

# 세방향 서명 수열 패킷 방식 기반 선내 전파 전달특성 측정시스템 설계 및 분석

김 정 호\*

## Design and Measured Data Analysis of a Shipboard Indoor Signal Propagation Characteristics Based on Three Way Signature Sequence Packet Mode

Kim, Jeong-Ho\*

### 요 약

선박 내 안전과 정보전달 시스템 구축에 대한 수요가 증대함에 따라 선내 신호전달 특성에 대한 측정이 새로운 사안으로 등장하고 있다. 선박 내에 기 구축된 유선망을 활용함과 동시에 추가적인 선내 안전서비스에 필요한 망의 구성을 위해서 구조물의 일부를 불가피하게 변경하는 등의 비용증가를 최소화하여 무선 감지기 망을 구축함으로써 비용과 구축시간을 단축하기 위한 향상된 방안들이 필요하다. 이 논문에서는 선박 내 무선신호전달 특성을 측정하고 분석하는데 적합한 서명 수열 세방향 패킷 방식 기반 선내 전파전달측정 시스템을 설계하고 기존의 양방향 시스템에 대한 특성을 살펴본다. 그리고, 모의 실험을 통해 동작특성을 검증한 후, 구성된 시스템을 기반으로 선박 내 환경과 유사한 상황에서 측정한 데이터를 분석한다. 이와 같이 새로운 측정 시스템과 알고리즘을 적용함으로써 신뢰성 있고 비용효율적인 선박 내 무선 망을 구성하고 안정성 있는 망의 구성과 유지를 할 수 있을 것으로 기대한다.

**Key Words** : Shipboard signal transmission, Propagation characteristics, Three way measurement

### ABSTRACT

Recently, the new issues for the safety and the information delivery system in the ship are raised. The deployment and the efficient algorithms of deploying the wireless sensor networks instead of using the built-in wired networks or the setup of the new wired networks is more desirable than the deployment of the wired networks in a ship after its final production since it can reduce the cost and the time of the brand new wired networks by reshaping some of the internal structure of the ship. In this paper, the shipboard signal propagation measurement system based on the signature sequence-three way slave mode are designed and its measured data are analysed after measuring the signal propagation characteristics. Consequently, it is expected that the reliable and cost-effective signal measurement system with the three way algorithm for the deployment of the shipboard wireless networks can be achieved.

\* First Author : First Author : Wireless Multimedia Communications Lab. Dept of Electronics Engineering, Ewha W. University, jho@ewha.ac.kr, 종신회원  
 논문번호 : KICS2014-09-364, Received September 26, 2014; Revised November 16, 2014; Accepted January 12, 2015

## I. 서 론

선박 간 또는 선박 내의 정보전송 망 구축에 대한 수요가 점차 증가함에 따라 선내 신호전달 특성에 대한 측정이 새로운 사안이 되고 있다. 특성상 선체 내부는 금속물질에 의한 차폐로 전자파신호가 철저히 차단되는 경우 원천적으로 신호전달이 어려운 상황이 전개될 수 있으나, 여객선, 화물선의 경우도 철과 같은 금속류의 재질은 좀더 가벼운 비금속류의 재질이 널리 쓰임에 따라 전파전달특성이 지상에서의 건물 내 신호전달특성과 많은 유사성을 보일 것으로 기대하고 있다. 많은 안전사고의 경우 선박내부에 유용한 정보가 올바르게 전달되지 못하여 안전조치를 시급하게 하지 못한 상황에서 발생할 수 있으므로 적절한 무선 정보전달 망의 구성이 필수적이라 할 수 있다. 이러한 무선 감지기 망과 같은 정보전달 망은 해양에서의 안전사고를 예방하거나, 선박 내에 유효한 정보를 원활하게 수집하여 운항에 활용하는데 매우 유용하다고 할 수 있다. 또한 안전과 관련된 정보를 신속하게 승무원에게 전달함으로써 재난 시나 신속한 대처를 요구하는 긴급 상황에서 상호 긴밀하게 대응하는데 필요한 정보를 전달할 수 있다. 따라서 이러한 무선 감지기 망과 같은 정보수집이나 정보전달을 위한 망을 구성할 때 신호전달특성을 측정하고 분석하는 것이 매우 중요하게 부상하고 있다. 이를 위해서는 선박 내에서 각 위치에 따른 전파전달특성을 측정하고 감지기 마디의 설치위치를 결정하여야 하며, 제한된 정해진 전력으로 맡을 수 있는 영역을 파악함과 동시에 채널의 품질을 신속하게 측정할 수 있어야 한다. 이를 위해 신호전달특성을 측정하는 시스템을 설계하고 제작된 시스템을 기반으로 관련 측정데이터를 수집하여 분석하는 것 뿐만 아니라 좀더 효율적으로 채널의 품질을 측정할 알고리즘과 측정방안이 필요하다.

이 논문에서는 이를 위해 공유 주파수대역에서 다양한 사용자의 신호가 존재할 수 있는 다중 사용자 환경에서도 마디간의 전달특성을 측정할 수 있는 세방향 서명 수열기반의 채널품질 측정시스템을 설계하고 검증하며, 하드웨어와 소프트웨어를 적용하고 구현하여 실제 선박과 유사한 환경에서 측정한다. 이에 따라 해당 측정 데이터를 분석함으로써 새로운 측정절차와 알고리즘의 적용 가능성에 대해 심도 있게 고찰하고 개선방안을 제안한다.

## II. 서명 수열기반 측정시스템

제안하고자하는 측정시스템은 마스터 방식과 종속 방식 중 하나의 방식으로 동작하는 세방향 서명 수열기반의 측정절차를 수행할 수 있다. 측정을 시작하기 위해서는 서명 수열을 포함한 메시지가 무선 신호로 바뀌어 전송되고 메시지단위의 신호검출을 위해서는 프레임 동기를 위한 길이가 34비트인 바커 수열(Baker sequence)을 사용하여 상관 값을 기반으로 시간동기를 맞춘다. 또한 신호 대역폭의 효율증대를 위하여 직각 위상 편이 키잉 (QPSK) 변조와 RRC(root raised cosine) 펄스 성형을 수행하여 대역폭을 최소로 줄이며 출력전력을 조정하여 서명 수열을 발생한다. 메시지기반으로 동작하기 때문에 좀더 낮은 전력수준으로 동작하게 하기 위해서는 동기 프레임의 길이를 늘려 동기 성능을 향상 시켜야 한다. 그렇지 않으면 프레임 동기를 맞추지 못하므로 적절한 메시지 수신동작을 수행할 수 없다. 이를 위해서 동기 프레임부분의 전력을 높여 검출성능을 향상 시키는 방법을 사용할 수 있다. 이 경우 메시지부분은 전력을 더욱 낮출 수 있도록 채널부호화를 적용하여 검출성능을 개선할 수 있으며 블록부호를 사용하여 제한된 오류비트를 일정하거나 좀더 긴 수열에 대해서는 길썬 부호를 적용하여 개선된 채널오류정정특성을 활용할 수 있다. 이러한 기능을 매개변수에 따라 성능을 조정할 수 있는 유연한 동작이 가능하도록 측정시스템을 설계하였으며, 이에 따라 좀더 많은 메시지 및 동기부호에 대한 전력배분을 통해 주어진 환경에서 최적의 서명 수열 검출성능을 얻을 수 있도록 설계하였다. 측정실험에서는 BCH부호의 경우 최소 거리가 11인 부호를 선택하였고 길썬부호의 경우 구속 길이가 7이고 최소거리를 최대화하는 생성 다항식을 선택하여 채널부호화를 수행한다. 부호화율은 1/3이고 채널 복호화는 비터비 복호화 기법을 사용하여 최대 우도 수열 추정 방식을 적용한다. 선박 내에서의 기준신호의 전송과 신호세기 측정에 기반한 무선채널의 품질평가와 양방향 서명 수열기반의 측정시스템으로 수집하는 경우는 측정데이터의 대폭적인 증가와 좀더 신속한 양방향 채널품질 확인 및 송수신 감지기의 배치점을 결정하는데 시간과 비용이 많이 소요될 수 있으며 또한 양방향 채널의 품질측정방식으로 신속한 채널의 품질을 확보하는데 좀더 많은 시간이 소요될 수 있다. 이를 개선하기 위해 기 사용 중인 주파수대역에서의 통신채널의 품질을 측정하기 위한 방안으로 배치점간의 채널품질을 서명의 수신지연에 기반하여 측정하되 분석하여 즉각적인 활용이 가능하

도록 할 수 있으며, 세방향 방식을 이용하여 좀더 신뢰성이 높은 채널품질평가와 활용이 가능하도록 시스템을 구성할 수 있다. 측정시스템은 기본 동작방식으로 자체적으로 마스터 또는 종속 방식으로 동작할 수 있다. 마스터로 동작은 서명 수열을 충돌 없이 전송하면서 시작된다. 송신된 서명 수열을 온전하게 수신하게 되는 측정시스템은 종속 방식으로 동작하여 채널의 측정에 참여하게 된다. 다음 그림 1은 마스터 방식에서 측정시스템의 동작과정을 보여준다. 측정을 위해 그림 1에서 보이는 바와 같이 마스터 방식의 시스템은 서명 수열을 송신하고 채널번호를 부여하여 현재 측정하고자 하는 채널의 정보를 수집한다. 종속 시스템에서 회신 서명 수열을 수신대기하며 서명이 정상수신되지 않으면 재전송하는 절차와 타이머 동작을 제어한다. 서명이 정상 수신되면 다시 궤환 서명 수열을 송신하고 회신 서명을 재수신을 대기한다. 수신되지 않으면 일정한 시간동안을 지연한 후 다시 궤환 서명을 송신한다. 이와 같은 절차를 거쳐 채널상태를 기록하고 양방향 채널의 품질을 측정하여 수집한다.

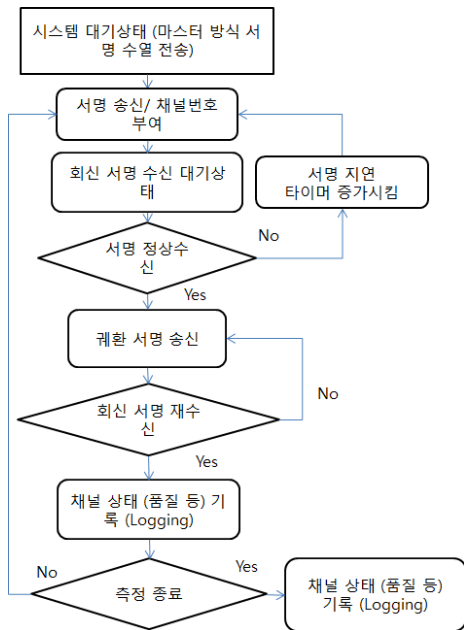


그림 1. 측정시스템의 동작과정 [마스터]  
Fig. 1. Operation procedure of the measurement system [Master]

### III. 시스템의 운용

종속 방식에 있는 시스템에서는 아래 그림 2와 같

이 동작과정이 수행된다. 측정시스템이 새로운 채널번호를 갖는 서명 수열을 수신하면 바로 종속 방식으로 진입하여 수신처리를 수행한다.

그림에서와 같이 새로운 서명 수열을 수신하면 채널번호를 부여하고 회신 서명을 송신한다. 그리고 마스터로부터 궤환 서명 수신대기 상태에 머무르며 정상수신여부를 체크한다. 타이머가 만료될 때까지 정상수신이 되지 않으면 지연타이머를 증가시키고 회신 서명을 재전송한다. 이와 같이 연속적으로 수신되는 지연값을 측정함으로써 새로운 채널의 품질을 측정할 수 있다. 이와 같이 연속적으로 수신되는 서명 수열로부터 채널의 품질평가를 수행하고 종료 메시지를 받으면 해당 채널의 측정을 종료한다.

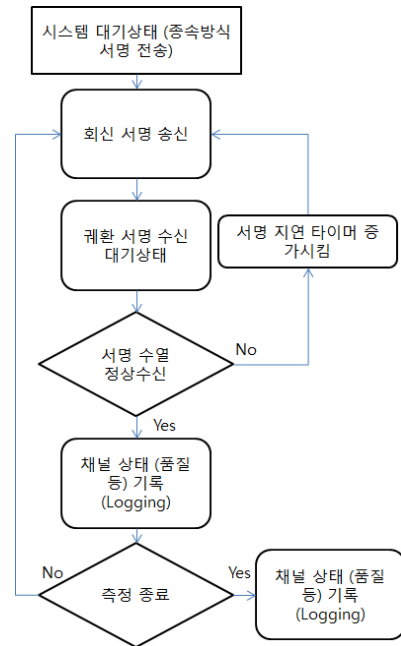


그림 2. 측정시스템의 동작과정 [종속 시스템]  
Fig. 2. Operation procedure of the measurement system [Slave]

### IV. 유사 환경에서의 측정 결과

신속하고 정확한 채널의 품질측정과 신뢰성 있는 동작을 검증하기 위해 설계한 시스템을 기반으로 선박 내와 유사한 층별 구조를 선택하여 건물 내에서 시스템을 설치하고 신호세기의 측정 등 특성 측정과정을 진행하였다. 그림 3에서는 다층구조의 건물 내 환경에서 지하 1층에 마스터 시스템을 위치시키고 일정한 전력(20 mW)으로 송신하였을 때, 종속 시스템에서의 신

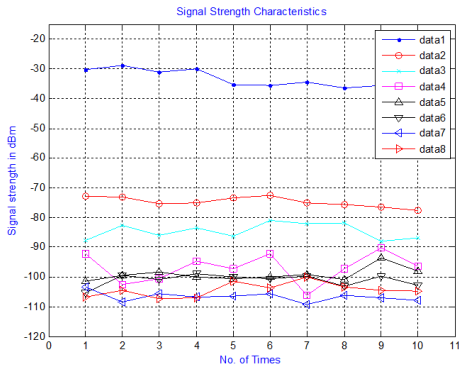


그림 3. 신호전달 특성의 측정  
Fig. 3. Measurement of signal propagation characteristics

호 크기만을 측정된 결과의 그래프이다. 그림에서 data1은 1층에서 측정된 신호의 세기로 dBm단위로 측정되었다. 그림에서 나타난 바와 같이 data6, data7, data 8등에 대한 상호 구분이 어려운 이유는 6층 이상의 신호가 건물 구조에 따른 신호세기의 변화의 범위 내에서 있기 때문이다. 층간 전파전달의 손실이 그림에서 보는 바와 같이 건물의 구조에 따른 영향으로 4층 이상에서는 신호의 크기가 매우 작았으며 전송에 따른 영향을 분석하는 것이 어려운 결과를 보여준다. 신호와 잡음이 합해진 수신세기가 작아졌으며 6층 이상의 높이에서는 잡음수준의 신호세기가 검출되므로, 마스터 시스템이 송신한 서명 수열을 수신한 종속 시스템은 역방향으로 해당 채널의 서명 수열을 회신하여 줌으로써 채널의 상태를 평가하는데 필요한 역방향 채널의 품질(지연시간) 측정에 필요한 메시지를 송신하게 함으로써 좀더 신뢰성 있는 측정이 가능하게 된다. 이는 기존의 측정시스템에는 없는 절차로 단방향으로 신호의 크기만을 측정하는 시스템에서 양방향 전송에 따른 신속한 메시지 수신절차를 도입할 수 있고 회신 서명을 전송함으로써 역방향의 품질을 측정하는 방안을 제시해 준다. 단순한 신호세기의 측정이나 양방향 측정에 비하여 실시간으로 채널의 변화가 일어나는 상황에서 좀더 정확하게 통계적 특성을 측정할 수 있고 이는 무수하게 많은 측정데이터를 수집하고 저장하여 통계적인 분석이 필요하다. 이러한 과정은 실제로 응용할 때 제한적으로 활용될 수 있다. 왜냐하면 단순한 경로손실과 다경로에 따른 신호의 크기 측정 또는 양방향 전송에 의한 품질측정은 실제 전송 메시지를 기반으로 세방향 측정한 채널 품질이 동시에 양방향 품질을 측정함으로써 좀더 실질적 활용에 적합하며 세방향 메시지 전송을 평가할 때 좀더 실질적인 측정수단을 제공할 수 있기 때문이다.

그림 4는 마스터 시스템에서 이전과 동일한 출력전력을 송출하고 세방향 서명 수열기반으로 마스터시스템과 종속 시스템 간에 송출된 서명 수열의 평균 수신시간을 측정된 결과를 보여준다. 그림에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 채널에서의 오류를 정정하는 채널 부호화(길쌈 부호, 구속 길이 7, 부호율 1/3 적용)함에 따라 세방향 수신시간이 매우 줄어들 것을 관찰 할 수 있다. 평균 세방향 측정시간이 5층의 높이에서 30ms로 매우 신속한 수열의 회신과 피드백 수열이 상호 교환 되었음을 확인할 수 있다. 각 층에서의 구조물의 배치 변화와 사람들의 이동에 따른 채널의 변화가 있음에도 불구하고 채널부호화에 따라 이와 같은 개선된 결과를 얻은 요인이 된 것으로 분석된다.

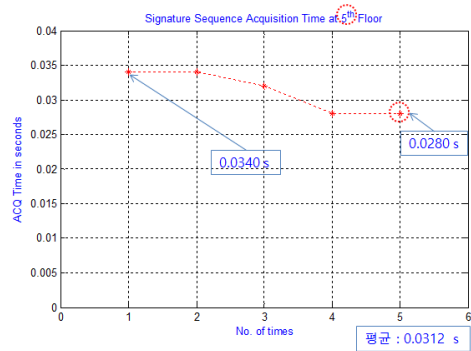


그림 4. 세방향 서명 수열기반 신호전달특성  
Fig. 4. Signal propagation characteristics of three way signature sequence based measurement system

## V. 결 론

이 논문에서는 서명 수열-세방향 패킷 방식기반의 선내 전파전달특성 측정을 위한 시스템을 설계하고, 구현을 통하여 실측한 데이터를 기반으로 특성을 분석하였다. 세방향 패킷 방식에서의 동작을 살펴보기 전에 기본시험 조건으로 다층 건물 내의 전파신호전달 특성을 우선적으로 측정하고 그 결과를 살펴보았다. 이러한 측정방법은 시간과 매 체류지점에서 일정한 데이터 수집에 소요되는 시간측면에서 비용 효율적이지 못할 뿐만 아니라 감지기 마디를 설치할 때 후처리 작업을 통하여 건물 내 무선환경 지도를 만들어야 한다. 따라서 이러한 신호전력수준의 측정보다 실제 환경에 적합한 신호전달특성을 측정할 수 있는 장점이 있는 세방향 패킷 방식기반의 선내 전파전달특성측정 시스템을 구성하여, 실제 배치를 위한 지점이 결정할 수 있으므로 선으로 연결이 어려운 선내 환경에 적합하게

할 수 있다. 향후 이러한 알고리즘기반의 시스템을 활용하여 좁더 선내 환경과 유사한 조건에서 신호수준의 측정을 하는 것이 필요하며 좁더 정확하고 신속한 채널품질의 측정이 기대된다. 또한 좁더 개선된 세방향 채널 품질의 수집이 가능한 알고리즘에 대한 추가적인 평가도 이루어 져야 할 것으로 기대한다.

김 정 호 (Kim, Jeong-Ho)

한국통신학회 논문지 37A권 11호 참조

## References

- [1] D. Pu and A. M. Wyglinski, *Digital Communication Systems Engineering with Software-Defined Radio*, Artech House, 2013.
- [2] P. M. Shankar, *Introduction to Wireless Systems*, Wiley, 2002.
- [3] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge, 2005.
- [4] T. S. Rappaport, *Wireless Communications - Principles and Practice*, 2<sup>nd</sup> Ed., Prentice Hall, 2002.
- [5] V. Tarokh, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Space time codes for high data rate wireless communications: performance criterion and code construction," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 44, pp.744-765, Mar. 1998.
- [6] J. Proakis, *Digital Communications*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1995.