

스마트 철조망 장력센서를 위한 유무선 이중화 알고리즘

김장영*

Wired and Wireless Dualization Algorithm for Tension Sensing Smart Fence System

Jang-Young Kim*

Department of Computer Science, The University of Suwon, Hwaseong 445-743, Korea

요 약

본 논문은 장력 센서 시스템으로 구성된 장력펜스에 무선모듈을 설치하고, 경보발생시 데이터를 무선으로 전송하는 알고리즘을 연구한다. 유선 통신 시스템은 높은 정확성과 응답속도를 가지지만 초기 설치비용이 비싸고 연결이 복잡하며 연결선이 유실되는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 Zigbee 무선통신 기술을 이용하여 유선 통신 시스템의 문제점을 보완하고 무선 통신이 가지는 응답속도 지연 및 배터리 문제에 관해 연구하여 이를 적용하고자 한다.

ABSTRACT

This paper proposed an efficient algorithm for tension sensing smart fence system with wireless sensor transmission module installation and alarming services. The wired transmission system demonstrates high accuracy and low latency, but the cost is expensive and transmission error may occur. For these reasons, this paper presented to use wireless transmission communication using Zigbee module technology in order to decrease delay and latency and solve the battery issues.

키워드 : 지그비 모듈, 유무선 이중화, 보안시스템, 스마트 철조망 장력센서

Key word : Zigbee module, Wired and wireless dualization, Security system, Tension sensing smart fence system

Received 23 March 2015, Revised 08 April 2015, Accepted 23 April 2015

* Corresponding Author Jang-Young Kim (E-mail: jkim77@suwon.ac.kr, Tel: +82-31-229-8345)
Department of Computer Science, The University of Suwon, Hwaseong 445-743, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.5.1071>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

보안 펜스사업은 [1-3] 투자 가치가 계속 상승되고 있다. 국제 정세에 있어서, 자신의 영토를 보호하고 외부의 침입자를 경계하는 시스템은 가장 기본적이면서도 중요한 보안요소 중 하나이다(그림 1).

따라서 본 연구는 보안시스템 사업 중 하나인 보안펜스 분야에 대해서 보안성 향상을 위한 방안을 제시하고, 그에 맞는 알고리즘에 따른 결과를 분석하여 적용하는 것을 목적으로 한다.

무선데이터 전송방법은 [4] 유선신호에 비해 불안정하고 응답시간이 느리다는 문제점을 내포하고 있다. 특히, 환경적 요인에 따른 변수가 많다. 무선신호 도달범위에 닿지 않거나 데이터손실 및 응답시간 지연 등의 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구를 통해 각종 환경에 대한 알고리즘 평가 및 실험을 실시하여 가장 이상적인 평균값을 도출하여 적용하려고 한다.

본 논문은 펜스의 경보신호를 무선으로 처리할 수 있는 부분에 있어, 신뢰성과 응답시간을 개선하기 위한 알고리즘인 Bomb Passing Algorithm 및 Jump Passing Algorithm을 이용한다.

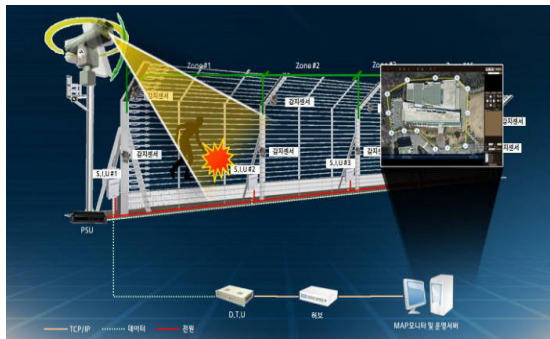


그림 1. 철조망 시스템
Fig. 1 Fence System

II. 본 론

2.1. Zigbee 모듈

Zigbee는 [5-7] 낮은 데이터를 안정성 있게 전송하기에 적합한 제품이다. Zigbee의 프로토콜은 확장에 용이성을 가지고 있으며, 저 전력소모와 송수신모드, 슬립

모드를 가지고 있다. 또한 비용이 저렴하며 안전성과 신뢰성에서 인정을 받고 있는 모듈중 하나이다.

본 연구에서 Zigbee 모듈은 Zigbee사이에 있어 목적지로 안전하고 신뢰성있는 데이터 송/수신을 하며 기존의 유선망이 데이터를 전송할 수 있게 해준다. 사용하는 Zigbee모듈은 Xbee pro S2B로써 단거리 통신모듈을 위한 목적으로 사용한다.

2.2. SIU(Sensor Interface Unit)

125 x 160mm의 보드로 되어있으며 DC-DC전원 장치, 표시부 및 제어 Switch로 구성되어 있으며 단자부에는 감지기 연결 단자, DTU 통신단자, 합체 Door 개폐 감시용 단자를 가지고 있다.

본 장치는 펜스와이어의 변화를 감지하는 감지기가 연결되는 장치로서 동작 운영에 필요한 요소를 설정하고 감지 신호를 분석하여 경보발생 유무를 결정하여 DTU (Data Transfer Unit)에 수집 자료를 제공하는 기능을 제공한다. 감지기는 2개의 입출력 접점 신호를 운영 할 수 있으며 감지 신호를 처리하여 DTU의 통신 선로로 전송하며 원격제어 신호를 처리한다.

본 연구에서 이 장치는 Xbee PRO S2B 무선 모듈을 장착해서 센서에 경보신호가 들어올시, 유선 데이터 전송기능에 문제가 있으면 데이터를 무선으로 전송하는 기능을 하게 된다. 또한 기존의 SIU가 무선으로 스위칭 되었을 때 전원은 배터리를 통해 공급받아서 동작하게 한다.

SIU와의 무선데이터 전송에서 데이터가 최종적으로 DTU로 송신 되었을 때를 응답시간으로 보고 이 시간 및 신뢰성을 판단하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

2.3. 장력 센서 시스템

장력센서시스템은 압전 세라믹 소자를 이용한 센서를 통해 울타리에 걸리는 장력의 변화율을 감지하고 이를 전기적인 신호로 변환, 중앙통제소에 전송하여 외부 침입 사실을 인지하도록 응용한 최신 보안 시스템이다. 특히 장력감지 시스템은 장력선 자체가 울타리 역할을 하기 때문에 1조의 울타리라도 2중 울타리의 기능이 있어 경비절감은 물론 가시적인 보안 효과도 극대화 할 수 있다.

본 연구에서는 이 장력센서 시스템으로 구성된 장력 펜스를 통해 장력의 변화율에 따라 발생하는 경보를

SIU가 감지하고, 관련 정보에 관한 데이터를 무선으로 전달한다 (그림 2).

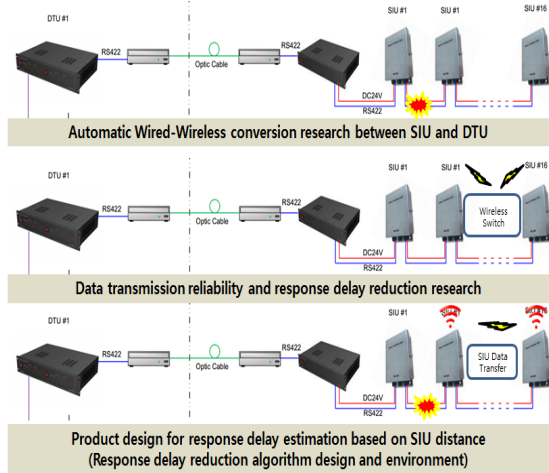


그림 2. 무선 이중화 전체도
Fig. 2 Wireless Dualization Overview

III. 구현 알고리즘

3.1. Bomb Passing Algorithm

다수의 노드가 Bus 형태로 유선으로 연결되어 있을 경우를 가정한다. n번 노드의 유선연결이 차단된 경우 n-1번 노드를 포함한 이후의 모든 노드가 자동으로 무선모드로 자동 스위칭 되도록 한다. 이후 무선으로 스위칭된 각 노드는 바로 전 노드에게 데이터를 전송하여 데이터를 처리하게 한다. 데이터를 수신한 n-1번 노드는 연결된 유선망을 이용해 수신한 데이터를 전달한다 (그림 3, 4).

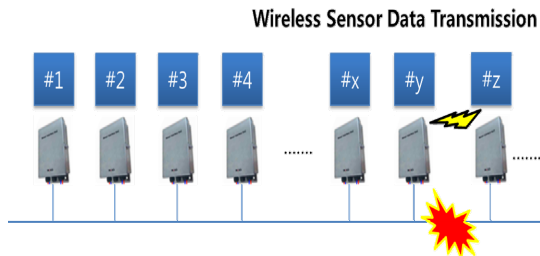


그림 3. 센서데이터 무선전송
Fig. 3 Sensor Data Wireless Transmission

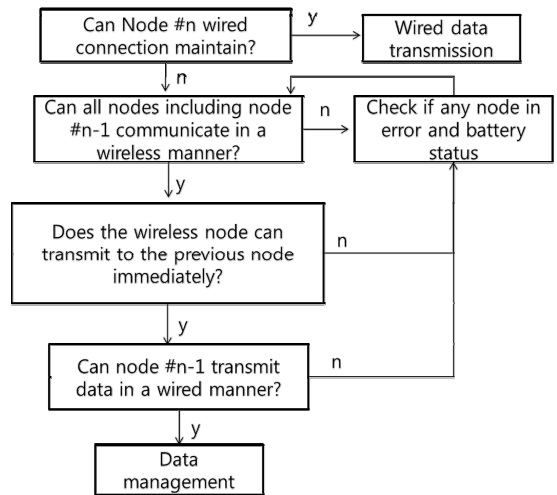


그림 4. Bomb Passing 순서도
Fig. 4 Bomb Passing Flowchart

3.2. Jump Passing Algorithm

위의 Bomb Passing Algorithm의 가정과 조건을 동일하다고 보았을 때 Bomb Passing Algorithm의 방법은 바로 전 노드에게 데이터를 송신하는 방법이었다. 하지만 응답시간을 줄이기 위해서 바로 앞 노드가 아닌 무선모듈이 지원하는 최대거리에 있는 노드에게 데이터를 전송한다. 이에 따라 한번에 전송할 수 있는 거리를 늘려서 n-1번 노드에 빠르게 데이터를 전송할 수 있게 한다(그림 5).

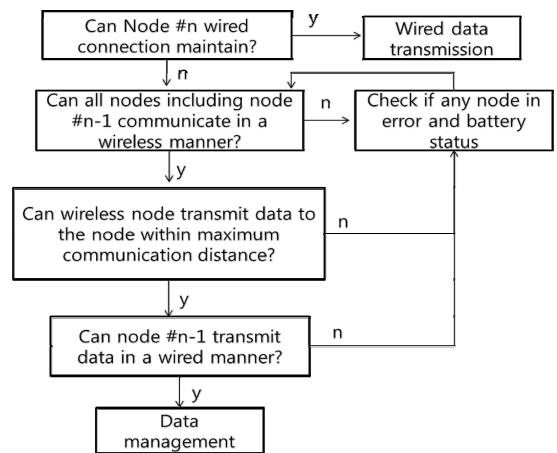


그림 5. Jump Passing 순서도
Fig. 5 Jump Passing Flowchart

IV. 실험환경 및 결과

4.1. 실험환경

본 시스템의 동작 상태를 검증하기 위해 [그림 6]과 같이 Zigbee 모듈을 이용하여 통신환경을 테스트 한다. 추가적으로 Xbee PRO S2B 모듈의 통신거리를 넓히기 위해서 Xbee S2B RA-SMA 안테나를 사용한다.



그림 6. Xbee PRO S2B 무선모듈
Fig. 6 Xbee PRO S2B module

Xbee PRO S2B를 테스트하기 위해 SIU를 대신하여 3대의 PC를 가시거리 500m 지점에 배치하여 통신 여부를 확인한다. 또한 배터리 운용 테스트를 위해 라즈베리파이B+ 보드와 Xbee PRO S2B를 사용해서 배터리 실험은 진행한다(그림 7).



그림 7. 배터리 테스트 환경
Fig. 7 Battery Test

4.2. 실험결과

표 1. Bomb Passing 알고리즘 실험결과

Table. 1 Bomb Passing Algorithm Results

Status	Node #0 response delay (ms)	Node #1 response delay (ms)	Node #2 response delay (ms)
Wired	280	279	274
Node #2 idle	274	249	372
Node #1, 2 idle	265	351	454
Node #0, 1, 2 idle	267	357	439

표 2. Jump Passing 알고리즘 실험결과

Table. 2 Jump Passing Algorithm Results

Status	Node #0 response delay (ms)	Node #1 response delay (ms)	Node #0 response delay (ms)
Wired	271	288	283
Node #2 idle	284	262	427
Node #1, 2 idle	293	407	399
Node #0, 1, 2 idle	288	405	406

위의 [표 1],[표 2]에서 유무선 상태는 각 노드의 유선 연결 상태를 말한다. 노드가 idle되었다는 것은 유선이 차단되어 무선으로 스위칭되었다는 것을 의미한다. 응답시간은 패킷 사이즈를 속도로 나눈 값을 의미한다.

가시거리 500m안에 3개의 노드가 있을 때 Bomb Passing과 Jump Passing 방법은 노드가 모두 idle되었을 때 4초 이상의 응답시간을 가졌다. 또한 한 개의 노드가 idle되었을 때(2번 노드 죽음) 2번의 응답시간이 4초 이상인 것을 보면 한 개의 여러개의 노드가 동시에 idle되었을때와 한 개가 idle되었을 때가 많은 차이는 없어 보인다.

[표 3]에서 다음날은 미충전 상태로 이어서 시작한다. 5차중단 후 전압하락(3.1V)으로 실험을 중단했다. 패킷 톨은 회당 1000바이트 전송, 수신을 말한다. 5차중단까지 운용시간은 약 90분 가동됨을 확인 할 수 있었다. [그림 8]에서 보이는 지도는 수원대학교 내에 센서 노드를 배치하고 무선 통신을 실험하는 지도를 구현한 프로그램이다.

표 3. 배터리 테스트 결과
Table. 3 Battery Testing Results

# Trial	Start time	End time	Packet turn	During time
1 st stop	9:23:30	9:59:04	773	29m34s
2 nd stop	10:04:48	10:16:40	311	11m52s
3 rd stop	10:17:58	10:22:40	124	4m42s
4 th stop	10:24:20	10:47:55	617	23m35s
Next day	-	-	-	-
5 th stop	11:47:19	12:07:44	534	20m25s

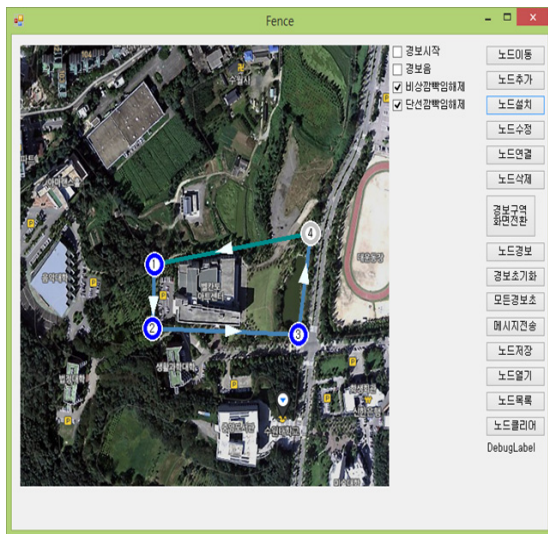


그림 8. GUI 프로그램
Fig. 8 GUI Program

4.3. 추후실험계획

배터리 운용시간을 늘리기 위한 모듈 변경 및 배터리 운용방법을 다시 설정한다. 또한 무선으로 데이터가 전송될 때 SIU모듈이 다른 여러대의 SIU모듈의 데이터를 모두 가지기 위해선 메모리 문제가 발생 할 수 있으므로 메모리를 확장하거나 패킷의 크기를 조절하는 방법을 고려해야 한다.

패킷을 종합하는 노드를 중간에 하나 두어 SIU가 부담하는 메모리의 부담을 줄이고 데이터를 종합한다. 이 역할을 수행하는 노드끼리 데이터를 전송함으로써 응답시간을 줄이고 전송에 있어 안정성을 확보 할 수 있을 것이라 보고 연구를 더 진행한다.

V. 결 론

배터리 운용면에서 90분은 무선으로 스위칭되고 다른 보안 시스템을 운용하기에 충분한 시간으로 판단된다. 하지만 무선모듈 자체가 배터리 소모가 크므로 어떤 변수가 일어날 수도 있다. 또한 현장에서 수 km로 연결된 장력 센서 시스템에서 무선 데이터 전송은 실험 결과의 0,1,2번 노드가 idle되었을 때보다 응답시간이 더 길어질 것이다. 실험에서 가시거리 500m는 현장에서 겪는 다른 환경을 고려하지 않은 거리기 때문이고 SIU사이의 거리도 가깝게 설정했기 때문에 응답시간에 영향을 미칠 것이다.

향후 연구에서는 직접 장력 센서 시스템에 설비되어 있는 SIU에 무선모듈을 직접 설치해서 응답시간을 고려하고 배터리 성능을 확인 할 것이다. 추가적으로 효율적인 프로토콜을 이용하여 데이터의 안정성 및 신뢰성을 높일 것이다[8]. 또한 에너지를 절약할 수 있는 추가 프로토콜도 적용할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 수원대학교 경기도 지역협력 연구센터(GRRC)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처 및 연구원들에게 감사드립니다. 또한 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행. [(GRRC수원2015-B1), 장력기반 협동적 상황인지 및 대응시스템]

REFERENCES

- [1] J Ciordinik, F Ciordinik, A Penzo, "Intrusion Warning Wire Fence", US Patent, 1987.
- [2] DW Poole, G Western, IG McKillop, "The effects of fence voltage and the type of conducting wire on the efficacy of an electric fence to exclude badgers (*Meles meles*)", Crop protection, Elsevier, 2004.
- [3] IW Couch, BM Hammer, K Couch, "Tension sensing security apparatus and method for fencing", US Patent, 1994.

- [4] HW Oh, IT Han, KR Park, SH Kim, “An enhanced multi-path scheme for QoS guarantee in wireless sensor network”, Consumer Electronics, 2007.
- [5] P Baronti, P Pillai, VWC Chook, S Chessa, “Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15. 4 and ZigBee standards”, Elsevier, 2007.
- [6] JS Lee, YW Su, CC Shen, “A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi”, *Industrial Electronics Society*, 2007.
- [7] Zigbee module, “<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>”
- [8] J. Kim, “Performance Improvement of Efficient Routing Protocol Based on Small End-to-End Sequence Numbers,” *Korea Institute of Information and Communication Engineering(KIICE)*, July 2014.



김장영(Jang-Young Kim)

2005년 2월: 연세대학교 컴퓨터과학 공학사
2010년 5월: Pennsylvania State Univ. 공학석사
2013년 7월: State University of New York 공학박사
2013년 8월: University of South Carolina 조교수
2014년 3월: 수원대학교 컴퓨터학과 조교수
※관심분야: Big data, Cloud computing, Networks