

가입요청 메시지를 사용하는 추적 가능한 부표 시스템의 설계

조성호*

Design of a Trackable Buoy System using Join Request Messages

SungHo Cho*

요 약

부표는 항구나 해양의 위험물을 표시하기 위하여 체인에 의해 묶여진 부양물체이며, 크게 이동형과 고정형 부표로 나눌 수 있다. 해양 생태환경의 관찰과 연안지역 주변을 관찰 요구를 충족하기 위하여 스마트 부표들이 개발되었다. 스마트 부표들은 GPS, CDMA, ZigBee과 같은 무선 네트워크 시스템을 가진다. GPS 기술을 사용하면 부표의 위치나 주변 환경에 대한 추적이나 관찰을 할 수 있다. 그러나 고정 부표에 사용되는 GPS 시스템은 비싼 비용과 많은 양의 전력을 소모한다. 많은 부표들은 ZigBee를 사용하여 전력소비를 급격하게 줄인다. 본 논문에서는 적은 데이터 전송과 적은 전력소모를 가진 추적가능 부표 시스템을 소개한다. 제안하는 프로토콜은 시스템의 변경없이 비정상적인 움직임을 찾고 추적 가능한 정보 모을 수 있는 장점을 가진다. 2개의 추가적인 비트와 가입요청 메시지가 추적 가능한 부표시스템에 사용된다. 제안하는 프로토콜은 페트리넷으로 모델링하였고 도달 가능성을 증명한다.

Key Words : buoy, ZigBee, trackable buoy, buoy monitoring system, GPS system.

ABSTRACT

A buoy is a float attached by chain to the seabed to mark channels in a harbor or underwater hazards and can be classified into two major types as autonomous buoys and fixed buoys. When there is high demand such as marking channels in a harbor, monitoring ecology of ocean and environmental monitoring of coastal areas, smart buoys are developed. The smart buoys have wireless network systems such as GPS, CDMA and ZigBee. Using the GPS techniques, location and environments of buoy can be monitored and traced. However, the GPS in fixed buoy systems has a high power consumption and cost. Using many buoys on low power ZigBee basis allows dramatic reduction of the overall power consumption. In this study, it is aimed at the design of the trackable protocol for a buoy system which has low data rate and low power consumption. The proposed protocol has advantages that it can detect abnormal movement and gather trackable information without any system changes. In the introduced protocol, additional 2 bits and join request messages are used for trackable buoy system. The behaviors of improved protocol is modeled into petri-net and proved a reachability.

I. 서 론

부표(buoy)는 항구나 해양의 위험물을 표시하기 위하여 체인(chain)에 의해 묶여진 부양물체로 수상 교통 시설 중의 하나이다. 부표는 항만이나 하천 등 선박이 항행하는 위치 수면에 띄워 항로 안내, 암초의 위치 등을 알려거나 해양의 생태환경과 해양 정보를 관찰하기 위하여 사용된다.

부표는 사용 용도에 따라 고정형 부표(fixed buoy)와 이동형 부표(autonomous buoy)로 구분된다. 고정형 부표는 선박의 안전한 항해를 돕기 위하여 항로를 알려주거나 위험물의 존재를 경고하기 위하여 설치되는데, 해저와는 체인으로 연

결되어 떠내려가지 않도록 고정되어 있어 고정형이라 부른다. 이동형 부표는 어구나 닻 등 물 속에 있는 물체의 위치를 나타내기 위해서 사용되는데 원근해 및 원양어선의 어업도구로 주로 사용되며 어구의 위치 및 상태 등을 효율적으로 관측, 관리하기 위하여 사용된다[1]. 우리나라에서 사용되고 있는 부표의 종류는 11가지 정도이며, 부표의 크기 및 종류는 2015년에 공표된 ‘표준형부표 제작 및 품질관리 기분에 관한 규정’에 명시되어 있다. 이 규정은 ‘항로 표시법’ 제5조 제3항에 의하여 항로표지용 표준형 등부표와 부표의 제작·수리 및 설치·관리에 필요한 기준을 정함을 목적으로 한다 [2].

*한신대학교 정보통신학부(zoch@jhs.ac.kr)

접수일자 : 2016년 05월 17일, 최종 게재 확정일자 : 2016년 06월 21일

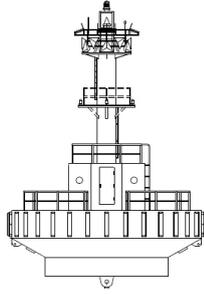


그림 1. 부표

항로의 설정과 항만시설 설치, 준설 및 해양사고로 인한 침선 등부표 시스템의 적용범위는 용도에 따라 다양하다. 항만 입·출항 시 적용되었던 부표시스템이 연안 해역에서도 항해 원조를 위해 그 수요가 날로 증가하고 있으며 다양한 무선 네트워크를 가진 스마트 부표들이 개발되고 있다[3]. 그림 1은 다양한 통신 시스템을 사용하는 고정형 부표시스템의 예이다. 본 논문에서는 현재의 부표시스템의 특징을 고찰하고 문제점을 완화시킬 수 있는 프로토콜을 제안한다.

II. 부표 통신시스템 분석

국내 부표는 ‘표준형 부표 제작 및 품질관리 기준에 관한 규정’에 정의 되어 있지만, 대부분 외국의 기술을 도입하여 제작되고 있다. 또한, 해당 규정은 외형과 제질 및 규격에 관한 내용이며, 부표의 내부 시스템이나 네트워크 시스템에 대한 내용은 없다.

초기의 부표는 깃발 또는 등불 등을 이용하여 단순한 육안 식별만이 가능한 부유체 형태의 구조를 지녔으나, 주변의 환경적 외력으로 인한 고정표지 만큼 신뢰도가 떨어지기 때문에 유실, 위치 이동 등의 사고에 대비하기 위한 안정성 검토가 필요한 특징을 가지고 있다. 또한, 부표는 조류 및 기후 변화에 따른 분실이 빈번할 뿐만 아니라 부표의 위치 추적이 매우 어렵다는 사용상의 문제점을 지니고 있다[4].

위치추적을 위하여 90년대 초부터 비콘(beacon) 무선전파를 사용한 무선부표나 전파반사 부표가 사용되고 있다. 무선 부표는 부표에서 발사하는 무선신호의 방향을 배에 있는 전파방향 탐지기로 알아내며, 전파반사 부표는 부표의 꼭지부분에 전파반사판을 장치하여 배에 있는 레이더에서 발사한 전파가 반사판에서 반사되어 오게 함으로써 그 위치를 알아내는 것이다. 이 방식 또한 위치 추적이 매우 어려운 분실 및 도난 방지가 어렵고 무선신호 송신에 따른 전력소모로 사용시간이 극히 짧다는 단점을 지닌다[1][5][6].

최근에는 GPS 위치정보와 CDMA 전송기술을 결합한 무선 부표도 발표되고 있으나 짧은 전지 수명과 고가의 장비 가격 및 좁은 동작범위 때문에 이동형 부표로는 부적합한 방식이다[1][7][8]. 부표 분실 방지를 위해서 국내에서는 GPS 센서로부터 수신된 GPS 수신좌표가 미리 설정된 좌표를 벗

어난 경우 카메라를 촬영해 관제서버로 전송하도록 하는 특허가 출원된 상태이다[9].

부표에 사용되는 네트워크는 매우 다양하며, 최근 들어 GPS, CDMA, ZigBee와 같은 무선 네트워크를 단독 혹은 복합적으로 사용하는 스마트 부표 시스템들이 개발되었다. GPS 기술을 사용하면 부표의 위치나 주변 환경에 대한 추적이나 관찰을 할 수 있다. 그러나 고정형 부표의 경우 이동을 하지 않기 때문에 GPS의 역할은 매우 제한적이다. 또한 사용상의 제약점에 비하여 GPS 센서는 비싼 비용과 많은 양의 전력을 소모하는 통신 시스템이다. 그래서 많은 부표들은 ZigBee를 사용하여 전력소비를 급격하게 줄이거나 GPS와 ZigBee를 동시에 사용한다.

ZigBee는 IEEE의 근거리통신 표준 중 하나인 802.15.4를 기반으로 하여 그 위에 몇 개의 계층을 더 추가한 형태이다 [10][11]. ZigBee에서 사용되는 장치는 프로세서의 능력은 비교적 낮은 편이지만 활용분야에 따라 혹은 필요로 하는 목적에 따라 충분히 부합할 수 있는 시스템이다. 또한 ZigBee는 전력소모가 낮은 편이기 때문에 긴 수명을 보장할 수 있어 IOT(Internet of Thing) 분야를 비롯한 다양한 분야에서 사용하고 있다. 이러한 특성으로 인하여 최근에 개발되는 부표에는 ZigBee를 기존의 시스템에 추가하거나 ZigBee 네트워크만으로 부표를 만드는 추세이다.

본 연구에서는 기존의 무선 부표시스템의 분실 문제를 완화시킬 수 있는 무선 부표용 송수신 프로토콜을 제안한다. 제안한 방식은 기존의 무선 부표 시스템과 비교하여 적은 변경으로도 분실 방지를 위한 정보를 획득 할 수 있는 특징을 가진다.

III. 부표 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 고정형 부표 시스템에는 표준을 준수하는 ZigBee 사용한다고 가정한다. 또한 부표와 VTS (vessel Traffic Service)와의 통신은 [14]의 통신규격을 따르며, ASM(Application Specific Messages) 규격을 사용하는 것으로 가정한다.

1. 부표 네트워크 구성

ZigBee 네트워크는 한 개의 CO(ZigBee Coordinator)에 다수의 장치가 연결되어진 형태로 구성되어진다. CO에는 ZigBee 네트워크의 보안을 관리하는 TC(Trust Center)가 위치하며, VTS 내에 존재한다. CO는 RO(Zig-Bee Router) 혹은 ED(ZigBee End Device)와 연결되며, ED은 다시 RO와 연결되어 계층구조를 형성한다. ED는 자신에게 속하는 말단 노드가 없다는 의미임으로 새로운 ED가 추가되면 기존의 ED는 RO가 된다. 따라서 모든 부표 노드(bouy node)는 RO이거나 ED 중 하나이다.

ZigBee 네트워크는 구성장치들이 가입과정과 인증과정을 거쳐야만 네트워크의 사용권한을 획득할 수 있다. 가입과정만 거쳐서는 네트워크를 사용할 수 없으며, 추가적으로 인증과정까지 거쳐야만 네트워크를 사용할 수 있는 특징을 가진다[12].

부표에서 사용되는 ZigBee는 [7]에 나타나 있듯이 약 2km의 수신거리를 가지며, 메시 구조(mesh topology), 트리 구조(tree topology), 점대다점 구조(point-to-multipoint), P2P 구조(peer-to-peer topology)와 같이 다양한 구성을 가질 수 있다. 본 논문에서는 ZigBee가 그림 2와 같이 트리구조를 기본으로 한다. 따라서 본 논문에서 ZigBee는 TC를 포함하는 한 개의 CO를 가지며 CO에 바로 연결된 RO들을 기준으로 하는 하부의 RO가 연결되어 있고, 단말에는 ED가 연결되는 형태이다.

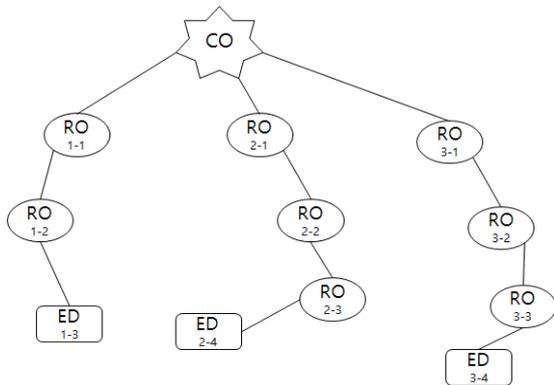


그림 2. 트리 구조

본 논문에서 ZigBee 구조를 트리구조로 한정하는 이유는 부표의 특성 때문이다. 부표의 표지방식은 A방식과 B방식이 나누어 사용되었고, 우리나라를 비롯하여 일본, 필리핀 및 북미, 중미, 남미의 모든 국가들은 부표 표지방식으로 “B방식(좌현 측방표지 녹색)”을 사용하였었다. 그러나 국제항로 표지협회(International Associations of Lighthouse Authorities: IALA)는 해상의 부표체제에 대한 국제적인 통일을 위해 표지방식을 통일 하였고 A방식과 B방식을 병합한 IALA 해상부표시스템 (IALA Maritime Buoyage System)을 표준으로 공표하였다.

그림 3은 [13]에서 가져온 사진으로 사우디아라비아 “Ras Tannurah” 입출항항로의 해상부표를 나타내는 영국해도 “BA 3777”이다. 본 해도의 해상부표 시스템에 나타난 바와 같이 통항선박의 안전을 위하여 IALA 해상부표시스템에 잘 부합하는 항로표지를 배치하였다. 입출항 선박의 항행안전과 선박과 VTS간의 최적의 통신을 위하여 각 항로표지에는 표지명칭(Buoy name)과 레이콘(Racon)표지도 장치하고 있다[13].

이러한 부표 표지방식에 따라 본 논문에서 구성하는 트리구조의 각 부표들은 표지명칭과 레이콘 표지를 포함하도록 구성한다. 또한 고정부표이기 때문에 각 부표들은 절대적인

위치 값을 가지고 있다. 본 논문에서는 각 노드의 위치표기는 트리의 라인 번호(line number)와 해당 라인의 순서로 표시한다. 따라서 RO(2-3)은 RO 중 2번째 라인의 3번째 노드라는 의미이다.

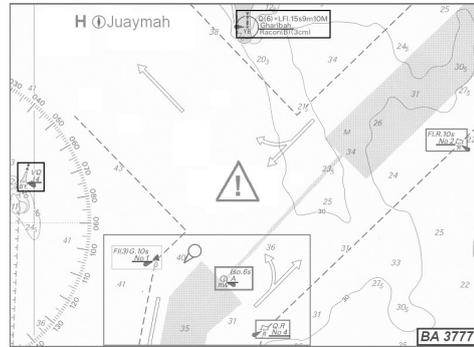


그림 3. 해도 BA 3777

2. 부표 네트워크 구성

본 논문에서 제안하는 통신 프로토콜은 [1]의 프로토콜을 규격을 따르며 전송신호 포맷의 구성은 그림 4와 같다.

Address signal	0	address bits	function bits	check bits	parity bit
Message signal	1	state bits	message bits	check bits	parity bit

그림 4. 전송 포맷

부표는 비동기모드로 동작하며, 전송신호는 프리앰블(preamble) 신호, 동기코드(sync code), 주소코드(address code) 및 메시지 코드(message code)로 구성된다. 각 코드는 32비트로 구성되며, 주소코드와 메시지코드를 합하여 프레임 구성하고 동기코드와 8개의 프레임 신호들을 조합하여 배치(batch)를 구성한다.

표 1. 상태 비트

1st	2nd	meaning
0	0	Normal State
0	1	Re-build
1	0	Emergency Mode
1	1	Warning Mode

각 포맷의 맨 앞 처음 비트는 주소 시그널(address signal)과 메시지 시그널(message signal)과 같은 메시지 유형을 나타낸다. 또한 패리티 비트(parity bit)은 1비트, 점검 비트(check bit)는 10비트이며, 메시지 비트(message bits)는 18비트, 주소 비트(address bits)는 18비트이다. 펄스 비트(function bits)와 상태 비트(state bits)는 각 2비트로 구성된

다. 기본 프로토콜 구성에서 추가되는 부분은 상태 비트이며 표 1은 상태 비트의 종류와 의미를 나타낸다.

IV. 추적가능한 부표 프로토콜

제안하는 프로토콜은 기존의 프로토콜과 비교하여 2개의 추가적인 비트를 사용하며, 부표가 자신의 위치에서 벗어날 경우, 이동의 방향을 찾는 데이터로 활용한다. 이러한 역할을 담당하는 것이 상태 비트이며 본 논문에서 표식은 SB(0,0)으로 한다. 즉, SB(0,0)은 두 개의 상태 비트가 0과 0으로 설정된 것을 의미한다. 상태비트의 종류와 역할은 다음과 같다.

SB(0,0)은 정상모드(normal mode)를 의미한다. 따라서 부표 시스템을 이루는 부표 노드들은 주기적으로 통상적인 데이터를 주고받으며, 메시지 비트에는 부표의 상태, 풍향, 파도의 높이와 같이 미리 규정된 정보를 주고받는다. ZigBee의 네트워크 구성 상, 모든 정보는 ED로부터 RO를 거쳐 CO에 데이터가 모이게 된다.

SB(0,1)은 정상 상태 중 재설정(re-build)을 의미한다. 재설정은 부표 중 고장으로 인한 부표의 대체 혹은 필요에 의해 ZigBee의 트리 구조가 재구성됨을 의미한다. 이러한 경우 기존의 ZigBee를 이루는 노드들 중, 일부 노드의 탈퇴 혹은 가입이 이루어지게 되고, 이는 부표의 비정상적인 이동으로 오인될 수 있다. 이러한 오인을 막기 위해 만든 상태가 SB(0,1)이다. SB(0,1)이 전달되면 부표를 구성하는 모든 노드의 에러 메시지는 무시된다.

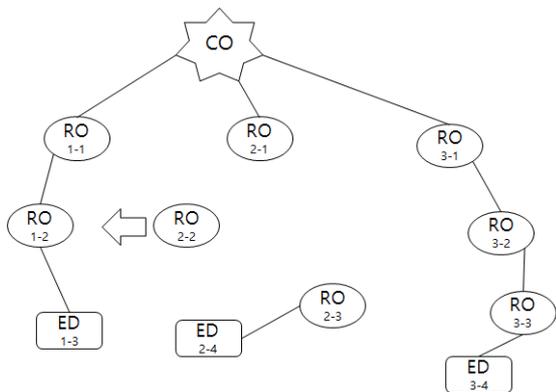


그림 5. 부표의 이동 예 1

SB(0,1)이 전달될 때에는 메시지 비트에 타임머(timer) 정보가 같이 전달된다. 타임머는 시스템 변경에 걸리는 시간을 예측하여 CO로부터 전달된 시간이다. SB(0,1)이 전달되어 모든 에러 메시지가 무시되는 상태에서 네트워크 관리자의 실수나 시스템 에러로 인하여 정상모드로 환원되지 않을 경우, 부표 시스템 전체에 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 SB(0,1)가 전달 될 때, 타임머 정보를 같이 전달하여, 타임머가 0이 되면 부표가 정상모드로 돌아가도록 한다.

SB(1,0)은 부표 시스템을 이루고 있는 노드 중 하나가 비정상적으로 작동하는 경우 사용된다. SB(1,0)가 활성화가 되면 모든 노드들은 위험모드(Emergency Mode)로 전환되고, 상태정보는 모든 노드들에게 브로드캐스팅(broadcasting) 된다.

위험모드가 되면 모든 노드들은 최대한 자주 다른 노드들과 통신을 하며 노드의 가입에 대한 정보를 CO로 전송하게 된다. 보통의 경우, 노드의 추가에서 가입과 인증의 절차가 완료 된 후에 그 정보가 CO로 전송된다. 그러나 위험모드에서는 가입을 시도하려는 노드의 정보를 현재의 시각과 함께 CO에게 전달한다. 이렇게 모인 정보는 CO에 시간의 순서에 따라 계속 쌓이게 되며, 이 정보를 이용하여 이동한 부표의 위치를 추정하게 된다.

그림 5를 통하여 제안하는 시스템의 위치 추정방식을 설명한다. 그림 5에서 RO(2-2)가 이동을 하게 되면 RO(1-2)에게 가입요청(join request)을 보내게 된다. 정상상태에서는 가입과 인증의 절차를 진행해야 하지만, RO(2-2)는 유실과 같은 비정상적인 이동이고, 현재 모든 부표노드가 위험모드이기 때문에 가입요청을 현재 시각과 함께 CO에게 통보하게 된다. 부표 시스템은 트리구조를 가지고 있고 고정된 ID와 위치정보를 가지고 있기 때문에 가입 요청과 시각 정보는 RO(2-2)의 이동 경로를 추정할 수 있는 중요한 자료가 된다.

부표가 비정상적으로 이동하더라도 그림 6과 같이 일반 노드들이 가입요청을 받지 못할 수도 있다. 그러나 가입 요청을 받지 못하더라도 노드들이 정해진 위치정보를 가지고 있기 때문에 이동 부표의 이동위치가 한정된다.

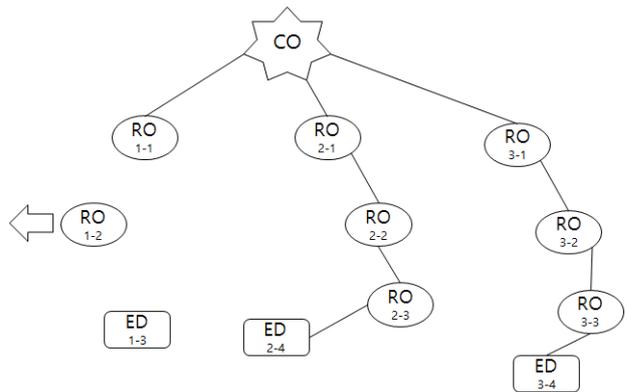


그림 6. 부표의 이동 예 2

마지막으로 SB(1,1)은 위험모드를 일정기간 동안 유보시키기 위해 사용된다. 위험모드 상태에서 time-out이 발생하면 시스템은 경고모드(warning mode)로 전환되고 SB(1,1)이 활성화 된다.

SB(1,0)은 특정 부표 노드가 원래의 위치에서 이동하여 자신이 속한 부표 트리 구조에서 탈퇴가 되는 경우 발생한다. 그러나 부표 시스템이 이동을 하지 않더라도 통신 시스템의 고장이나 일시적인 전파 방해와 같이 통신 두절이 발생

할 경우에도 위험모드에 들어갈 수 있다. 부표의 이동이 아닌 일반적인 에러인 경우 발견 즉시 SB(0,0)을 전송하여 시스템을 원래의 상태로 환원시킬 수 있다. 그러나 비정상적으로 작동하는 부표의 상태를 확인하기 전까지는 모든 부표들이 위험모드에 기다려야 한다.

표 2. 상태-이벤트 표

pre-condition	event	post-condition
N	Set SB(1,0)	E
	Set SB(0,1)	R
R	Receive SB(0,0)	N
E	Receive SB(0,0)	N
	time-out	W-1
W-1	Set SB(1,1)	W-2
W-2	Receive SB(0,0)	N

위험모드가 되면, 다시 말해 SB(1,0)이 전송되면, 모든 노드 사이에 통신이 빈번해지고 추적 메시지와 같은 추가적인 메시지가 발생하기 때문에 시스템의 부하가 걸리고 각 부표는 과도하게 에너지를 소비하게 된다. 에너지 소비를 막기 위하여 비정상 부표의 확인 작업 없이 무작정 정상모드로 환원시키는 것도 위험하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사용하는 것이 SB(1,1)이다.

SB(1,1)이 활성화 되면 모든 시스템은 정상화된다. 즉, SB(0,0)과 마찬가지로 정상적으로 시스템이 작동하지만, 가입요청이 있을 경우에는 이를 즉각적으로 CO에게 보고한다는 것이 다르다.

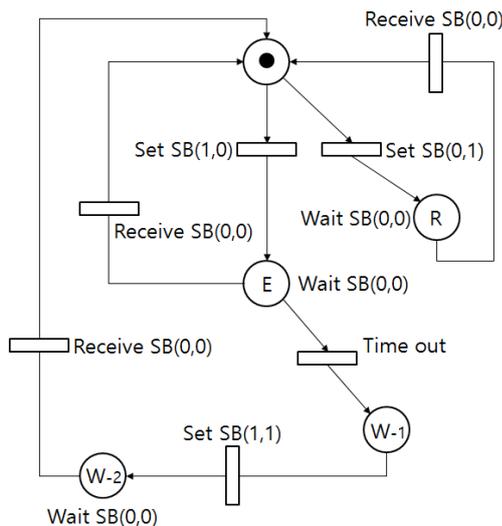


그림 7. 페트리넷 모델링

다음으로 제안하는 프로토콜이 안전하게 작동하는지를 페트리넷(petri-net) 모델링을 통하여 증명한다. 표 2는 제안하는 프로토콜의 상태-이벤트(state-event) 표이다. N은 정상모드이며 R은 재설정, E는 위험모드를 나타낸다. W는 경

고모드이며 W-1과 W-2의 두 개의 상태로 다시 나뉜다. W-1은 정상모드로의 환원이 이루어지는 상태이며, W-2는 가입요청만을 즉각적으로 받는 상태이다.

그림 7은 표 2의 상태-이벤트(state-event) 표를 사용하여 제안하는 프로토콜을 페트리넷으로 모델링 한 것이다. 제안하는 프로토콜은 기존의 무선 시스템에서 추가적으로 작동하는 프로토콜이기 때문에 어떤 상태에서건 정상모드로 돌아가는 것이 중요하다. 따라서 [15]의 증명방법을 사용하여 제안하는 프로토콜의 도달 가능성을 증명한다.

[정리] 페트리넷 C에 대해, C에서 도달 가능한 상태 집합을 표현하는 도달성 트리 R을 가정하자. 도달성 트리 R에서 초기 플레이스에만 토큰이 존재하는 초기 마킹 M_0 에 대하여 단말노드 중 완료 플레이스와 완료 플레이스 이외의 플레이스에 토큰이 존재하는 마킹 M_0 가 존재하지 않으면 도달 가능성을 만족한다.

[증명] 페트리넷에는 크게 3개의 경로가 존재하며 E상태와 R상태의 경로는 SB(0,0)에 의해 정상모드로 환원된다. 이미 설명한 바와 같이 두 상태 모두 타임머가 셋팅되기 때문에 SB(0,0)을 받지 못하더라도 정상모드로 환원된다. 타임아웃에 의해 진입하게 되는 W-1의 경우 SB(1,1)을 설정 한 후, 바로 SB(0,0)를 기다리기 때문에 정상모드로의 복귀가 가능하다. 따라서 모든 경로가 독립적이고, 경로 상에 공유되는 상태가 없으며, 타임머에 의해 정상모드로 환원이 보장되기 때문에 완료 플레이스 이외에 토큰이 존재하는 M_0 는 없다.

따라서 제안하는 프로토콜은 정상상태로 환원한다는 것을 보장 하며, 기존의 통신 시스템의 무결성을 침범하지 않는다.

V. 결론

부표의 유실은 커다란 자원의 낭비이며 이를 방지하기 위한 방법으로 GPS를 이용하는 방법과 카메라를 이용하는 방법이 제안 되었다. GPS를 이용하는 위치추적 방법은 일반화된 방법이나 GPS 자체의 오차가 크고, 많은 양의 배터리를 소모한다는 단점을 가진다. 특히 고정형 부표의 경우 GPS의 사용 빈도는 매우 제한적인 반면 유지비용은 매우 크다. GPS 방식을 보조하기 위하여 제안 된 카메라를 이용하는 방법의 경우 부표의 이동 방향을 제한적으로 추적 할 수 있고, 카메라 장비의 가격이 매우 고가이며, 전송되는 데이터의 양이 크다는 단점이 있다. 제안하는 방식은 부표 시스템의 큰 변경 없이도 단독 혹은 GPS와 혼합하여 사용할 수 있는 방법이다. 제안하는 방법은 스마트폰에서 위치를 추적하는 방식과 유사하다. 스마트폰의 경우 GPS 단독으로 위치를 추적하기 보다는 GPS와 기지국과의 혼합 방식을 사용하여 GPS

의 부족한 부분을 보완하고 있다. 제안하는 시스템은 기존 ZigBee의 가입요청 메시지를 이용하여 위치를 추정하게 하는 방식이다. 기존의 방법과 비교하여 제안하는 방법은 기존의 시스템을 변경하지 않고 2개의 추가적인 bit만으로 구현이 가능하다는 장점이 있다. 본 논문에서는 제안하는 프로토콜을 페트리넷으로 모델링한 후 정상 상태로의 도달 가능성을 증명하였다. 따라서 제안하는 프로토콜은 기존의 시스템의 무결성을 침범하지 않으면서도 적은 오버헤드로 비정상적으로 움직이는 부표의 추적 가능한 정보를 획득할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 권원현, “원격탐지기능을 갖는 무선부표시스템,” 한국통신학회 논문지, Vol. 36, No. 5, pp. 549-556, 2015.
- [2] “표준형부표 제작 및 품질관리 기본에 관한 규정,” 해양수산부, 2015.
- [3] Gim, O. S., “Study on the Flow Control behind the Marine Cylindrical Floating Structures,” PhD Thesis, 2008.
- [4] 류연철, 성유창, 이경우, “행상계측용 소형 부표 설계를 위한 수치 시뮬레이션,” 해양안전학회지, Vol. 19, No. 5, pp. 497-502, 2013.
- [5] David G. Itano, “Super Superseiner”, SCTB15 Working Paper, University of Hawaii, 2002.
- [6] Loren Li, “Progress Report #1”, Working Paper, University of Victoria, Canada, 2002.
- [7] S. C. Mukhopadhyay and H. Leung, “Low Power Wireless Buoy Platform for Environmental Monitoring,” Advanced in Wireless Sensors-Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 64, pp.25-42, 2010.
- [8] Irie, Hiroki, Mita, et.al, “Measurements System using Drifting Buoy with GPS and Cellular Modem of Tidal Current in an Inland Sea,” Proceedings of the 2008 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, pp. 935-942, 2008.
- [9] “해상 부표 장치를 이용한 상태정보 송수신 시스템”, 한국등록특허 제10-1152016호, 2014.
- [10] ZigBee Alliance, “ZigBee-2007 Specification,” ZigBee Document 053474r17, 2008.
- [11] IEEE Computer Society, “IEEE Standard for Information technology Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks Specific Requirements Part 11,” IEEE Standards, pp. 1-25, 2012.
- [12] 김봉환, 박창섭, “ZigBee 네트워크에서의 안전한 멤버십 프로토콜,” 정보보호학회논문지, Vol.23, No.3, pp.405-416, 2013.
- [13] 우변구, “IALA 해상부표시스템 기준에 따른 우리나라 해상부표시스템의 부표명칭 개선에 관하여”, 한국도선사협회지, 여름호, pp. 19-27, 2010.
- [14] 김주영, 최중용, 나중찬, 조현숙, 이병길, “국내 해상교통관제센터의 요구사항 분석을 통한 차세대 VTS의 항행지원 서비스 시나리오,” 한국통신학회논문지, Vol. 38. No. 05, pp.440-451, 2013.

- [15] 정희택, 이도현, “페트리넷을 이용한 워크플로우 명세의 완료 가능성 및 무결성 검증,” 한국정보처리학회 논문지 Vol. 7, No. 7, pp. 2028-2040, 2000.

저자

조 성 호(SungHo Cho)



- 1994년 2월 : 한국외국어 대학교 컴퓨터학과 졸업(이학사)
 - 1997년 9월 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학석사)
 - 2000년 2월 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학박사)
 - 2001년 3월 ~ 2002년 8월 : 천안대학교 전임강사
 - 2002년 9월 ~ 현재 : 한신대학교 정보통신학부 교수
- <주 관심분야> : 분산시스템, 모바일시스템, E-러닝