

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.5.17

JIIBC 2013-5-3

ISO/IEC 29157 표준 MAC 프로토콜 개선 연구

A study on improvement of ISO/IEC 29157 MAC protocol

차봉상*, 정의훈**, 전광일**, 서대영**

Bong-Sang Cha, Eui-Hoon Jeong, Gwangil Jeon, Dae-Young Seo

요약 ISO/IEC 29157 표준은 대한민국에서 독자적으로 개발되어 상용화된 피코캐스트1.0 기술에 기반하며, 2010년 5월에 ISO/IEC JTC1 SC6에 의해서 국제표준으로 등록되었다. 개발 단계부터 단일 플랫폼으로 다양한 응용분야와 다양한 미디어 형식에 대한 지원을 목표로 개발되었다. ISO/IEC 29157 기반의 무선통신망, 즉 Pico-net은 마스터 노드가 주기적으로 송출하는 동기신호에 다수의 슬레이브 노드가 동기화되어 통신을 하는 주종관계 구조를 가진다. 또한 Pico-net은 다양한 네트워크 토폴로지를 지원하고 노드들 간의 직접통신(단일-홉 통신)을 지원하며 서비스품질 보장이 가능하다. 그러나 이러한 구조는 무선망 내의 노드 이동에 따른 통신두절 문제, 이로 인한 노드의 이동성 제한 문제 그리고 무선망 운용 범위가 통상적인 무선망 운용범위의 1/4 이하로 축소되는 문제를 노출하였다. 본 논문에서는 다중-홉(멀티-홉) 통신 기술과 노드들 간의 동기신호 전달 기술을 적용하여 앞서 언급한 문제들에 대한 해결 방안을 제시하였다. 마지막으로 ISO/IEC 29157 표준의 추가적인 개선방향에 대해서 제시하였다.

Abstract ISO/IEC 29157 originally developed in the Republic of Korea and is based on commercially available PicoCast v1.0. ISO/IEC JTC1 SC6 was registered by the international standard on May 2010. A single platform for a variety of applications and media formats to support development objectives were. ISO/IEC 29157 based wireless networks, ie, Pico-net to master node periodically transmit sync signal is synchronized to the number of slave nodes have the communications structure. Pico-net also supports a variety of network topologies and direct communication between nodes(single-hop communication) and QoS is guaranteed. But Pico-net network structure has the following problems. Loss of communication problems due to mobile nodes, resulting in limitations of node mobility and wireless network operation range of conventional wireless networks operating range less than 1/4 was reduced to the problem. In this paper, a possible solution to the problems mentioned is proposed, using multi-hop communication technology and sync signal transmission technology between nodes.

Key Words : ISO/IEC 29157, PicoCast, Multi-hop, Synchronization, Wireless

1. 서론

본 논문에서 개선하고자 하는 ISO/IEC 29157 표준은 대한민국에서 독자적으로 개발되어 상용화된 피코캐스트(PicoCast) 1.0 기술에 기반하고 있으며, Bluetooth,

Zigbee, 그리고 무선 LAN 같은 근거리 무선통신 기술의 한 종류이다. 개발 단계부터 특정 응용분야를 목표로 하지 않고 단일 플랫폼으로 다양한 응용 분야와 다양한 미디어 형식에 대한 지원이 가능한 범용 무선통신망 구축을 목표로 개발된 근거리 무선통신 기술이다.

*정회원 : (주)우리별 제2연구소

**정회원 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부

접수일자 : 2013년 9월 30일, 수정완료 : 2013년 10월 10일

게재확정일자 : 2013년 10월 11일

Received: 30 September, 2013 / Revised:10 October, 2013

Accepted: 11 October, 2013

*Corresponding Author: bscha@daum.net

R&D Center/Research #2, Wooribyuul Co., Ltd, Korea

ISO/IEC 29157 표준은 광범위한 응용분야별로 서로 다른 기술적 요구 사양을 충족하기 위한 범용 근거리 무선통신망 구축을 위해 최대한 단순화된 서비스 셀(Cell) 구조를 가지게 설계 되었다. 이런 단순화된 구조로 인하여 다른 근거리 통신 대비 서비스 셀 공간의 축소 및 노드의 이동과 이동 장애물에 의한 예측 불가능한 통신 두절 문제를 노출하였다.

본 논문에서는 ISO/IEC 29157 표준의 무선통신망에 멀티-홉(Multi-hop) 통신 기술과 노드들 간의 동기신호(Sync signal, Beacon) 전달 기술을 현 표준의 MAC 프로토콜에 추가 적용하여 현 표준이 가지고 있는 근원적인 기술적 문제들에 대해 그 해결 방안을 제시하고자 한다. 이런 개선의 결과로 ISO/IEC 29157 표준의 개발 목표인 범용 무선통신망 구축을 더욱 완벽하게 달성할 수 있게 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ISO/IEC 29157 표준의 개발 배경, 표준화 목적 및 일정에 대한 소개 및 표준안의 기술적 개용에 대해서 정리 하였다. 3장에서는 2장에서 소개한 ISO/IEC 29157 표준에 내포된 근원적 문제들에 대해서 언급하였다. 4장에서는 3장에서 언급한 ISO/IEC 29157의 문제들에 대한 기술적 개선 방안을 MAC 프로토콜을 중심으로 제안하고 이를 현 표준에 적용하여 구현하는 방법에 대해서 정리하였다. 5장에서는 제안한 ISO/IEC 29157 표준 개선 방안을 정리하였고, 향후 추가적인 개선이 필요한 부분과 표준 기술의 연구방향에 대해서 정리 하였다.

II. ISO/IEC 29157 표준 소개

1. ISO/IEC 29157 표준화 개요

International Standard ISO/IEC 29157:

Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - PHY/MAC specifications for short-range wireless low-rate applications in the ISM band -

위의 표준화 제목에서 파악할 수 있듯이, ISO/IEC 29157 표준은 산업·과학·의학용(Industry, Science, Medicine, ISM) 대역에서 근거리(반경 수십 미터 이내) 저속(1Mbps 이하) 저 전력으로 멀티미디어 데이터를 단일 플랫폼으로 송수신이 가능한 무선통신망 구축에 폭넓게 적용할 수 있는 범용 무선통신 표준으로, 물리 계층

(Physical Layer, PHY) 및 매체접근제어(MAC) 프로토콜에 대해 정의하고 있다.

ISO/IEC 29157 표준은 대한민국에서 독자적으로 개발된 기술이며, 초기에는 “Binary CDMA”란 이름으로 소개되었었다. 그 후 “피코캐스트(PicoCast)”란 이름으로 발전하여 다수의 한국정보통신기술협회(TTA) 표준으로 등록 되었으며^[1-6], ISO/IEC 29157은 피코캐스트 1.0 기술을 기초로 작성되고 ISO/IEC JTC1 SC6 에 의해 2010년 5월 국제표준으로 확정 되었다. 현재 피코캐스트 2.0 기술로 발전하면서 “개인공간서비스(Personal Space Service, PSS)”란 명칭으로 무선센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)에 대한 지원을 대폭 강화하기 위한 방향으로 기술 개발이 진행되고 있다. 아울러 2012년부터 ISO/IEC 29157 표준도 같은 맥락에서 갱신을 준비하고 있다. 그러나 아쉽게도 피코캐스트 2.0 에서도 본 논문에서 언급하고 있는 문제에 대한 개선 작업이 이루어지지 않고 있다. PicoCast는 Pico-Cell Broadcasting의 줄임말이다.

ISO/IEC 29157 표준을 탑재한 모든 노드(Node)들은 WPAN(Wireless Personal Area Network)을 형성하여 Pico-Cell 즉, 30m 내에서 일대일통신(Unicast), 그룹통신(Multicast), 방송(Broadcast) 통신이 가능하다. 또한 노드들 간의 서비스품질(QoS) 보장이 가능하여 다양한 미디어 데이터(동영상, 오디오, 음성, 데이터, 제어, 센서)의 송수신이 가능하다.

2. ISO/IEC 표준의 MAC 프로토콜 개요

ISO/IEC 29157 표준 기반으로 구성되는 Pico-Cell 무선통신망(혹은 Pico-net)은 하나의 마스터(Master) 노드와 다수의 슬레이브(Slave) 노드들로 구성된다. 그러나 이러한 주종관계(마스터/슬레이브)는 마스터 노드가 Pico-net 전체 동기를 위한 동기신호(Sync. Signal)와 주파수 도약 패턴 정보를 송출하는 역할에만 적용되며, 노드들 간의 통신에는 개입하지 않는다. 또한 Pico-net 내의 모든 슬레이브 노드들은 필요에 따라 마스터 노드의 역할을 대체할 수 있다.

ISO/IEC 29157 표준의 RF부는 2.4GHz 대역의 ISM 대역을 지원하는 TDMA 방식의 범용 부품을 사용할 수 있도록 설계 되었다. 전력 소모를 줄이기 위해 데이터 전송속도를 1Mbps 이하로 한정 하였고, 음성 통신 등의 실시간 서비스를 위해 프로토콜을 단순화하여 통신 지연시

간을 최소화 할 수 있도록 하였다. 주파수 도약, 시분할 등의 다중화 기법을 함께 사용할 수 있도록 설계하여 16 개의 동시다발적이고 독립적인 통신 채널을 확보할 수 있다. 또한 주파수 다중화 기법을 통하여 복잡한 2.4GHz 대역의 채널 페이딩에도 강한 성능을 보이도록 설계하였고, 특히 채널들 간의 간섭 문제도 근본적으로 그 원인을 제거하였다.

가. 상호 간섭 배제

ISO/IEC 29157 MAC 프로토콜은 반경 수 미터 혹은 수십 미터의 근거리 무선통신의 특성상 필연적으로 발생하는 노드 신호들 간의 상호 간섭 문제를 원천적으로 배제하도록 설계 되었다^[7]. 이러한 상호 간섭 문제를 해결하기 위해서 Bluetooth 및 무선 LAN의 경우, 대역 주파수를 사용하고 adaptive 방식을 사용하여 동작 중에도 충돌이 발생하는 주파수를 확인하여 사용 주파수를 변경하는 알고리즘을 사용한다. 또한 Zigbee의 경우 처음부터 고정주파수를 사용하여 노드들 간에 주파수 충돌을 회피하도록 설계 되어 있으며, 동일 주파수의 경우가 발생하더라도 직접확산(Direct Sequence, DS) 방식의 process gain을 이용하여 간섭 신호를 배제할 수 있도록 설계되어 있다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 일정한 공간 내에 노드가 밀집되어 있는 근거리 통신의 특성상, 서로 다른 주파수를 사용함에도 근거리 통신 특유의 Near/Far 현상에 의한 노드들 간의 상호 간섭을 해결하지 못하고 있다^{[7][8]}. 그림 1 은 인접한 노드들 간에 발생할 수 있는 기본적인 Near/Far 현상을 보여 주고 있다. 노드 S2와 S6는 서로 다른 주파수를 사용하여 동일 시간대에 송수신하고 있다. 노드 M은 인접한 노드 S2의 송신 신호에 의해 발생된 spurious 신호로 인하여 노드 S6의 송신 신호 수신 이 불가능 하다.

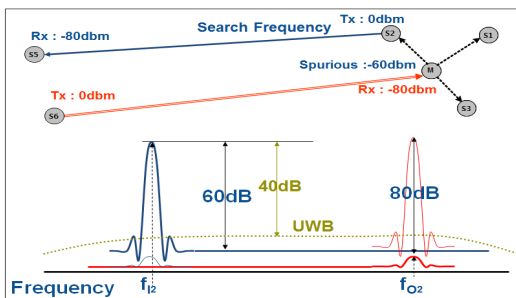


그림 1. 인접한 노드들 간의 Near/Far 현상
Fig. 1. Near/Far phenomena between adjacent nodes

ISO/IEC 29157 표준은 이러한 상호 간섭 문제 해결을 위해서 Pico-net 내의 모든 노드들은 마스터 노드가 발생, 송출하는 동기신호에 동기화 된다. 이러한 인접한 노드들 간의 동기 유지는 인접한 노드들 간의 동일 시간대에 송수신이 발생하지 않도록 조절 가능하게 한다. 또한 프레임의 길이가 다르면 노드들 간의 동기 유지가 불가능 하므로 본 표준에서는 Middleframe의 길이를 일정하게 설계하여 노드들 상호간의 동기 유지가 가능하도록 했다^{[7][8]}. 그림 2 은 그림 1 의 노드들 간에 발생할 수 있는 송수신 상황을 A, B, C, D 네 개의 경우로 구분하여 보여주고 있으며, 상호 간섭을 ISO/IEC 29157 표준 즉, Pico-net 내의 노드들 상호간의 동기 유지 구조를 보여주고 있다. 상황 A가 그림 1 의 상호 간섭 현상을 보여주고 있으며, 상황 B, C, D는 상호 간섭을 회피할 수 있는 상황을 보여주고 있다.

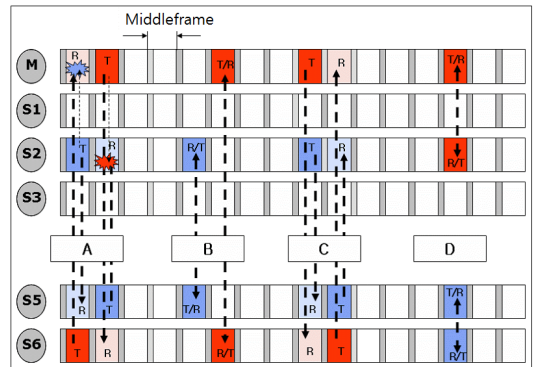


그림 2. 상호 간섭을 제거를 위한 노드들 간의 동기 구조
Fig. 2. Synchronization structure for removing the interference between the nodes

나. 직교 주파수 도약

ISO/IEC 29157 표준은 채널에 의한 상호 간섭 해결을 위해 직교 주파수 도약(Orthogonal Frequency Hopping, FH) 방식을 Frame 단위로 통신에 적용한다. 즉 통신을 할 때 Middleframe 단위로 의사난수발생기(Pseudo Random Generator)로부터 값을 생성하고, 생성된 값을 16개 주파수로 구성된 주파수 도약 테이블에서 주파수를 선정하는 Offset 값으로 사용하여 임의의 주파수로 변경하면서 통신한다. 따라서 동일한 시간대에 인접한 노드들 간에 동일 주파수 사용으로 인해 발생하는 충돌을 원천적으로 배제하고 있다^[7].

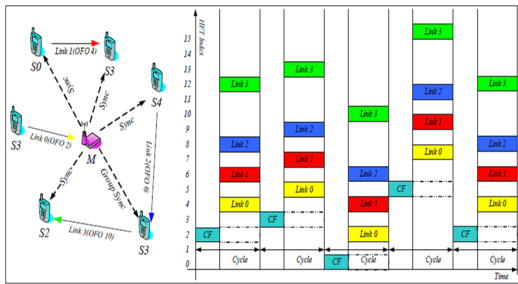


그림 3. 직교 주파수 도약
Fig. 3. Orthogonal frequency hopping

또한 복잡한 2.4GHz 대역의 주파수에서는 페이딩이 심하여 QoS 보장이 어렵다. 따라서 ISO/IEC 29157 표준은 Middleframe 내의 PF를 다수의 Frame으로 분할하여 동일한 데이터를 Frame 단위로 주파수를 변경하면서 중복하여 전송하는 주파수 와 시간 다이버시티(Diversity) 기법 사용이 가능도록 설계 되었다^{[7][9]}.

다. 프레임 구조

ISO/IEC 29157 표준의 Middleframe은 응용분야 및 서비스 종류에 상관없이 항상 16msec 길이로 고정되어 있으며 Middleframe 내에는 일정한 길이의 CF(Control Frame) 한 개와 서비스에 따라서 가변 길이의 PF(Payload Frame)가 다수 존재할 수 있다. 모든 노드들 간의 상호 간섭 제거는 Middleframe 단위로 수행되며, Middleframe은 MAC 프로토콜의 기본 단위 구조가 된다. Middleframe을 다양한 크기와 부피의 화물을 담아서 운송하는 동일한 크기의 컨테이너 박스의 개념에 많이 비유해서 생각하면 쉬운 것이다^[7].

CF는 그 사용에 따라 6가지로 분류된다. 동기 유지를 위한 BF(Beacon Frame), 빠른 동기신호 획득을 위한 FBF(Fast Beacon Frame), 슬레이브 노드들 간의 제어·관리 정보를 전달하기 위한 RCF(Request Control Frame), RCF에 대한 응답을 위한 RACF(RCF Acknowledge Control Frame), 마스터 노드가 제어·관리 정보를 전달하기 위해서 독점적으로 사용하는 MCF(Master Control Frame), MCF에 대한 응답을 위한 MACF(MCF Acknowledge Control Frame) 이다.

ISO/IEC 29157 표준 MAC 프로토콜 구조는 CF를 사용하는 제어·관리 정보의 흐름과 PF를 사용하는 데이터의 흐름이 완전히 분리되어 처리된다^[7].

그림 4 은 ISO/IEC 29157 프레임 구조를 보여주고 있

다. Superframe 길이는 256msec 이며 16개의 Middleframe으로 구성 된다. Superframe 내에는 16개 CF가 사용되고 각 CF는 그림 5 와 그림 6 에 표현된 것처럼 서로 다른 기능을 수행한다. 그림 5 에 나타난 Normal superframe은 16개의 CF 중에서 2개는 BF로, 1개는 RCF로, 1개는 MCF로, 1개는 RACF로, 8개는 MACF로 할당되고 3개는 미래의 기능 확장을 위해서 예약되어 있다. Fast synchronization superframe은 노드의 Pico-net 가입 시간 단축을 위해서 16개의 CF 모두가 FBF로 할당되어 있음을 그림 6 에 보여 준다.

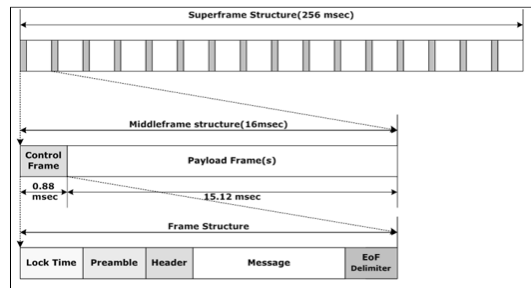


그림 4. ISO/IEC 29157 프레임 구조
Fig. 4. ISO/IEC 29157 Frame structure

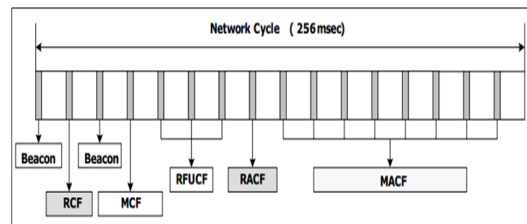


그림 5. Normal superframe 구조
Fig. 5. Normal superframe structure

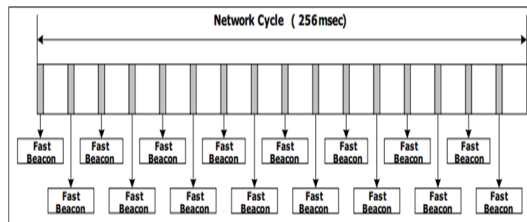


그림 6. Fast synchronization superframe 구조
Fig. 6. Fast synchronization superframe structure

라. 정보 전달 구조

그림 7 에서 마스터 노드 M이 제어·관리 정보를 3개의 슬레이브 노드들(S1, S2, S3)에게 MCF를 통해 동시

에 전송하고, MCF를 수신한 슬레이브 노드들(S1, S2, S3)이 8개의 MACF 중에서 정해진 Frame을 사용하여 응답을 보내는 과정을 보여주고 있다^{[7][9]}.

그림 8 은 슬레이브 노드가 RCF를 사용하여 마스터 노드 혹은 슬레이브 노드에게 제어·관리 정보를 보내는 과정을 보여 주고 있다. RCF는 다수의 슬레이브 노드들이 동일 시간대에 사용할 수 있도록 허용되어 있어서 동일 시간대에 2개 이상의 슬레이브 노드가 RCF를 이용하여 제어·관리 정보를 전송하려 하면 충돌이 발생 할 수 있다. ISO/IEC 29157 표준에서는 RCF 동시 사용으로 인한 충돌이 발생할 경우, 응답이 없는 것으로 충돌이 발생한 것으로 판단하고 random backoff를 수행하여 다시 RCF 전송을 시도 한다^{[7][9]}.

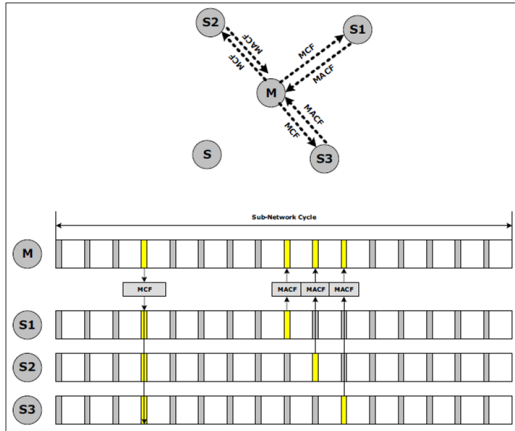


그림 7. MCF와 MACF을 이용한 제어·관리 정보 전송
Fig. 7. Control and management information transfer using MAC and MACF

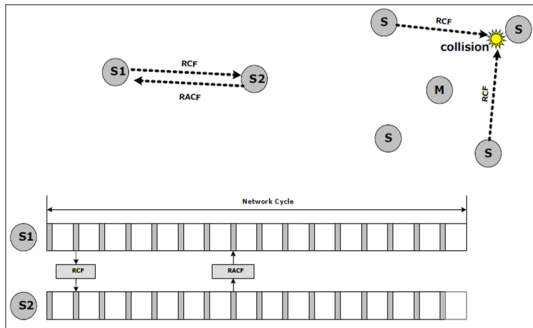


그림 8. RCF와 RACF을 이용한 제어·관리 정보 전송
Fig. 8. Control and management information transfer using RCF and RACF

마. 네트워크 토폴로지

그림 9 는ISO/IEC 29157 표준 즉, Pico-net 이 지원 가능한 네트워크 토폴로지를 보여주고 있다.

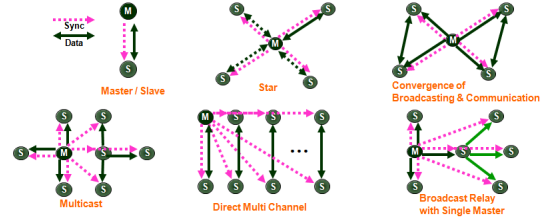


그림 9. 네트워크 토폴로지
Fig. 9. Network topology

III. ISO/IEC 29157 표준의 문제점

1. 노드 이동에 의한 통달 거리 문제로 통신 두절

ISO/IEC 29157 표준으로 형성되는 무선통신망 즉, Pico-net을 그림 10 이 보여주고 있다. Pico-net 내에 존재하는 모든 슬레이브 노드는 주기적으로 송출하는 마스터 노드의 동기신호로 상호 간에 동기를 유지 하면서, 노드들 상호간에 단일-홉 통신으로 직접 데이터를 송수신한다. 결국 Pico-net이 구축하는 무선망의 최대 통신 영역은 마스터 노드의 동기신호가 도달하는 범위 내의 전송 영역을 반지름으로 하는 원이 된다.

그림 10 의 A를 보면, 특정 시간대에 슬레이브 노드 S1과 S2가 마스터 노드 M이 송출하는 동기신호로 동기를 유지하면서 상호 데이터를 송수신하고 있다. 이 상태에서 슬레이브 노드 S1이 그림 10 의 B에 표시된 위치로 이동을 하는 경우, 슬레이브 노드 S1과 S2가 동일한 Pico-net의 전송 영역 내에 있음에도 슬레이브 노드 S1과 S2 간의 통신은 두절 된다. 이는 슬레이브 노드 S1과 S2 간의 거리가 상호 통신 가능한 통달 거리를 초과하므로 발생하는 문제이다. 이런 문제로 인해 Pico-net 내의 모든 슬레이브 노드는 슬레이브 노드들 간의 통신 상태에서 이동에 제한을 받게 된다.

결론적으로 ISO/IEC 29157 표준에 의해 구성된 Pico-net은 정상적인 상태에서 망 내의 모든 슬레이브 노드들 간의 직접 통신을 보장할 수 없으며, 모든 슬레이브 노드들은 통신 상태에서 이동성이 제한된다.

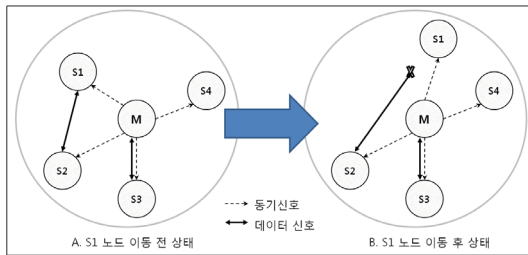


그림 10. 노드 이동과 통신 거리 초과에 의한 통신 두절
 Fig. 10. The communication loss due to excess of communication distance and node movement

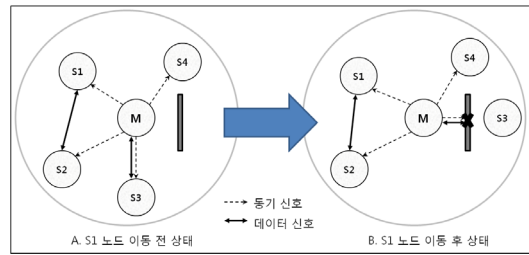


그림 11. 노드 이동과 장애물에 의한 통신 두절
 Fig. 11. The communication loss due to obstacles of and node movement

2. 고정(혹은 이동) 장애물에 의한 통신 두절

그림 11 는 ISO/IEC 29157 표준으로 형성되는 무선통신망, 즉 Pico-net 내에서 노드의 이동에 의해 통신이 두절되는 또 다른 상황을 보여 주고 있다. ISO/IEC 29157 표준은 2.4GHz 대역의 ISM 밴드를 주파수로 사용하고 있다. 2.4GHz 대역의 주파수는 비가시거리(non-LOS) 통신에 매우 취약하다. 즉, 도심의 철근콘크리트 구조물이나 산악 지역에서 전파가 제대로 전달되지 않는 취약성을 가진다.

그림 11의 A를 보면, 특정 시간대에 슬레이브 노드 S3이 마스터 노드 M이 송출하는 동기신호로 동기를 유지하면서 마스터 노드 M과 상호 데이터를 송수신하고 있다. 이 상태에서 슬레이브 노드 S3이 그림 11의 B에 표시된 위치로 이동을 하는 경우, 동일한 Pico-net 전송 영역 내에 있으면서도 슬레이브 노드 S3와 마스터 노드 M 간의 통신은 두절 된다. 이는 슬레이브 노드 S3와 마스터 노드 M 사이에 존재하는 고정 장애물로 인해서 마스터 노드 M이 송출하는 동기신호와 데이터 신호가 슬레이브 노드 S3에 도달하지 못하기 때문에 발생하는 문제이다. 이런 문제로 인해 Pico-net 내의 모든 노드들은 통신 상태에서 이동에 제한을 받게 된다. 특히 이 문제는 Pico-net 내의 모든 노드가 이동을 하지 않는 상태에서도 통신을 방해할 수 있는 이동 장애물이 Pico-net 내에 들어오는 것으로 통신이 두절되는 문제를 추가로 가지고 있음을 의미한다.

결론적으로 ISO/IEC 29157에 의해 구성된 Pico-net은 현재의 통신 상태가 미래의 통신 상태를 보장하지 못하며, 모든 슬레이브 노드들은 주변 환경의 영향으로 통신 상태에서 이동성이 제한된다.

3. Pico-net 서비스 영역의 축소

ISO/IEC 29157 표준으로 형성되는 무선통신망, 즉 Pico-net은 정상적인 상태에서 망 내의 모든 슬레이브 노드들 간의 직접 통신을 보장하고 통신 상태에서 모든 슬레이브 노드들의 이동성을 보장하기 위해서, 그림 12이 보여주듯 Pico-net이 구축하는 무선망의 최대 통신 영역은 마스터 노드의 동기신호가 도달하는 범위 내의 전송 영역을 지름으로 하는 원으로 축소되어야 한다. 따라서 타 무선통신망에 비해 서비스 영역이 1/4배로 축소되는 치명적인 결과를 초래하여 ISO/IEC 29157 표준의 상용화에 치명적 걸림돌이 될 수 있다. 또한 ISO/IEC 29157 표준은 2.4GHz 대역의 ISM 밴드를 사용한다. 이 주파수는 ISM 대역인 관계로 전파법에 의해 출력이 제한되고 많은 무선기기들로 인해 전파 환경이 열악하며 non-LOS 통신에 매우 취약하다. 특히 도심 지역의 건물 내에서는 더욱 문제가 많다.

결론적으로 전파의 특성상 주변 환경에 의한 음영지역이 많이 발생하여 Pico-net의 서비스 영역이 더욱 축소될 수 있다. 또한 방해물에 의한 예측 불가한 통신 두절 현상으로 서비스 품질을 보장이 힘들다.

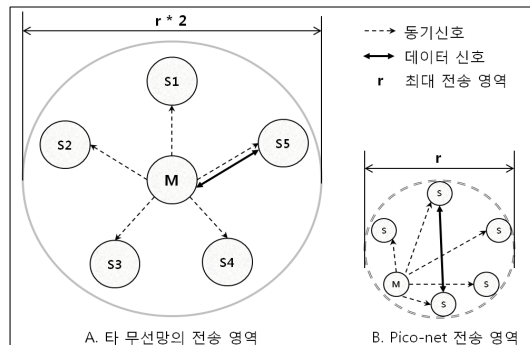


그림 12. 서비스 영역
 Fig. 12. Service Area

IV. ISO/IEC 29157 표준의 문제점 개선 방안

1. 멀티-홉 통신 방식의 적용

ISO/IEC 29157 표준으로 형성되는 무선통신망, 즉 Pico-net 내의 모든 노드들은 상호간에 통신을 할 때, 단일-홉 통신 방식에 의한 노드간의 직접 통신을 한다. 결국 그림 10 과 그림 11 의 상황에서 직접 통신이 불가능 해지면 상호간의 통신을 재개할 수 있는 방법이 전혀 없는 구조이다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 단일-홉 통신 방식에 더하여 멀티-홉 통신 방식을 추가 적용하여 이러한 문제를 근본적으로 개선할 것을 제안코자 한다.

그림 13 는 통신 상태에 있는 두 슬레이브 노드 중에서 한 노드의 이동에 의한 통달 거리의 초과로 통신 두절이 발생하는 상황에서, 멀티-홉 통신 방식을 적용하여 통신 두절 상태를 어떻게 해결할 수 있는지 보여주고 있다.

슬레이브 노드 S1과 S2가 마스터 노드 M의 동기신호로 동기를 유지하면서 서로 통신하고 있다. 이 상태에서 그림 13 의 B에 표시된 위치로 이동을 하는 경우, 슬레이브 노드 S1과 S2가 마스터 노드의 전송 영역 내에 있음에도 통달 거리 초과 문제로 통신이 두절 된다. 이 경우 ISO/IEC 29157 표준에 의하면 슬레이브 노드 S1과 S2가 서로 통신 가능한 통달 거리 이내로 이동하기 전에는 통신이 불가능 하다. 그러나 그림 13 의 B에 표현한 것 같이 Pico-net이 슬레이브 노드 S1과 S2가 마스터 노드 M을 경유하는 멀티-홉 통신을 지원 한다면 통신이 재개 될 수 있다. 그림 13 의 B에서 슬레이브 노드 S1과 S2는 마스터 노드 M을 경유하는 2-hop 통신을 보여주고 있다.

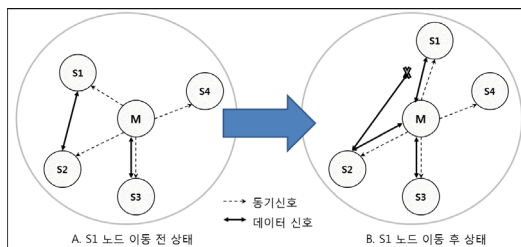


그림 13. 멀티-홉 통신 방식의 적용: 통달 거리
Fig. 13. Multi-hop communication method applied: communication distance

그림 14 는 통신 상태에 있는 두 노드 중에서 한 노드

의 이동에 의해 두 노드 사이에 통신을 방해하는 장애물의 출현으로 통신 두절이 발생하는 상황에서 멀티-홉 통신 방식을 적용하여 통신 두절 상태를 어떻게 해결할 수 있는지 보여주고 있다.

슬레이브 노드 S3 와 마스터 노드 M이 동기를 유지하면서 서로 통신하고 있다. 이 상태에서 슬레이브 노드 S3 이 그림 14 의 B에 표시된 위치로 이동하는 경우, 슬레이브 노드 S3 와 마스터 노드 M이 동일한 Pico-net의 전송 영역 내에 있음에도 장애물에 의해 통신이 두절 된다. 이 경우 ISO/IEC 29157 표준에 의하면 슬레이브 노드 S3과 마스터 노드 M 사이에 위치한 장애물이 제거되기 전에는 통신이 불가능 하다. 그러나 그림 14 의 B에 표현한 것 같이 Pico-net이 슬레이브 노드 S3과 마스터 노드 M 사이에 위치한 슬레이브 노드 S4가 동기신호와 데이터를 중계해 주는 멀티-홉 통신을 지원 한다면 통신이 재개 될 수 있다. 그림 14 의 B에서 슬레이브 노드 S3과 마스터 노드 M은 슬레이브 노드 S4를 경유하는 2-hop 통신을 보여주고 있다.

또한 통신을 방해하는 장애물이 고정체가 아닌 이동체인 경우 무선통신망 전체에 예측 불가능한 통신 두절을 발생 시킨다. 즉, 그림 14 의 장애물이 이동 장애물이라면, 정상적으로 동작하는 Pico-net 기반의 서비스가 예측 불가능한 불특정 시간대에 망 내로 진입한 이동 장애물로 인해 통신 두절이 발생하고 이로 인해 서비스가 비정상적으로 동작한다면 심각한 문제를 발생시킬 수 있다. 이런 상황이 발생했을 때 다른 통신 경로로 통신을 재개시킬 수 있는 능력은 무선통신망의 신뢰도에 결정적 부분으로 작용한다.

또한 멀티-홉 통신 방식의 도입은 Pico-net 서비스 영역의 축소를 방지하고 오히려 그 서비스 범위를 더 확장할 수 있는 기반을 제공한다.

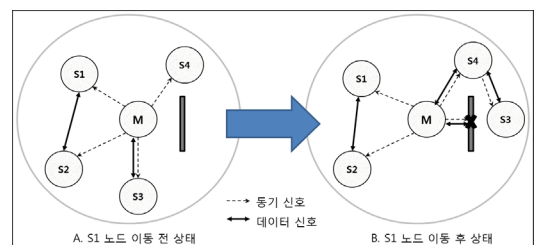


그림 14. 멀티-홉 통신 방식의 적용: 장애물
Fig. 14. Multi-hop communication method applied: obstacles

이처럼 멀티-홉 통신 방식을 적용한 개선안에 따라 최악의 시나리오를 적용했을 경우, 기존의 ISO/IEC 29157 방식은 Pico-net 내에서 슬레이브 노드가 단지 39%의 통신 영역을 확보하는 반면 제안된 개선안에 의하면 항상 100% 통신 영역을 확보할 수 있다.

2. 멀티-홉 라우팅 방안

멀티-홉 통신 방식을 적용하려면 시간에 따라 이동하는 노드들에 의해 변화하는 네트워크 토폴로지를 적절하게 반영할 수 있는 ‘멀티-홉 라우팅 알고리즘’의 추가 적용이 필요하다. 멀티-홉 라우팅 알고리즘의 적용은 노드와 네트워크에 상당한 부하를 주게 된다. 더욱이 홉 수가 늘어나면 알고리즘에 따른 차이는 있지만 그 부하가 기하급수적으로 증가하게 된다. 결국 적절한 홉 수와 노드와 네트워크의 처리 부하를 줄일 수 있는 라우팅 방법을 결정해야 할 필요가 있다.

그림 15 은 그림 13 와 그림 14 의 B를 최대 높이 (Height) 값 2를 가지는 트리(Tree)로 표현 하였다.

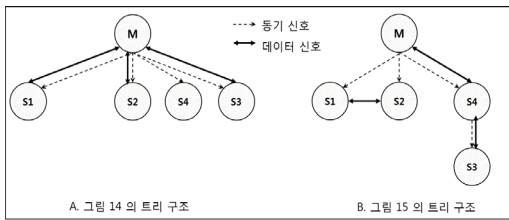


그림 15. 멀티-홉 통신 방식의 트리(Tree) 구조
Fig. 15. Tree structure of multi-hop communication method

그림 15의 B에서 루트 노드인 마스터 노드 M은 부모 노드(Parent node)는 없고, 자식 노드(Child node)로 슬레이브 노드 S1, S2, S3를 가지며, 슬레이브 노드 S4는 부모 노드로 마스터 노드 M을, 자식 노드로 슬레이브 노드 S3를 가지며, 리프 노드(Leaf node)인 슬레이브 노드 S3은 부모 노드로 슬레이브 노드 S4을, 자식 노드가 없으며, 슬레이브 노드 S1, S2는 부모 노드로 마스터 노드 M을, 자식 노드는 없다.

루트 노드(마스터 노드)를 제외한 모든 노드(슬레이브 노드)는 자신에게 동기신호를 제공하는 하나의 노드를 부모 노드로 정하고 동기신호가 수신 불가능할 때까지 유지 한다. 모든 노드(마스터 및 슬레이브 노드)는 자신이 송출하는 동기 신호를 수신하는 모든 자식 노드(슬레

이브 노드)에 대한 정보를 주기적으로 수집, 유지, 관리한다. 특히, 루트 노드(마스터 노드)는 트리를 구성하는 모든 노드(슬레이브 노드)에 대한 정보를 수집, 유지, 관리한다.

그림 16 은 그림 13 의 B에서 슬레이브 노드 S1이 슬레이브 노드 S2에 메시지를 전달하는 절차를 보여주고 있다. 2-hop 통신이 1-hop 통신에 대비 노드와 네트워크에 상당한 부하가 걸림을 알 수 있다.

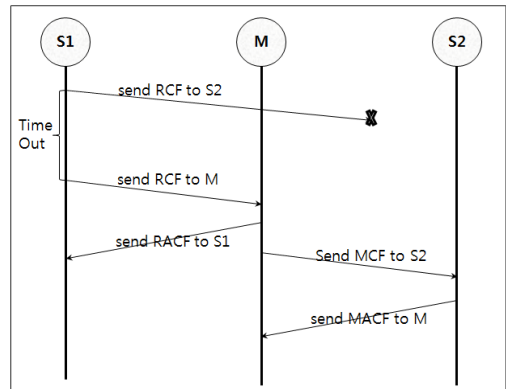


그림 16. 2-hop 통신 방식의 데이터 전달 절차
Fig. 16. Data transfer procedure of 2-hop communication method

본 논문은 ISO/IEC 29157 표준에 의해 구성된 무선통신망, Pico-net이 마스터 노드의 동기신호 전송 영역 내에서 통신 두절이 발생하더라도 다른 경로로 통신을 재개할 수 있게 하는 방안을 제시하는데 목적이 있다. 따라서 마스터 노드를 기준으로 슬레이브 노드에 대한 홉 수를 최대 2-hop으로 하여, 슬레이브 노드들 간의 통신 홉 수가 최대 4-hop을 넘지 않도록 한다. 또한 경로 설정에 따른 부하를 경감하기 위해서 트리 토폴로지에 기초한 라우팅 하는 방안을 제안한다.

3. 노드 간의 동기 전달

ISO/IEC 29157 표준에 의하면 Pico-net은 동기신호를 마스터 노드가 주기적으로 송출한다. 그러나 멀티-홉 통신을 위해서 그림 15 의 트리 구조에서 부모 노드로 마스터 노드를 가지는 모든 슬레이브 노드들은 마스터 노드로부터 주기적으로 수신한 동기신호를 주기적으로 재 송출해야 하는 기본적인 의무를 가진다. 그러나 해당되는 모든 슬레이브 노드들이 동기신호를 전송하는 것은 아니

며, 그 판단은 그림 17에 표현한 흐름도에 의해서 결정된다. 최종적으로 동기신호를 중계해야 하는 슬레이브 노드들은 ISO/IEC 29157 Superframe 내의 CF 중에서 미래의 기능 확장을 위해서 예약되어 3개의 RFUCF 중 한 개를 이용하여 동기신호를 송출한다.

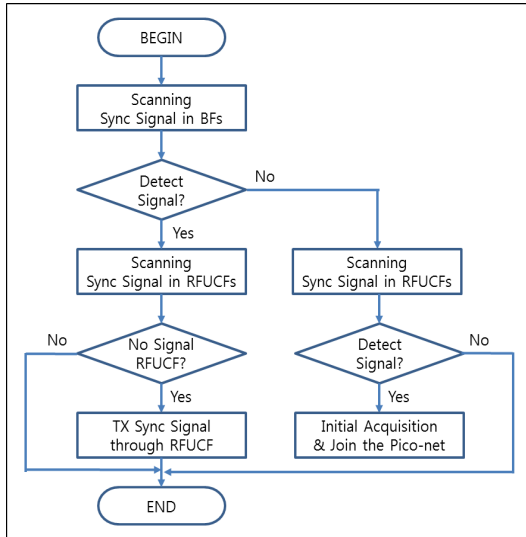


그림 17. 동기신호 중계 여부 판단 흐름도
Fig. 17. Flowchart for determining whether sync signal relay

V. 결론

본 논문에서는 ISO/IEC 29157 표준에 의거하여 구성된 무선통신망, Pico-net이 채택하고 있는 단일-홉에 기초한 노드들 간의 직접 통신의 장점을 유지하면서, 멀티-홉 통신 방식을 추가하여 Pico-net이 근원적으로 가지고 있는 통신 두절 문제를 개선할 수 있는 방안을 MAC 프로토콜을 중심으로 제안 하였다.

우선 Pico-net 내의 모든 노드들이 마스터 노드의 동기신호가 전달되는 전송 영역 내에서 이동성을 보장 받으면서 상호 통신이 가능하도록 하는데 목표를 두었다. 그 결과 마스터 노드를 기준으로 슬레이브 노드에 대한 홉 수를 최대 2-hop으로 하여, 슬레이브 노드들 간의 통신 홉 수가 최대 4-hop을 넘지 않도록 제안 하였다. 또한 경로 설정을 위한 노드와 네트워크 부하를 경감하기 위해서 트리 토폴로지에 기초한 라우팅 방안을 제안 하였다. 결과적으로 제안된 개선안에 의해 Pico-net을 무선통

신망으로 활용하는 서비스의 서비스 품질 보장이 가능하고 서비스 영역이 더욱 확장될 것으로 예상된다.

멀티-홉 통신을 지원하기 위해서 반드시 필요한 노드들 간의 동기 전달 방안도 현 표준의 Superframe 구조에 미래의 기능 확장을 위해 예비해 놓은 CF를 사용하여 호환성을 유지하면서 지원 가능하도록 제안 하였다.

향후, ISO/IEC 29157 표준의 개선을 위한 연구 방향으로, 무선센서네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)의 효율적 지원을 위한 프레임 구조 개편에 대한 연구, Pico-net 자체의 망 이동성을 주기 위한 애드-홉 네트워크 전환을 위한 연구, 효율적인 멀티-홉 라우팅 알고리즘에 대한 연구, 통신 자원(주파수, 주파수 Offset, Time Slot)의 효율적 배분을 위한 연구, CR(Cognitive Radio) 기술의 적용에 대한 연구 등이 있다.

References

- [1] Binary CDMA MAC/PHY Spec.for Short-range Wireless Multiple Data Transmission, TTASKO-06.0157
- [2] PicoCast Specification: Low Data Rate Picocast 1.0, TTA.KO-06.0157/R1
- [3] PicoCast Specification: Low Data Rate PicoCast 2.0, TTA.KO-06.0235
- [4] PicoCast Specification: multiple preamble Usage, TTA.KO-06.0236
- [5] PicoCast Specification: Interface for the 250 kbps Applications, TTA.KO-06.0207
- [6] PicoCast Specification: RF Interface, TTA.KO-06.0208
- [7] International Standard ISO/IEC 29157:“Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - PHY/MAC specifications for short-range wireless low-rate applications in the ISM band-
- [8] Ryu, Seung-Moon, Ju, Wan-Gyu, Kim, Tae-Hyeong, Jeon, Su-Hyeon, Choi, Jae-Ho, “BINARY CDMA technology, changing history”, The Institute of Electronics Engineering of Korea, Journal of Telecom, vol. 23, issue 2, pp. 14-31, Feb 2007.

- [9] Kim, Myeong-Jin, "Retaw-1 wireless multimedia solutions and pico-cell fusion protocol standard", The Institute of Electronics Engineering of Korea, Journal of Telecom, vol. 23, issue 2, pp. 3-13, Feb 2007.
- [10] Jeong, Eui-Hoon, Cha, Bong-Sang, Ryu, Seung-Moon, "PicoCast 2.0 MAC Protocol for Personal Space Communication(PSC) Network", Conference of Korea Society of IT Service, May. 2012.
- [11] Ran Park, Wu-Woan Kim, "The Routing Algorithm for Path Stability by using Mobility Information in AOMDV", Journal of Korean Institute of Information Technology Review, vol. 11, no. 1, pp. 119-126, Jan 2013.
- [12] Kim, Ho-Cheol, "A Study on Improvement of Routing Performance for Wireless Mesh Networks", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society", vol.14, no.5, pp 2422-2429, 2013.
- [13] Sue-Hyung Ha, Le The Dung, Beong-Ku An, "A Route Stability-based Direction Guided Routing Protocol in Mobile Ad-hoc Wireless Networks", Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication", vol. 12, no. 6, pp 257, Dec 2012.

저자 소개

차 봉 상(정회원)



- 1986년 : 서강대학교 전자계산학과 학사
- 1993년 : 서강대학교 공공정책대학원 정보처리학과 석사
- 2011년 : 한국산업기술대학교 지식기반에너지대학원 박사과정
- 2012년~현재 : (주)우리별 제2연구소 연구소장

<주관심분야 : WPAN MAC Protocol, MANET, Cognitive Radio, M2M, Computer/Network Algorithms>

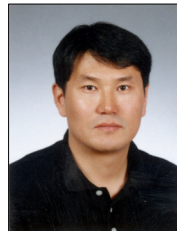
정 의 훈(정회원)



- 1991년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1994년 : 한국과학기술원 전산학과 석사
- 2000년 : 한국과학기술원 전산학과 박사
- 2003년~현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수

<주관심분야 : 이동통신 및 센서 네트워크 프로토콜 >

전 광 일(정회원)



- 1986년 : 서강대학교 전자계산학과 학사
- 1988년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2002년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
- 2003년~현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수

• 2013년~현재 : 정보과학회 고신뢰컴퓨팅연구회 운영위원장
<주관심분야 : 운영체제, 임베디드 시스템, 고신뢰컴퓨팅시스템, 감성장애인을 위한 보조기기>

서 대 영(정회원)



- 1985년 : 서강대학교 전자계산학과(학사)
- 1988년 : 뉴욕주립대(Albany) CS 석사(M.S.)
- 1999년 : 노스웨스턴대 EECS 박사(Ph.D.)
- 1999년~2002년 : 삼성전자 소프트웨어센터 책임연구원

• 2002년~현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수
<주관심분야 : Algorithms, Computational Geometry, Discrete Mathematics, Home Networking, Smart Grid>