리 시스템 개발에 필요한 측정시스템의 설계가 요구된다. 본 연구에서는 이와 같은 공학적 문제의 해결을 위해 기준신호 발생기를 설계하고 송신기와 수신기 간의 신호전달경로의 특성에 따른 메시지 레벨에서의 품질을 측정하고 분석하는 시스템을 설계한다. 설계의 유효성을 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 시스템 레벨의 동작을 확인한다.

본 논문에서는 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 시스템을 설계하고 시뮬레이션으로 검증하고자 한다. 잡

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

Ⓢ Corresponding Author (E-mail: jho@ewha.ac.kr)
접수일자: 2014년09월20일, 수정일자: 2014년10월15일
게재확정: 2015년12월23일

음과 간섭이 있는 상황에서 실내에서 신호전달 특성 확인이 용이하도록 시그니처 시퀀스를 정의하는 것이 필요하며 이를 토대로 보다 실제적인 특성측정이 가능하도록 하는 것이 매우 중요하다. 향후 본 설계를 바탕으로 실측을 통하여 보다 실제적인 데이터를 수집하는데 발생할 수 있는 요소들을 분석하고 실제 측정 시의 상황을 보다 면밀하게 분석하고자 한다.

II. 건물 내 측정시스템 설계 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. 건물 내 신호전달 특성 측정 시스템의 구성

건물 내 신호전달 특성 측정을 위해서는 적합하게 구성된 식별 가능한 시그니처 시퀀스가 필요하다. 본 목적을 위해 기본 패턴을 발생하는 블록을 만들고 간섭이나 잡음에 의한 채널의 품질이 열화 되더라도 이를 확인할 목적의 구분된 패턴을 정의한다. 이로부터 디지털 전송을 진행한다. 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 매트랩(Matlab) 기반의 시뮬링크 (Simulink)를 활용하여 진행된 시스템 설계가 나타나 있다^[1]. 시그니처 시퀀스가 선택되고 송신단 처리가 완료되면 이 신호는 채널로 송신된다. 이 때 채널에서 발생하는 잡음은 가산성 백색 잡음(additive white Gaussian noise)이라 가정한다.

2. 시뮬레이션 결과 및 해석

본 시스템에서 사용한 시그니처 시퀀스의 기본 구조는 메시지 패턴에 프레임의 시작점을 찾는 동기를 맞추

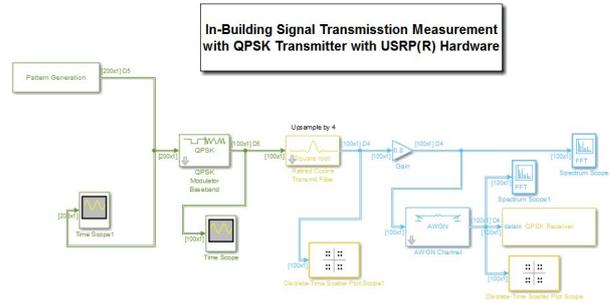


그림 1. 건물 내 신호전달 특성 측정 시스템 구성도

Fig. 1. In-Building signal propagation measurement system configuration.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

Parameters	Value
Carrier Frequency	450 MHz
Bandwidth	100 kHz
Modulation	QPSK
Waveform	Raised Cosine Pulse r=0.5
Message	Signature Sequence
Bit Rate	500 kbps
Oversampling rate	4
Channel Model	In-Building, AWGN

기 위한 13비트의 바커 시퀀스(Barker Sequence)를 사용한다. 수신단에서는 동기 시퀀스와의 상관값을 계산하고 이를 기초로 시작점을 구한다. 수신된 신호는 RRC 필터를 통과한 후 심볼 전송률의 2배로 초과 샘플링(Oversampling)하여 심볼 단위의 동기를 이룬다.

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 시뮬레이션과 신호전송대역에 대한 파라미터는 표 1에 나타나 있다. 비트 전송율은 500kbps로 센서 데이터를 전송하는데 필요한 전송율을 반영한다.

건물 내 신호전송 특성 측정에 측정자에게 신호의 적절한 수신여부를 판단할 수 있는 시그니처 시퀀스의 생성이 필요하다. 이의 비트 열이 아래 그림 2에 나타나 있다.

이 비트 열은 QPSK 변조를 거쳐 4개의 위상으로 매핑(mapping)되고 각각 I채널과 Q채널의 데이터 비트

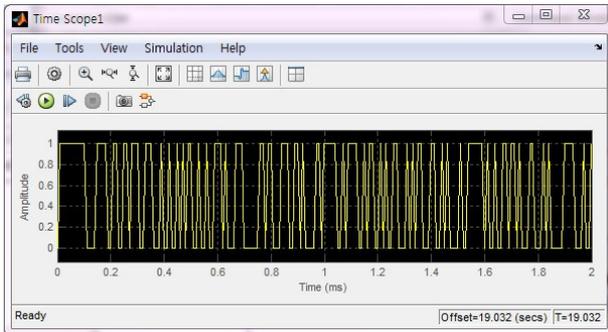


그림 2. 송신 시그니처 시퀀스 비트 열 (bit stream)
 Fig. 2. Transmit signature sequence bit stream.

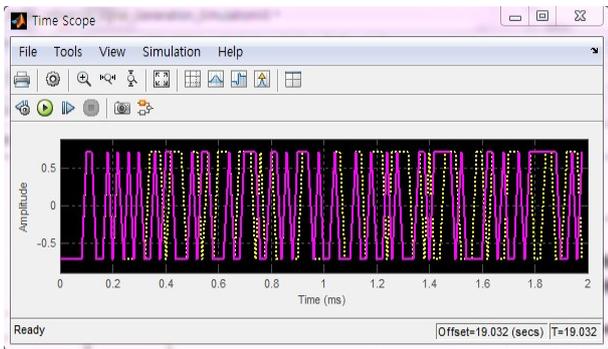


그림 3. QPSK 변조된 시그니처 시퀀스 비트 열 (bit stream)
 Fig. 3. QPSK-modulated signature sequence bit stream.

로 매핑되어 QPSK신호 변조신호로 합성된다. 이와 같은 매핑에 의한 신호의 파형의 결과는 그림 3에 나타나 있다.

위의 신호는 중간 주파수로 매핑되고 대역통과신호가 되어 RF신호로 주파수 전이 후 안테나를 통하여 방사되고 건물 내 공간으로 신호의 전파가 이루어진다.

그림 3에서 얻어진 신호는 기본적으로 사각형의 넓은 주파수 대역폭을 가지므로 효율적인 주파수 대역 사용을 위해서는 펄스 성형(Pulse shaping)이 필요하다. 본 논문에서는 23 탭을 갖는 RRC(root raised cosine) 펄스로 그림 4와 같은 주파수 대역폭 특성을 갖도록 설계하는 것으로 고려한다^[2~5].

수신단에서 RRC필터를 적용함으로써 ISI가 매우 작은 값을 갖도록 제어가 가능하며 본 시뮬레이션에서는 roll-off factor를 0.5로 적용하여 대역폭 효율을 얻으면서도 ISI를 최소화 할 수 있음을 시뮬레이션 결과를 통해 관찰하고자 하였으며 이에 부합한 결과를 얻을 수 있는지 확인하고자 한다. 본 시뮬레이션에서는 신호에 가우시안 잡음이 추가되어 신호의 왜곡이 일어나는 환

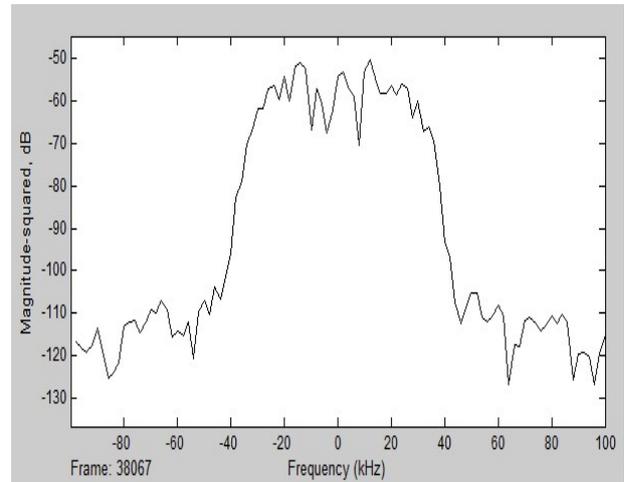


그림 4. 전송 펄스 성형 (Pulse shaping)
 Fig. 4. Transmit pulse shaping.

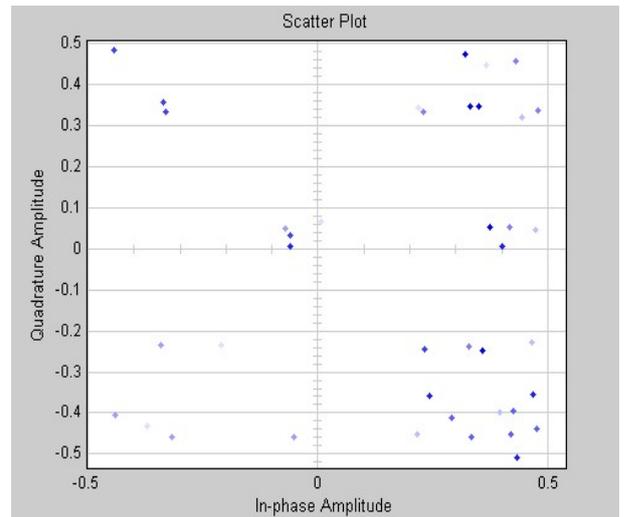


그림 5. IQ 채널 스캐터 도 (SNR = 5dB)
 Fig. 5. IQ-channel scatter plot (SNR=5dB).

경에서의 특성을 분석하였으며, SNR의 값에 따른 신호의 스캐터 플롯을 살펴봄과 동시에 문자레벨의 신호수신특성을 측정하고 분석한다. 삽입된 시그니처 시퀀스에 따라서 정상적으로 신호의 수신이 이루어지는 것을 확인할 수 있으며, 이에 따른 시스템의 성능을 평가하고 분석하고자 한다. 이를 통해 시스템의 정상적 동작을 확인하고 펄스성형 필터와 그 파라미터의 변화에 따른 특성을 확인할 수 있고, 잡음에 따른 영향을 분석하는 것이 가능하다. QPSK 변조된 데이터는 RRC 필터로부터 생성된 파형을 얻는다. 이 파형은 AWGN 채널로 전송된다. 채널에서 삽입된 잡음이 I 채널과 Q 채널의 데이터 파형을 왜곡시킨다. 이와 같은 파형은 그림

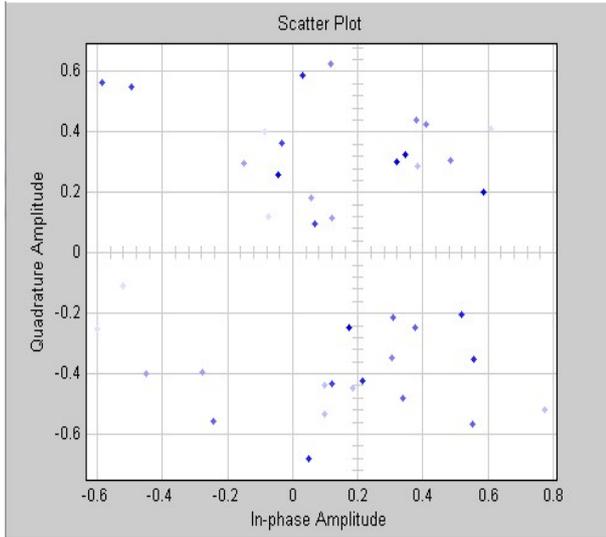


그림 6. IQ 채널 스캐터 도 (SNR = 3 dB)

Fig. 6. IQ-channel scatter plot (SNR=3dB).

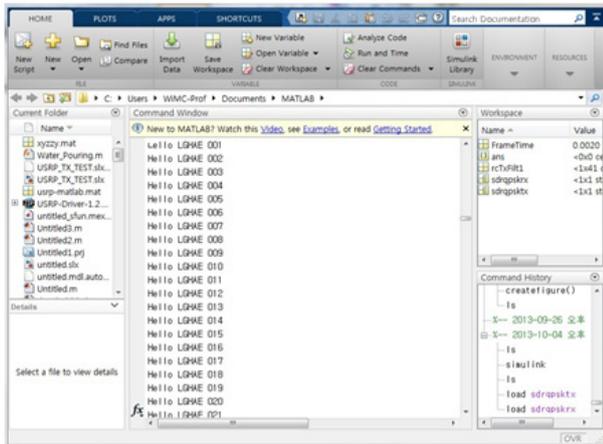


그림 7. 메시지 (시그니처 시퀀스) 수신 결과 화면

Fig. 7. Message reception results (signature sequence).

6의 스캐터 도(scatter plot)에 나타나 있다. 전송된 QPSK 심볼 신호파형이 RRC 파형으로 변환되어 한 심볼 구간 동안의 충분한 샘플 값이 I 채널과 Q 채널에 나타나 있다. 다음 그림 5와 6은 SNR이 5dB일 때와 3dB일 때의 스캐터 도를 나타내고 있다. 잡음이 커짐에 따라 그림 6과 같이 수신된 신호의 레벨이 커지게 됨을 알 수 있고 신호의 천이구간이 더욱 자주 나타남을 그림에서 확인할 수 있다.

이와 같이 수신된 파형으로부터 심볼 동기를 이루기 전에 주파수 드리프트(frequency drift)를 보상한다. Barker 시퀀스로부터 위상보상을 위한 위상오프셋(phase offset)을 추출한다. 위상 오프셋으로 위상변조된 신호의 위상을 수정한다. 이후 프레임 동기를 맞추고 전송

된 시그니처 시퀀스 비트 열을 추출한다. 추출된 비트 열은 다시 ASCII 코드로 변환된다. ASCII코드로부터 시그니처 시퀀스로 변환된 후 측정시스템의 화면에 출력하여 정상적 수신여부를 확인할 수 있었다. 아래 그림 7은 임의의 시그니처 시퀀스를 생성 한 후 지정된 인덱스에 따라 정상적으로 수신됨을 확인하여 시뮬레이션 상에서 전체 측정시스템이 정상적으로 동작함을 확인하고 설계의 적정성을 주어진 조건 하에서 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 건물 내 신호전달 특성을 측정하기 위한 시스템을 설계하고 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 잡음과 간섭이 있는 상황에서 실내에서 신호전달 특성 확인이 용이하도록 시그니처 시퀀스를 정의하였으며 이를 토대로 보다 실제적인 특성측정이 가능하도록 하였다. 향후 본 설계를 바탕으로 하드웨어와 소프트웨어로 실제 시스템을 구현하고 이를 토대로 실측을 통하여 보다 실제적인 데이터를 수집하고 분석하고자 한다.

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 49권 TC편 제 5호 참조