

# 선박 및 실내 N-스크린 서비스를 위한 WPAN 프로토콜

허 경\*, 이 성 로°

## A WPAN Protocol for N-Screen Services in Indoor and Ship Area Networks

Kyeong Hur\*, Seong Ro Lee°

### 요 약

센서장비에 장착되는 무선통신 모듈은 선내 통합유무선 네트워크와의 원활한 연결을 위하여 무선 게이트웨이 기능을 수행하는 브릿지(bridge)를 통한 데이터 전송방식이 필요하다. 본 논문에서는 선박 및 실내 Seamless N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WPAN 프로토콜을 적용하고, P2P 스트리밍이 가능한 OSMU (One Source Multi Use) N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 그리드 기반 WPAN 네트워킹 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. 제안한 그리드 기반 WPAN 네트워킹 기술은 다중 경로 및 신속한 경로 설정이 가능한 N-스크린 통신을 지원한다. 제안한 방식을 시뮬레이션한 결과, 그리드 기반 WPAN 네트워킹 기술은 IEEE 802.15.4 기반 망 보다 전송지연시간 측면에서 우수한 성능을 나타내었다.

**Key Words** : Grid, N-screen, Ship integrated network, WPAN, Wireless bridge

### ABSTRACT

A wireless bridge is essential to transmit control and managing information to sensors or instruments from a central integrated ship area network station. In this paper, a WPAN protocol is adopted for development of a seamless N-screen wireless service in Indoor and Ship Area Networks. Furthermore, to provide the OSMU (One Source Multi Use) N-screen service through P2P streaming in the seamless WPAN protocol, a Grid-based WPAN networking technology is proposed and analyzed. The proposed Grid-based WPAN networking technology supports multi-path and fast path-setup functions for N-screen communications. The simulation results demonstrate that the proposed Grid-based WPAN networking technology outperforms the IEEE 802.15.4 based network in terms of N-screen transmission delay.

### I. 서 론

최근 국내에서는 ETRI와 현대중공업이 공동으로 스마트쉽을 만들기 위해 IT기반 선박용 통합모니터링

인프라 기술인 선박 네트워크(Ship Area Network)를 개발하고 있다<sup>1,2)</sup>. 선박용 부가 서비스 지원 선박 네트워크 구조기술은 선박 네트워크모델을 제시하고 선박 네트워크에 연결된 기관감시제어장치, 항해기록저

※ 본 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임(NRF-2014R1A1A205362 1) 또한, 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 융합고급인력과정지원사업(IITP-2015-H8601-15-1006)의 연구결과로 수행되었음

• First Author : Gyeongin National University of Education Department of Computer Education, khur@ginue.ac.kr, 종신회원

° Corresponding Author : Mokpo National University Department of Information & Electronics Engineering, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원  
 논문번호 : KICS2015-04-103, Received April 2, 2015; Revised June 11, 2015; Accepted June 11, 2015

장장치, 통합항해장치를 선박 내에서 통합적으로 모니터링을 가능하도록 한다. 그리고 육상에서는 인공위성을 통해 선박 내 IT기자재에 대한 원격제어가 가능하다. 이는 조선산업에 첨단 IT기술을 접목해 선박장치 통합제어를 기반으로 지능화 및 자동화된 항해정보 시스템을 개발하고 광대역 유무선 네트워크 및 각종 센서연동 기술을 기반으로 선박 항해를 실시간으로 모니터링해서 선박의 각종 센서 및 장치들을 원격에서 유지보수하고 제어할 수 있는 기술을 의미한다.

또한 선박의 표준네트워크는 International Electronics Committee (IEC)에서 IEC 61162-1, 2, 3, 4로 규정하고 있다. IEC 61162-1은 NMEA 0183 (National Marine Electronics Association)으로서 1980년대부터 주로 선박의 항해장비가 공통적으로 장착한 4,800bps의 single talker, single listener 시리얼 데이터 통신이며, IEC 61162-2는 NMEA 0183 High Speed 버전으로 38.4 kbps의 single talker, multi listener, 전기적신호는 RS422인 직렬통신이다. NMEA 2000은 multi-talk, multi-listen, multi master, PnP이며 물리계층은 CAN 2.0B를 사용하고 IEC 61162-3으로 표준화되어 선박에서는 200m, 250 kbps를 사용한다. NMEA 2000은 SAE J 1939 (Society of Automotive Engineers)의 single packet와 multi packet외에 fast packet 프로토콜을 추가하여 선박에서 실시간으로 제어하여야 하는 instrument level network에 맞도록 수정하였다. 또한 IEC 61162-4는 ethernet base의 MiTS(Maritime Information Technology Standards) 프로토콜로서 노르웨이에서 시작한 것으로 shipboard control network의 표준으로 사용하고 있다<sup>[3]</sup>.

N-스크린이란 공통된 운영체제를 탑재한 다양한 단말기에서 공통된 콘텐츠를 끊임없이 이용할 수 있는 서비스를 의미한다. 초기에는 하나의 콘텐츠를 다수의 기기에서 연속적으로 볼 수 있는 OSMU (One Source Multi Use) 서비스로 한정되었으나, 최근에는 콘텐츠를 중심으로 다양한 정보를 인터랙티브하게 접할 수 있는 ASMD (Adaptive Source Multi Device) 서비스를 N-스크린 서비스의 최종 목표로 한다. 즉, N-스크린 서비스는 다양한 이동성, 스크린 크기, 화질 등의 특성을 갖는 단말에서 직렬적인 사용자 활동을 끊임없이 지원할 뿐만 아니라, 병렬적인 사용자 활동을 위한 서로 다른 스크린 단말간의 서비스의 분할 및 결합 등의 상호작용을 통해 방송, 통신 그리고 웹이 융합된 새로운 서비스를 제공하는 것까지 포함한다<sup>[4]</sup>.

WPAN의 저전력 프로토콜인 802.15.4는 낮은 데

이터 전송률, 저 전력, 저가격의 어플리케이션을 지원하고, 신뢰도 또한 높다<sup>[5]</sup>. 하지만, 802.15.4는 표준화 작업이 마무리 되지 얼마 되지 않기 때문에 네트워크의 확장과 연결성에 있어서 미흡한 점이 많다. 시장에서 소비자의 욕구와 어플리케이션의 다양화로 인해 네트워크의 확장은 피할 수 없으며 확장함에 따른 강인하고 효율적인 토폴로지관리는 필수적이다. 802.15.4는 기본적으로 트리 방식의 네트워크를 따르기 때문에 Load balancing의 어려움과 떨어지는 강인성 그리고 1:N 통신에 적합하지만 단대단 통신에는 적합하지 않은 문제점 등을 가진다. 때문에 WPAN을 위한 802.15.4와 같이 높은 에너지 효율을 가지면서 단대단 통신에 적합하고 Load balancing이 가능하며 높은 강인성을 가지는 새로운 네트워크의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 선박 및 실내 Seamless N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WPAN 프로토콜을 적용하고, P2P 스트리밍이 가능한 OSMU N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 그리드 기반 WPAN 네트워킹 기술을 제안하고 성능을 분석하였다<sup>[6]</sup>. 제안한 그리드 기반 WPAN 네트워킹 기술은 다중 경로 및 신속한 경로 설정이 가능한 N-스크린 통신을 지원한다. 본 논문의 2장에서는 그리드 기반 WPAN N-스크린 네트워킹 기술을 제안하고, 3장에서는 제안된 프로토콜을 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 그리드 기반 WPAN N-스크린 네트워킹 기술

N-스크린 서비스 네트워크를 비용 효율적으로 끊임없이 구성하는 기술로는 그림 1과 같은 P2P 스트리밍 기술이 주로 사용되고, 서비스 영상이 중단되지 않도록 하기 위해서는 적응형 스트리밍 기술이 주로 사용된다. P2P 스트리밍 기술은 서비스를 받는 모든 기기들이 서비스 서버에서 콘텐츠를 전송받지 않고, 서비스 받을 콘텐츠를 가진 근접한 사용자 클라이언트로부터 전송받는 기술이다. 사용자의 기기 자원과 네트워크를 사용한다는 단점이 있으나, 서비스 서버의 부하와 네트워크 비용을 경감시켜 더욱 좋은 화질의 서비스를 제공하는 측면에 기여한다. 또한 대부분의 P2P스트리밍 기술은 사용자의 자원 정도를 사전에 측정하기 때문에 사용자가 자신의 기기를 사용하는 데에도 지장을 주지 않는다. 적응형 스트리밍 기술은 서비스 이용 환경, 즉, 가용 네트워크 대역폭, 기기의 성능 등을 확인하여 사용자가 매끄럽게 서비스를 받아

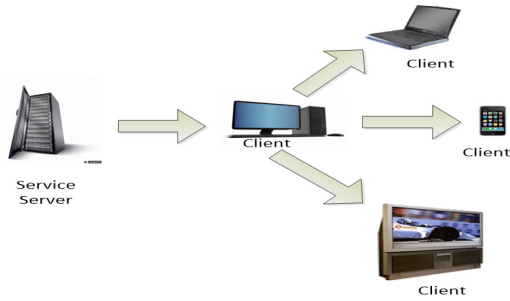


그림 1. P2P 기반 스트리밍 N-스크린 서비스  
Fig. 1. P2P-based streaming for N-Screen Service

볼 수 있도록 가변적인 화질을 전송하는 기술이다<sup>4)</sup>. 기존의 선내 유선네트워크와 NMEA 네트워크의 구성은 그림 2와 같이 선내 제어 네트워크, 즉 이더넷 기반의 MiTS에 게이트웨이가 연결되어있고, 그 하부에는 각 장치들이 연결되어 있는 NMEA 장치네트워크로 구성되어진다<sup>1-3)</sup>. 본 논문에서는 그림 2의 게이트웨이가 무선화된 환경에서 하위 무선 NMEA 장치네트워크를 제안하는 그리드 기반 ERGP (Energy efficient, Robust Grid based WPAN)으로 구성하고자 한다. 그림 2와 같이 ERGP N-스크린 무선 브릿지는 선내 제어유선네트워크의 게이트웨이역할을 수행하는 ERGP PNC(piconet network coordinator), 각 장치들에 부착된 ERGP 디바이스로 구성되고, 경우에 따라 인프라 노드를 추가하여 보다 효율적이고 안정적인 네트워킹을 보장할 수 있다. ERGP 디바이스는 장치들을 비롯한 기타 정보전송이 필요한 장치들로부터 관련 정보를 수집하고 이를 무선 브릿지에 전달한다. 특히 ERGP 디바이스와 무선 브릿지간의 신속하고 신뢰성 있는 다중 경로 통신이 보장되어야 하고, 경우에 따라 대량의 정보를 전송하는 것도 가능해야 한다.

ERGP 통신방식을 활용한 N-스크린 무선 브릿지의 경우, 이에 대한 국제 규격이 별도로 존재하지 않는

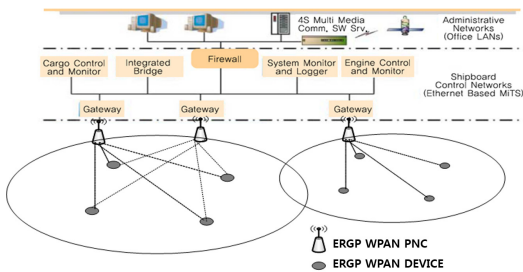


그림 2. ERGP 기술을 활용한 선내 유무선네트워크(SAN)  
Fig. 2. Ship Area Networks using ERGP WPAN

실정이고, 구현 환경에 따라 서로 다른 프로토콜이 적용될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 WPAN 규격을 활용하며 보다 신속하고 다중경로 설정이 가능한 MAC 프로토콜을 선택하였으며, N-스크린 무선 브리지로서의 노드간의 계층구조는 그림 3과 같다. 제안하는 그리드 기반 WPAN은 ERGP로 명명한다. LR-WPAN(Low-rate WPAN)에서는 에너지 제한적인 측면이 가장 큰 문제로 두각 되고 있다. 이를 해결하고자 그리드 기반으로 네트워크를 형성하고 동기화함으로써 신속하고 N-스크린 다중경로 설정이 가능하도록 하였다. ERGP는 전체 네트워크를 동기화하여 N-스크린 전송지연시간의 많은 부분을 차지하는 Idle listening, Over hearing 그리고 패킷 간 충돌 요소들을 제거함으로써 N-스크린 전송지연시간을 감소시켰다.

그림 4는 ERGP의 네트워크 구조를 나타낸다. 네트워크를 구성하는 노드들은 PC(Pan Coordinator), NN(Non-Overlapping Node), ON(Overlapping Node) 그리고 LN(Leaf Node)이 있으며 각각의 기능은 다음과 같다. PC(Pan Coordinator)는 전체 네트워크의 토폴로지를 관리하며 네트워크에 참여하는 노드에게 주소와 타임슬롯을 할당한다. 때문에 PC는 메모리, 프로세스 그리고 전력 등의 자원이 무한하다. PC를 제외

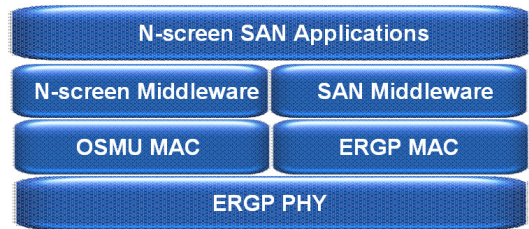


그림 3. ERGP 기술을 활용한 N-스크린 무선브릿지 구조  
Fig. 3. N-screen wireless bridge structure using ERGP

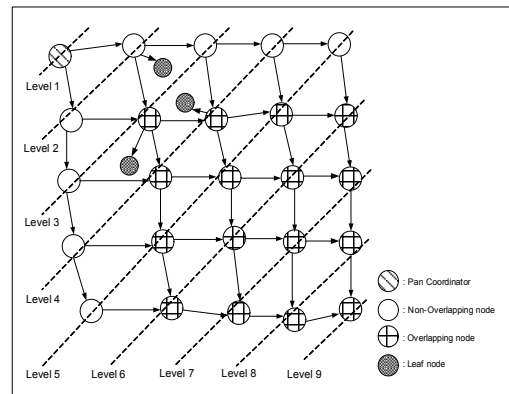


그림 4. ERGP 네트워크의 토폴로지와 구조  
Fig. 4. ERGP Network topology structure

한 나머지 노드들은 건전지 구동의 제한된 하드웨어를 가지며 다른 노드들과 중첩되지 않는 한 타임 슬롯을 PC에게 할당 받는다. 각 노드는 자신의 슬롯에서는 항상 깨어나 이웃 노드로부터의 데이터를 수신하며 자신과 이웃하는 노드에게 전송이 필요할 때에는 이웃 노드의 슬롯에 깨어나 전송을 한다. 나머지 슬롯 구간에서는 Sleep함으로써 에너지를 절약한다.

이러한 동작이 가능하기 위해서는 전체 네트워크의 동기화가 필요하며 이는 PC로부터의 비컨 메시지 릴레이를 통해 이루어진다. Beacon 메시지는 자신의 슬롯의 시작부분에서 방송하게 된다. 그림 4에서 화살표의 방향은 Beacon 메시지의 릴레이 방향이며 Level 1은 PC에게 Level n+1은 Level n에게 동기를 맞추는 것을 알 수 있다. ON은 Level n+1(n>=1) 노드들 중에 Level n의 두 노드에게 비컨 메시지를 받는 노드이며, NN은 한 개의 노드에게 비컨 메시지를 받는 노드이다. 그리고 그리드가 이미 형성된 지역 중간에 네트워크에 참여한 노드를 LN이라 한다. 그리드 기반 WPAN N-스크린 네트워킹 형성 단계에는 크게 3가지 단계가 있다. 동기를 맞추는 노드를 선택하고 자신의 슬롯과 주소를 할당 받는 Initialization 단계, 동기를 맞추어 네트워크에 참여하는 Synchronization 단계 그리고 네트워크에 참여하여 데이터 송수신을 하는 Transmission 단계가 해당된다. 한 노드가 N-스크린 네트워크에 참가하기 위해서는 동기화에 참여하여야 하며, 그전에 동기 맞추는 노드를 선택해야 한다. 모든 노드는 유일한 아이디를 가지고 있으며 네트워크에 참여한 후에는 PC로부터 할당 받는 네트워크 주소를 사용한다.

N-스크린 네트워크에 참여하기 위해 노드는 초기에 Initialization 단계에 들어간다. Initialization 단계에 있는 노드는 한 Superframe 기간 동안 Listening 하며 수신되는 모든 비컨 메시지에 Association Request 메시지로 응답한다. 이때 Association Request 메시지의 충돌이 발생할 수 있으므로 비컨 메시지를 수신하고, Random 시간을 기다린 후 Association Request 메시지를 송신한다. 이런 컨트롤 메시지의 송수신은 Synchronization slot 내에서 완료되어야 한다. Association Request 메시지는 비컨 메시지를 수신하였을 때의 RSSI(Received Signal Strength Indication) 값과 자신의 아이디를 포함하며 비컨 메시지를 방송한 노드에게 전송된다.

자신이 방송한 비컨 메시지에 대한 Association Request 메시지를 수신한 노드는 메시지를 수신하였을 때의 RSSI 값과 Association Request 메시지에 포

함된 RSSI 값의 평균을 Association Relay 메시지에 포함시킨 후 PC에게 전송한다. 이렇게 두 노드의 쌍 방향 RSSI 값을 모두 측정하는 이유는 한 무선 링크의 쌍 방향 상태가 서로 같지 않을 수 있기 때문이다. 노드가 두 개 이상의 Association Request 메시지를 수신했을 때는 각 메시지를 한 개의 Association Relay 메시지로 합쳐 PC에게 전송한다. PC는 Association Relay 메시지가 포함하고 있는 RSSI값과 Association Relay 메시지를 송신한 노드의 정보를 바탕으로 네트워크에 참여하려는 노드에게 적절한 슬롯, 주소 그리고 동기를 맞추는 노드 등을 Association Response 메시지에 포함하여 전달한다. 그림 5는 Initialization 단계에서 각 메시지들의 이동경로를 표현하고 있다. A와 B는 이미 네트워크에 참여하여 비컨 메시지를 방송하는 노드이며, C와 D는 네트워크에 참여를 시도하는 노드이다. 각 화살표는 메시지의 이동, 숫자는 그 메시지의 발생하는 순서를 나타낸다. 노드 C는 노드 A의 라디오 전파 범위 안에 있어 노드 C로부터 비컨 메시지를 받으며 노드 D는 노드 A와 B 모두의 라디오 전파 범위 안에 있기 때문에 두 노드 모두에게 비컨 메시지를 받는다. 비컨 메시지를 받은 노드 C, D는 각 비컨 메시지를 방송한 노드에게 Association Request 메시지를 보내 네트워크 참여를 시도하며, Association Request 메시지를 받은 노드 A, B는 정보를 합쳐 PC에게 Association Relay 메시지를 전송한다. Association Relay 메시지를 받은 PC는 주소, 슬롯, 동기 맞추는 노드 등의 정보를 Association Response 메시지에 포함하여 노드 C, D에게 전달한다. 결국 노드 C는 Non-overlapping 노드가 되고 노

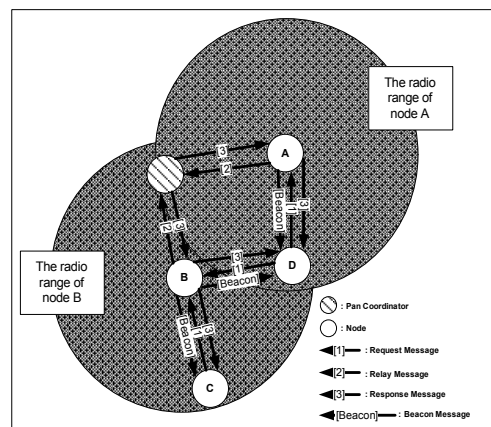


그림 5. Initialization 단계에서의 컨트롤 메시지 흐름  
Fig. 5. Control message flow at the initial state

드 D는 Overlapping 노드가 되는 것을 알 수 있다.

ERGP은 그리드 기반의 N-스크린 네트워크로 PC가 모든 토폴로지를 관리한다. 이 때문에 PC는 노드가 네트워크에 참여할 때 네트워크 상황에 따라 동기 맞추는 노드를 결정하고 적절한 주소와 슬롯을 부여해야 한다. 슬롯은 이용 가능한 슬롯들 중에 그 숫자가 가장 작은 것부터 순서대로 할당된다. 동기 맞추는 노드의 선정과 네트워크 주소 할당 방법은 그림 6과 같다.

그림 6은 ERGP에서의 주소 할당 방식을 보여준다. PC를 기준으로 가로 방향이 X축 세로 방향은 Y축이며, 각 노드의 주소는 PC [0,0]에서 X축 Y축 각각의 방향으로 떨어진 홉의 수를 나타낸다. 예를 들어 [x1,y1]주소를 가지는 노드는 PC로부터 X축 방향으로 x1홉, Y축 방향으로 y1홉만큼 떨어져 있다는 것을 의미한다. 즉 노드의 주소는 상대적인 위치 정보를 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 실질적인 노드의 배치는 그림과 다르지만 노드들이 조밀하게 배치되어 있다면 충분히 가능한 토폴로지 형태이다.

자세한 네트워크 주소 할당 방법은 Level 1에서 초기에 PC가 자신에게 접속을 시도하는 노드들 중 RSSI값이 가장 좋은 두 개를 선택해 [1,0]과 [0,1]를 부여하고 두 노드는 네트워크에 참여한다. Level 2에서는 [1,0], [0,1] 두 노드 모두에게 비콘 메시지를 듣고 Association Request 메시지를 보낸 노드들 중 RSSI 값이 가장 좋은 노드를 Overlapping Node [1,1]로 결정한다. [1,1]를 결정한 후에 [1,0]노드와 [0,1]노드에 접속 시도 한 노드들 중 RSSI 값이 좋은 노드를 각각 선택하여 Non-Overlapping Node인 [2,0]과 [0,2]를 부여한다. Level n (n>1)에서는 Level n-1의 두 노드인 (x,y),(x+1,y-1) 노드 모두에게 비콘 메시지를 듣고 Association Request 메시지를 보낸 노드들

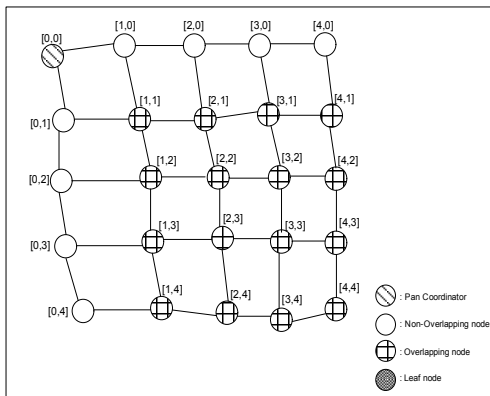


그림 6. 네트워크 주소 할당 방식  
Fig. 6. Assignment of network addresses

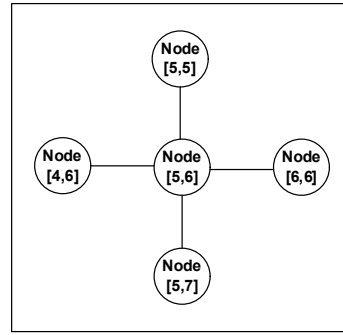


그림 7. 네트워크 노드의 연결 상태  
Fig. 7. ERGP connected nodes

중 RSSI값이 가장 좋은 노드를 Overlapping Node인 (x+1,y)로 결정한다. Level n의 Overlapping Node가 모두 선택되면 Non-Overlapping Node를 결정한다.

초기에 노드는 Initialization 단계로 들어가 한 Superframe 기간 동안 수신되는 비콘에 대해 Association Request 메시지를 보낸다. Super frame기간이 지나면 각 노드는 Synchronization 단계에 들어가 PC로부터의 응답(Association Response 메시지)을 기다린다. 응답을 기다리는 시간은 Superframe 기간과 자신이 Association Request 메시지를 보낸 노드가 속한 Level에 따라 달라지게 되며, 그 시간을 초과하면 노드는 다시 Initialization 단계로 들어가게 된다. 노드가 만기시간 안에 Association Response 메시지를 수신하면 바로 네트워크에 참여한다. 이때 노드는 Association Response 메시지를 참조하여 동기 맞추는 노드에게 비콘을 들어 동기화 하며 자신의 슬롯에 깨어나 비콘 메시지를 방송함으로써 아직 네트워크에 참여하지 못한 노드들에게 참여 기회를 주게 된다.

노드가 Synchronization 단계에서 Association Response 메시지를 수신하여 N-스크린 네트워크에 참여하게 되면 Transmission 단계에 들어가게 된다. 노드는 이 단계에서 네트워크 동기화를 이루는 동시에 패킷의 송수신이 가능하게 된다. 한 슬롯은 5개의 Sub 슬롯을 포함한다. 노드는 한 이웃 당 한 개의 sub 슬롯을 차지하도록 하여 이웃 노드들이 자신에게 패킷을 송신할 때 충돌을 피하도록 한다. 이 프로토콜에서 한 노드가 가질 수 있는 이웃의 최대 수는 Leaf 노드를 포함해서 총 5개이다. 각 이웃 노드들이 sub 슬롯을 선택하는 기준은 이웃 노드의 위치에 있다. 주소가 <x,y>인 노드가 가질 수 있는 이웃 노드는 <x-1,y>, <x+1,y>, <x,y+1>, <x,y-1>이며 <x,y>노드 슬롯내의 Sub슬롯은 각 이웃 노드가 선택하게 된다.

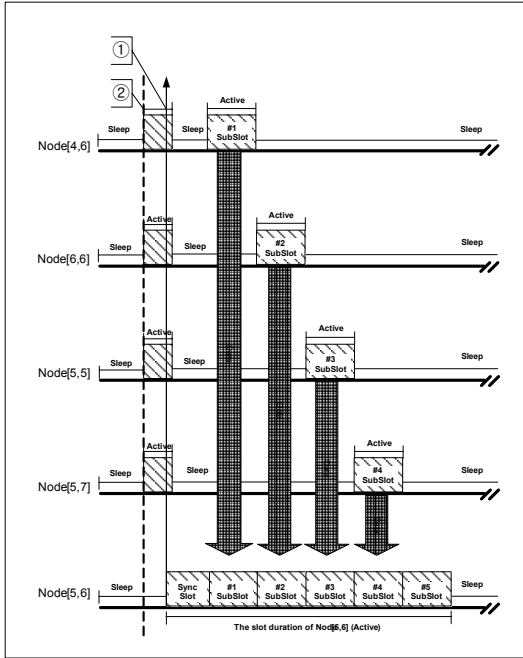


그림 8. N-스크린 Transmission 단계에서의 노드간 통신  
Fig. 8. ERGP connected nodes

예를 들어  $\langle x-1, y \rangle$  노드가 자신의 이웃인  $\langle x, y \rangle$  노드 슬롯에서 자신의 Sub슬롯을 선택할 때에는,  $X_d = x - (x - 1) = 1$ ,  $Y_d = y - y = 0$  이므로 Sub 슬롯 1번을 선택하고 이에 맞추어 패킷을 송신한다. 그림 8은 한 노드와 그 이웃 노드들이 그림 7과 같을 때 Sub슬롯 할당과 그들 사이의 통신 상황을 보여준다. 위에 설명한 바와 같이 Node[5,6]의 이웃 노드들은 각각 Node[5,6] 슬롯내의 서브슬롯을 자신의 위치에 따라 선택하여 Node[5,6]으로의 패킷 송신 시 충돌을 피하고 있다. Node[5,6]에 보낼 패킷이 있는 이웃 노드들은 Node[5,6]의 생존 여부를 알고 정확한 동기를 맞추기 위해 비콘 메시지를 들은 후 자신의 Sub 슬롯에서 깨어나 패킷을 전송한다. 이때 그림 8과 같이 이웃 노드들은 안정적으로 비콘을 수신하기 위해 실제 비콘 방송 타이밍(1번 화살표)보다 좀더 일찍 깨어난다는 것(2번 점선)을 알 수 있다.

### III. 시뮬레이션결과 및 분석

그리드 기반 ERGP N-스크린 네트워크는 NS-2.29 (Network Simulator)을 통해 제작하여 성능 분석하였다. ERGP의 성능을 검증하기 위한 비교대상으로 MAC은 802.15.4를 사용하였으며 라우팅 프로토콜로

는 ZBR(ZigBee Routing)을 사용하였다. ZBR은 802.15.4MAC을 위한 라우팅 프로토콜이다. 성능 분석 비교는 최초에 같은 에너지를 가진 노드들이 필드에 뿌려지게 되고, 자체구성을 통해 상호간의 연결, 라우팅을 위한 경로를 찾게 된다. 그리고 모든 노드들은 항상 고정되어 있다고 가정하며, 네트워크를 이루는 노드의 수와 트래픽을 발생시키는 노드의 수에 변화를 주며 성능을 분석하였다. 그림 9에서는 시뮬레이션 상에서 가로 150m, 세로 150m인 필드에 80개의 노드가 설치되었을 때의 환경을 나타내고 있다.

선박 및 실내 무선 N-스크린 성능을 측정하기 위해, ERGP PC가 N-스크린 비디오 데이터를 ERGP 디바이스들에게 브로드캐스팅하는 시나리오를 적용한다. 본 시뮬레이션 결과는 50회 수행하여 평균을 취한 값들이며, ERGP PC가 N-스크린 비디오 데이터를 전송하고 수신측 ERGP 디바이스들이 해당 비디오 데이터를 녹화하는 어플리케이션 시나리오를 적용한다. 사용자는 임의의 시간에 ERGP 디바이스 내 셋탑박스를 켜고 해당 어플리케이션을 시작한다. N-스크린 비디오 데이터 소스는 MPEG-4 포맷을 사용하고, Real-Time Transport Protocol (RTP)을 적용한다. 표 2는 N-스크린 비디오 데이터 소스의 token bucket TSPEC을 나타낸다<sup>4-7)</sup>.

패킷 전송 지연 측면에서의 N-스크린 비디오 데이터 성능 분석을 실시한다. 전송 지연은 ERGP PC가 패킷을 전송하여 성공적으로 도착하였을 때까지 걸린 시간을 기준으로 측정하였다. ERGP PC와 목적지 ERGP 디바이스의 토폴로지상의 위치에 따라 어느 한 알고리즘에 유리한 결과를 가져올 수 있으므로 ERGP

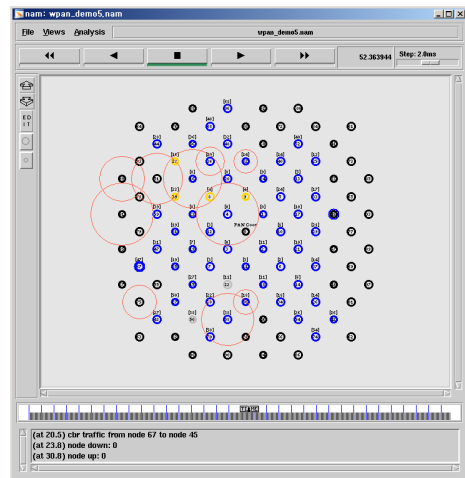


그림 9. 시뮬레이션 수행 환경  
Fig. 9. ERGP Simulation Environment

표 1. ERGP 시뮬레이션 설정 변수 값  
Table 1. Parameter values in ERGP

Transmission Range	12 m
Distance between nodes	10 m
Field Size	150 m * 150 m
RF module RX current	19.7 mA at 3.3V
RF module TX current	17.4 mA at 3.3V
RF module IDLE current	0.426 mA at 3.3V
BO (802.15.4)	5
SO (802.15.4)	1
Duty cycle	0.0625
Simulation Time	5000 sec
Number of nodes	9 ~ 100
Number of Traffic Sources	1 ~ 10

표 2. N-스크린 비디오 소스 파라미터  
Table 2. Parameter values of N-screen video sources

Mean Data Rate	4.13 Mbps
Peak Data Rate	14.8 Mbps
Maximum Burst Size	131350 bytes
Maximum Packet Size	1490 bytes
Maximum allowable delay	64 ms

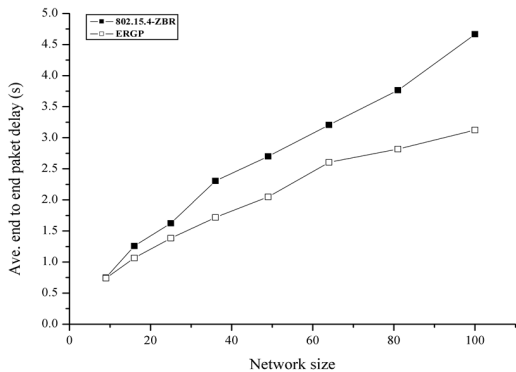


그림 10. 네트워크 크기에 따른 평균 N-스크린 비디오 데이터 전송 지연 시간  
(전체 표준편차 : 802.15.4-ZBR=0.084sec, ERGP=0.078sec)  
Fig. 10. Average N-screen video data transmission delay according to network size  
(Total STD : 802.15.4-ZBR=0.084sec, ERGP=0.078sec)

PC와 목적지 ERGP 디바이스는 랜덤하게 선택되었으며 많은 실험을 통해 그 평균값들을 얻어내었다. 그림 10은 네트워크를 구성하는 노드 수의 증가에 따른 패킷의 평균 전송 지연 시간을 나타내고 있다.

그림 11에서 두 알고리즘은 네트워크 크기가 커짐에 따라 평균 전송 지연의 격차가 점점 커져 100개일 때에는 1.5초 가량의 차이를 보이고 있다. 이는 802.15.4-ZBR 가 트리 기반이기 때문에 가지는 문제

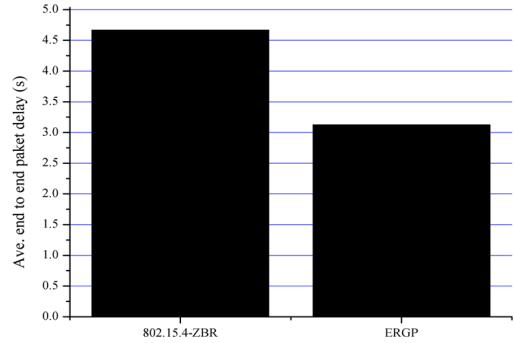


그림 11. N-스크린 패킷 평균 지연 시간 비교 (네트워크 크기 = 노드 100개, 전체 표준편차 : 802.15.4-ZBR=0.084 sec, ERGP=0.078sec)  
Fig. 11. Average N-screen packet transmission delay comparison at network size with hundred nodes (Total STD : 802.15.4-ZBR=0.084sec, ERGP=0.078sec)

점인 소스와 목적지 사이의 경로가 유일한 점과 Load Balancing이 불가능한 점이 그 원인이다. 하지만 ERGP는 그리드 기반의 네트워크로 소스와 목적지 사이 멀티 패스가 존재하며 Load Balancing이 가능하기 때문에 802.15.4-ZBR보다 우수한 N-스크린 비디오 데이터 전송지연시간 성능을 보이고 있다. 네트워크 크기가 증가함에 따른 전송 지연의 증가율은 ERGP가 802.15.4-ZBR에 비교하여 적으며, 이는 ERGP가 N-스크린 네트워크 확장에 더 유리하다는 것을 의미한다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 선박 및 실내 Seamless N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, ERGP WPAN 프로토콜을 적용하고, P2P 스트리밍이 가능한 OSMU N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 그리드 기반 ERGP 네트워킹 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. 선박에서는 유선네트워크의 게이트웨이가 무선화된 환경에서 하위 무선 NMEA 장치네트워크를 제안하는 그리드 기반 ERGP로 구성하였다. 제안된 그리드 기반 ERGP 네트워킹 기술은 802.15.4 기반의 네트워크와 비교하여, 다중 경로 및 신속한 경로 설정이 가능한 N-스크린 통신을 지원하여 네트워크 노드가 100개 정도에서 평균 지연시간을 33% 정도 감소시키는 성능을 나타내었다. ERGP는 선박 내에서 그리드 토폴로지를 형성해야 하고, 선박 내 특성을 고려하여 이동성 또한 고려하지 않는 N-스크린 서비스 환경 하에 적용시킬 경우 효율적이다.

References

- [1] S. Park and S. R. Lee, "Marine disasters prediction system model using marine environment monitoring," *J. KICS*, vol. 38C, no. 3, pp. 263-270, Mar. 2013.
- [2] S.-H. Lee, J.-H. Kim, K.-D. Moon, K. Lee, and J. H. Park, "Performance analysis on integrated ship area network," *J. KICS*, vol. 38C, no. 3, pp. 247-253, Mar. 2013.
- [3] O.-S. Park and J.-M. Ahn, "Implementation algorithms and performance analysis of maritime VHF data system based on filtered multi-tone modulation," *J. KICS*, vol. 38C, no. 3, pp. 254-262, Mar. 2013.
- [4] C. Yoon, T. Um, and H. Lee, "Classification of N-Screen services and its standardization," in *Proc. IEEE ICACT*, pp. 597-602, Feb. 2012.
- [5] IEEE P802.15.4/D18, *Draft Standard : Low Rate Wireless Personal Area Networks*, Feb. 2003.
- [6] K.-I. Kim, "Adjusting transmission power for real-time communications in wireless sensor networks," *J. Inf. Commun. Convergence Eng. (JICCE)*, vol. 10, no. 1, pp. 21-26, Mar. 2012.
- [7] W.-Y. Shin, "Performance evaluation of parallel opportunistic multihop routing," *J. Inf. Commun. Convergence Eng. (JICCE)*, vol. 12, no. 3, pp. 135-139, Sept. 2014.

허 경 (Kyeong Hur)



1998년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업  
 2000년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사  
 2004년 8월 : 고려대학교 전자공학과 공학박사  
 2004년 8월~2005년 8월 : 삼성종합기술원(SAIT) 전문연구원

2005년 9월~현재 : 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수  
 <관심분야> 유무선통신시스템설계, 상황인지기술, 정보과학교육

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 공학사  
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사  
 1996년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사  
 1997년 9월~현재 : 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수  
 <관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템