

이기종 필드 센서 네트워크의 효율적인 통신 환경을 위한 거리벡터 라우팅 프로토콜 기반 CAN 라우팅 프로토콜에 관한 연구

한경현 · 한승조*

A Study of CAN Routing Protocol for Efficient Communication Environment Based on Distance Vector Routing Protocol in Heterogeneous Field Sensor Network

Kyoung-heon Han · Seung-jo Han*

Department of Information & Communication Engg., Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

요 약

산업현장에서 가장 많이 사용하고 있는 이기종 필드 센서 네트워크의 경우 센서간 통신은 CAN 통신 방식을 기반으로 버스형 구조로 설계되어 있다. 이러한 네트워크는 버스형 구조 특성상 거리 벡터 라우팅 프로토콜을 지원하고 있으며, 또한 이기종 네트워크를 지원할 경우 별도의 라우팅 테이블을 두어 변환하는 방식을 지원한다. 하지만 이러한 네트워크는 확장성의 제한 및 낮은 전송처리속도 문제로 인해 네트워크 효율성 저하에 원인이 되고 있다. 그래서 본 논문에서는 네트워크의 확장성 및 높은 전송 처리속도를 보장하기 위한 새로운 CAN 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 RIPv2 기반으로 설계되었으며, 거리 벡터 라우팅 프로토콜의 단점을 보완하기 위해 우선순위 부여 및 부가 기능을 부여할 수 있는 구간을 두는 방식을 지원하도록 설계하였다. 본 논문에서 제안하는 방식의 효율성 증가를 검증하기 위해 CAN 통신 기반으로 이기종 필드 센서 네트워크를 구축하여 데이터 전송률을 측정하였다.

ABSTRACT

Heterogeneous field sensor network between sensor to sensor is designed the CAN method to bus type structure in most using at industry. This Network is supporting a distance vector routing protocol on a characteristic structural a bus type. Also This network support to convert as making separate routing table in heterogeneous network. However distance vector routing protocol make a problem of decrease efficiency because of restriction of network expandability and low transmission process. We propose new CAN routing protocol to support network expandability and high transmission process of industry network. New CAN routing protocol structure addition priority and optional function field based on RIPv2. We established heterogeneous field sensor network, we measure data Throughput(bits/sec) for confirm new CAN routing protocol to increase efficient in industry.

키워드 : 라우팅, CAN, ASCII, 컨버터, 이기종 네트워크

Key word : Routing, CAN, ASCII, Converter, Heterogeneous Network

접수일자 : 2013. 06. 24 심사완료일자 : 2013. 07. 09 게재확정일자 : 2013. 07. 26

* **Corresponding Author** Seung-jo Han (E-mail:sjbhan@chosun.ac.kr, Tel:+82-62-230-7247)

Department of Information & Communication Engg., Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.8.1820>

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

산업현장에서 사용되는 필드 센서 네트워크의 경우 센서간 통신은 CAN 통신을 이용한 버스형 네트워크 타입이 주를 이루며 라우터 및 게이트웨이간 통신은 100BaseT을 이용한 스타형 및 메시형 네트워크 타입이 주를 이루고 있다. 이와 같은 구조로 설계된 산업현장용 버스형 이기종 필드 센서 네트워크에서는 네트워크 계층별로 같은 대역대의 링크를 일괄적으로 사용하고 있으므로 거리 벡터 라우팅 프로토콜을 가장 많이 사용하고 있다. 또한 산업현장에서는 다양한 네트워크 장비를 사용하므로 인해 거리 벡터 라우팅 프로토콜 중에서 범용 장비에 사용 할 수 있을 정도로 호환성이 좋은 RIP(Routing Information Protocol) 계열의 라우팅 프로토콜을 가장 많이 사용하고 있다[1,2].

하지만 RIP 계열의 라우팅 프로토콜은 우선순위 없이 데이터 처리를 FIFO(First In First Out) 타입으로 처리하며, 네트워크 고유 특성이 반영되지 않는다는 단점이 있다. 또한 네트워크 구조 및 통신 방식이 변화가 없더라도 안전한 통신을 위해 매 30초마다 라우팅 테이블을 업데이트를 하지만 이는 불필요한 통신으로 네트워크 효율성을 떨어뜨린다는 문제점이 있다. 또한 네트워크가 거대해지면 라우팅 테이블 업데이트 시간으로 인해 발생하는 저속 수렴 문제로 인해 루핑 현상이 발생하는 문제점을 가지고 있다[3].

그래서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 RIP 계열의 새로운 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 클래스리스 라우팅 프로토콜인 RIPV2 기반으로 사용하지 않고 비어 있는 구간에 우선 순위 부여 및 부가 기능을 부여할 수 있는 기능을 넣어 재설계하였다. 이렇게 설계한 제안하는 라우팅 프로토콜의 효율성 증가를 검증하기 위해 네트워크 시뮬레이션 툴인 OPNET을 통해 산업현장에서 가장 많이 사용하고 있는 CAN 통신 기반 이기종 필드 센서 네트워크를 구축하여 네트워크 성능 시험을 하였다. 네트워크 성능 시험 측정 요소는 네트워크 효율성 증가 여부를 확인하기 위해 전체 네트워크와 우선 순위를 가지는 센서측에서 데이터 전송률인 Throughput(bits/sec)를 측정하여 비교 분석하였다.

II. 거리 벡터 라우팅 프로토콜

거리 벡터 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블 정보 (Smallest Hopping Account)를 가지고 수시로 환경 정보를 자동으로 교환하며, 각 라우터가 인접한 라우터에게 네트워크의 모든 라우터까지 연결 비용을 알려준다. 장거리 벡터 라우팅 프로토콜은 장거리 벡터 라우팅 프로토콜은 루프 라우팅을 하게 되는 경향이 있지만, 계산 측면에서는 링크 상태 라우팅 프로토콜보다 더 단순하다[3].

거리 벡터 라우팅 프로토콜은 가장 짧은 경로 스페닝 트리를 찾기 위해 경로 상의 홉(Hop) 수에 따라 반복하여 실행되는 라우팅 프로토콜이며, 네트워크의 크기 및 라우터 모델들 간의 호환성 등의 요인으로 인해 크게 IGRP(Interior Gateway Routing Protocol) 와 RIP 두 가지 방법으로 구분하여 사용된다[4].

표 1. 거리 벡터 라우팅 프로토콜 특성 비교

Table. 1 Characteristic Comparison of Distance Vector Routing Protocol

구분	RIPv1	RIPv2	IGRP	EIGRP
수렴속도	느림	느림	느림	빠름
확장성	작음	작음	작음	큼
VLSM 사용	×	○	×	○
자원사용률	낮음	낮음	낮음	중간
구현 및 유지	단순	단순	단순	복잡
범용	○	○	×	×

첫 번째 IGRP 계열 라우팅 프로토콜의 경우 시스코에서 만들어낸 프로토콜로서 IGRP와 EIGRP가 존재한다. IGRP 계열 라우팅 프로토콜의 경우 경로 선택을 위해 대역폭, 지연, 부하, 신뢰성, MTU(Maximum Transmission Unit) 등 5가지 요인을 가지고 가장 좋은 경로를 선택하는 기능을 가지고 있다[5]. 복합적 네트워크 상황 파악을 통해 최적 경로를 선택할 수 있다는 장점을 가지고 있지만 시스코 장비에서만 사용이 가능하다는 특성이 있어 일반적인 산업현장에서는 사용하기 어렵다는 특징을 가지고 있다.

두 번째 RIP계열라우팅 프로토콜의 경우 RIPv1과 RIPv2이 존재한다. RIP 계열의 라우팅 프로토콜의 경우 라우터의 메모를 적게 사용한다는 장점이 있으며, 모든 장비에 범용적으로 사용가능하는 특성이 있어 산

업현장 및 홈 네트워크 등 센서 네트워크에 가장 많이 사용되고 있다. 하지만 RIP는 경로 선택에서 단지 홉 카운트에 의존하기 때문에 속도나 회선의 신뢰도와 같은 여러 환경적 요소를 고려하지 않는다.

RIP은 구성이 간편하고 표준 라우팅 프로토콜이므로 가장 일반적으로 사용되는 거리 벡터 라우팅 프로토콜이다[5]. 라우팅 경로는 송신 단말과 수신 단말의 라우터의 개수에 해당하는 홉 수를 표시하는 라우팅 테이블에 의해 결정된다. RIP는 최대 홉은 15로 제한되어 있으며 16일 경우 데이터를 폐기하는 기능을 가지고 있다. 이로 인해 전체 네트워크의 규모가 15홉 기준으로 제한되어 대규모 네트워크에서는 사용할 수 없다.

$$\text{Cost} = \text{Hop_Count} \text{ (But, Hop_Count} < 16)$$

또한 RIP는 매 30초마다 라우팅 테이블 및 정보를 브로드캐스트 및 멀티캐스트를 통해 업데이트를 하는데 만약 180초 이내에 새로운 라우팅 정보가 수신되지 않으면 해당 경로에 이상이 발생되었다고 간주한다. 이처럼 네트워크의 이상 및 변화를 감지하는데 시간 (Convergence Time)이 많이 소요되는 저속 수렴(Slow Convergence)으로 인해 루핑 현상이 발생하는 문제점을 가지고 있다[6,7].

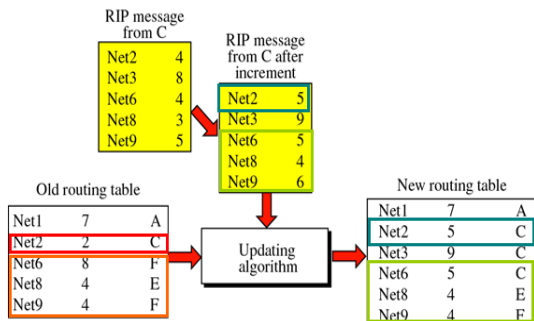


그림 1. 라우팅 테이블 업데이트 예
Fig. 1 Example of Routing Table Update

III. RIP의 문제점

시간 라우팅 테이블 업데이트가 모든 네트워크에 전달되는 시간이 많이 소요되는 저속 수렴으로 인해 루핑

현상이 발생된다.

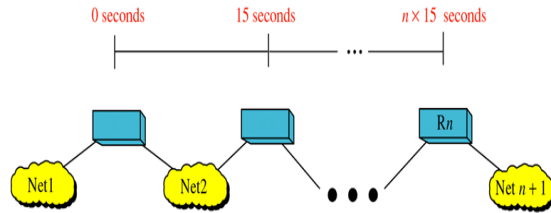


그림 2. 저속 수렴 문제
Fig. 2 Problem of Slow Convergence

또한 사라진 네트워크를 알지 못하고 서로 라우팅 테이블을 업데이트 하면서 홉 카운트를 증가시키는 문제가 발생하며 죽어있는 네트워크로 향하는 데이터들이 목적지에 도착하지 못하고 지속적으로 전달되게 되는 루핑 현상이 발생하게 된다.

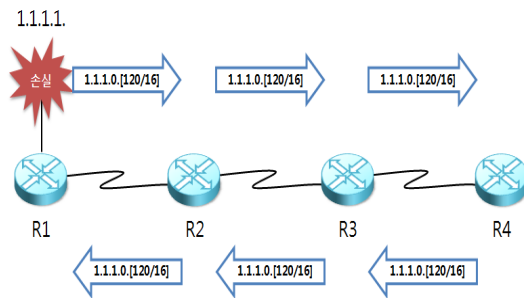


그림 3. RIP 루핑 문제
Fig. 3 RIP Looping Problem

이러한 루핑 현상을 방지하기 위해 네트워크 설계자는 Maximum Hop Count, Hold Down Timer, Split Horizon과 같은 여러 방법을 선택적으로 사용되고 있지만 이러한 방법들은 표 2와 같이 네트워크 확장성을 제한하거나 네트워크 효율성을 저하시킬 수 있는 또다른 문제점을 발생시킨다[7,8].

특히 Maximum Hop Count의 방법의 경우 최대 홉 카운트를 15로 정의하여 홉이 15가 넘어 갈 경우 자동으로 삭제되는 기능을 지원하고 있어 네트워크 확장성을 15 홉으로 한정시키는 문제점이 있다. 또 다른 기능인 Hold Down Timer의 경우 죽은 네트워크를 바로 삭제하지 않고 일정 시간 가지고 있으면서 그 Hold Down Time 동안 주변의 라우터들을 업데이트 하고 일정시간

이후 삭제하므로 인해 트래픽을 과중되는 문제점이 있다. 또한 Split Horizon의 방법은 네트워크 상태가 원형이라면 다운타임 안에 모든 라우터가 업데이트를 완료하지 못하고 다시 루핑되는 문제점이 발생된다[8,9].

제안하는 라우팅 프로토콜은 RIPv2 프레임에서 사용하지 않은 16~31번째 비트에 우선순위 및 전송 기능을 넣어 설계를 하였다.

표 2. RIP 성능 개선 기능

Table. 2 RIP Performance Improvement Function

기능	내용	문제점
Maximum Hop Count	· 최대 홉수를 15로 정의	· 네트워크 확장 제약
Triggered Update	· 홉 수가 변경되었을 경우에만 통보함으로써 복구 시간 단축	· 주기적인 업데이트와 중복으로 인한 트래픽 과다 발생
Holddown	· 일정시간 경로 갱신 대신 새로운 갱신까지 기다림	· 트래픽 과다 발생
Split Horizon	· 재전송 메시지 전송 및 수행 거부	· 라우팅 업데이트를 완료하지 못하여 루핑 현상 발생

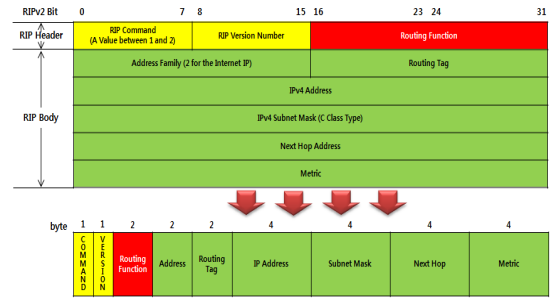


그림 5. 제안하는 라우팅 프로토콜 프레임

Fig. 5 Routing Protocol Frame

표 3. 라우팅 프로토콜 기능

Table. 3 Routing Protocol Function

주요기능	세부기능	코드	우선순위
긴급명령		0	0
		1	0
초기화	자동인식	8	3
	초기화	9	3
	주소설정	10	3
	리스트	11	3
Reporting	상태	16	4
	측정값	17	4
	이벤트	18	0
Request	쓰기	24	2
	읽기	25	2
부가기능	부가기능	32	5
Admin	Admin	40	1

IV. 제안하는 라우팅 프로토콜

제안하는 라우팅 프로토콜은 거리 벡터 라우팅 프로토콜 중에서 가장 범용으로 많이 사용하고 있는 RIPv2을 기반으로 빠른 수렴을 지원할 수 있는 우선 전송 순위 선정 기능을 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 RIPv2을 기반으로 설계하였으므로 Classless Routing Protocol이 가지고 있는 Subnet Mask 정보를 포함하며, VLSM(Variable Length Subnet Mask)의 사용을 지원한다.

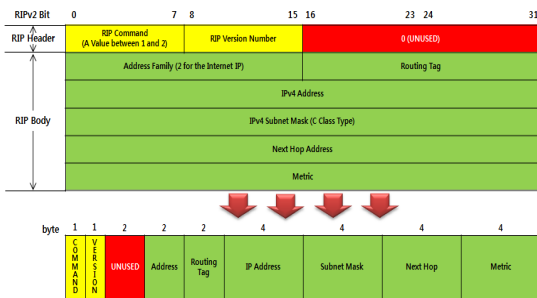


그림 4. RIPv2 프레임

Fig. 4 RIPv2 Frame

우선순위는 데이터의 중요도에 따라 0에서 4까지 표현하도록 하였으며, 숫자가 낮을수록 긴급 메시지로 인식하도록 설계하였다. 이러한 기능으로 인해 제안하는 라우팅 프로토콜은 우선 순위에 입각하여 네트워크를 효율적으로 관리할 수 있게 된다. 또한 제안하는 라우팅 프로토콜은 자동 인식 기능을 통해 매 30초마다 라우팅 테이블 업데이트 대신 네트워크에 변동이 있을 경우에 라우팅 테이블을 업데이트를 할 수 있는 Triggered Update와 유사한 기능을 지원한다. 또한 라우팅 테이블 업데이트 시간이 120초가 초과할 경우 네트워크에 이

상이 발생되었다는 것을 인식하여 라우팅 테이블을 초기화하는 기능 및 주소설정을 C Class 체계로 설정할 수 있는 기능을 두어 루핑 문제를 방지 할 수 있는 기능을 추가하였다. 또한 부가적인 기능으로 사용자 및 네트워크 관리자가 Reporting 기능을 통해 네트워크 상태를 수시로 체크 할 수 있는 기능을 두었으며, 원격 프로그램을 통해 라우팅 정보를 수시로 업데이트가 가능하도록 설계하였다.

V. 시뮬레이션을 통한 비교 분석

네트워크 시뮬레이션 툴인 OPNET을 이용하여 CAN QoS Parameter 정보를 참고로 필드 버스 센서 네트워크 환경을 구축하였다. 네트워크 구성은 15개의 CAN 통신 센서 구성된 센서 그룹(S1~S4) 4개, 라우팅을 가지는 라우터 및 게이트웨이(R1~R4) 8개로 구성하였다.

표 4. 시뮬레이션 파라미터
Table. 4 Simulation Parameter

Statistics	Value
Scenario Size	100m × 100m
Sensor Network Type	Filed Bus CAN
Sensor Data Rate	1Mbps
Gateway Data Rate	100Mbps
Simulation Time	10Min(600Sec)

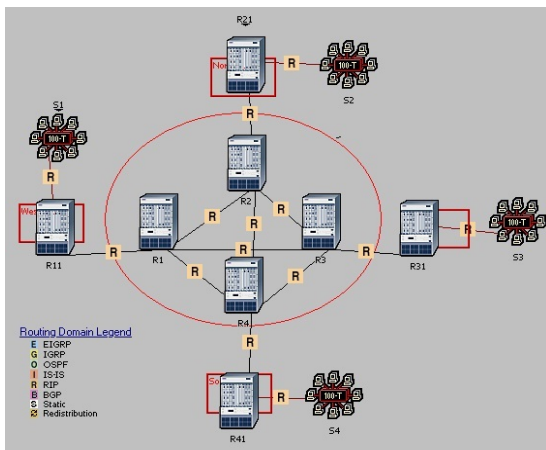


그림 6. 시뮬레이션 환경
Fig. 6 Simulation Environment

가장 하위 계층 CAN 센서에서 게이트웨이까지는 버스형 구조로 CAN 통신으로 전송하며, 게이트웨이에서 서버까지는 Ethernet 기반으로 통신을 하도록 설정하였다. 또한 우선 순위가 높은 센서를 S1 그룹 속하도록 설정하였다. 기존의 RIPv2 과 제안하는 라우팅 프로토콜을 각각 사용하여 10분동안 통신을 하도록 설정하였다.

제안하는 라우팅 프로토콜의 효율성 검증을 위해 우선 순위가 높은 센서를 임의로 선정 및 선택하여 네트워크 효율성 증가 여부를 확인하기 위해 전송률인 Throughput(bits/sec)를 비교 분석하였다.

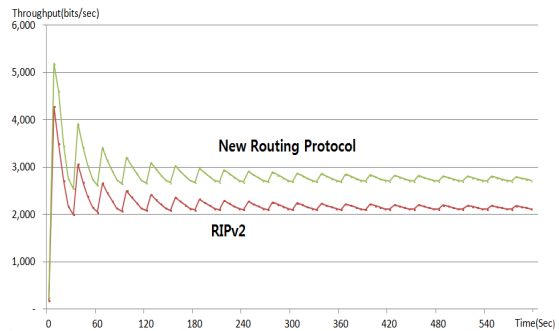


그림 7. 평균 전송률(bits/sec)
Fig. 7 Average Throughput(bits/sec)

전체 네트워크의 45개 센서에서 초당 전송하는 데이터가 라우팅되는 전송량은 RIPv2를 사용하였을 경우 2,239bits/sec의 전송률이 측정되었으며, 제안하는 라우팅 프로토콜을 사용하였을 경우 2,866bits/sec의 전송률이 측정되었다. 제안하는 라우팅 프로토콜을 사용하여 약 627bits/sec의 이득을 얻었으며, 전체 네트워크의 28% 성능이 개선되었다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블 업데이트를 네트워크 변화가 발생할 경우에만 업데이트를 진행하므로 30초마다 교환하는 라우팅 테이블 정보 대신 센서 데이터를 전송이 가능하게 되어 전송률이 증가하였다는 것을 측정된 수치로 알 수 있다.

또 다른 기능인 우선 순위 설정에 따른 루핑 현상 발생 여부 및 전송 효율 증가를 확인하기 위해 우선 순위가 부여된 센서가 포함된 그룹(S1)의 전송률을 비교 분석하였다.

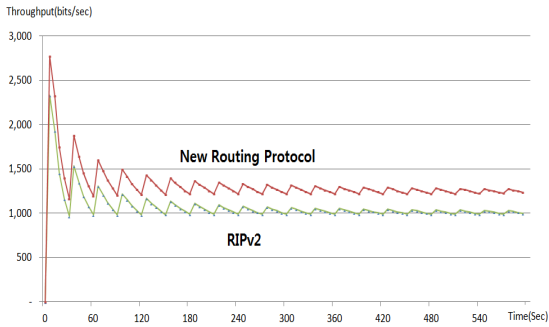


그림 8. 센서 평균 전송률(bits/sec)
Fig. 8 Sensor Average Throughput(bits/sec)

센서 그룹(S1)에 속해 있는 우선순위가 가장 높은 센서의 데이터 전송 관련된 평균 전송률은 그림 7에서 볼 수 있듯이 기존 RIPv2를 사용할 경우 평균 1,075bits/sec가 측정되었으며, 제안하는 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 1,320bits/sec가 측정되었다. 제안하는 라우팅 프로토콜을 사용하여 약 246bits/sec의 이득을 얻었으며, 23% 성능이 개선되었다. 이 수치는 제안하는 라우팅 프로토콜의 우선 순위 선정 기능으로 인해 우선 순위가 높은 센서의 데이터가 우선적으로 라우팅 되므로 인해 데이터 전송률이 증가하였다는 것을 측정된 결과이다.

전체 네트워크 및 우선 순위 센서의 전송률에 대한 결과를 비교해보면 제안하는 라우팅 프로토콜이 기존 RIPv2에 비해 좀 더 효율적이라는 것을 검증 하였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 산업현장에서 가장 많이 사용되는 이종 필드 버스 네트워크에 적합한 라우팅 프로토콜을 설계하였다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 우선 순위에 입각하여 라우팅 정보를 제공하므로 인해 실시간으로 정보를 확인해야하는 센서 정보와 응급한 메시지에 대한 신속한 전송이 필요한 네트워크에서 효율성을 높일 수 있는 방법이다. 또한 라우팅 테이블 업데이트를 네트워크 변화가 발생할 경우와 사용자 및 네트워크 관리자가 원할 경우 업데이트를 이루어질 수 있도록 하여 불필요한 트래픽을 최소화하였다. 그리고 라우팅 테이블 업데이트 시간이 120초가 초과할 경우 네트워크에 이상이 발생하였다는 것을 인식하여 라우팅 테이블을

초기화하는 기능 및 주소설정을 C Class 체계로 설정할 수 있는 기능을 두어 루핑 문제를 방지할 수 있다는 시뮬레이션 결과를 얻었다.

하지만 제안하는 라우팅 프로토콜은 산업현장에서 가장 많이 사용하고 있는 CAN 통신 기반 필드 버스형 네트워크를 위해 설계가 되어 있어 다른 형태의 센서 네트워크 구조에는 적합하지 않다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 앞으로 안전성 및 효율성을 우선 고려한 유무선 네트워크 구축 방법에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이며, 그에 적합한 라우팅 프로토콜에 대한 연구 또한 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다. (This study was supported by research funds from chosun university, 2013.)

REFERENCES

- [1] K.H.Han, H.Y.Choi, "A Study of Best Routing Protocol Using Distance Vector Routing Protocol.", The 23rd JCCI, May. 2013.
- [2] K.H.Han, "A Study on the Efficient CAN to Ethernet Protocol Converter based on Heterogenous Field Sensor Network", 2013 Summer Conference of KICS, Jun. 2013.
- [3] M.H. Hwang, "A Study on Link-efficiency and Traffic Analysis for Packet-switching using the Link State Algorithm.", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, VOL.6, NO.1, pp.30-35, Feb. 2002.
- [4] Sun Microsystems, "Solaris Operating Environment TCP/IP Network Administration.", Sun Education Center, pp.6:1-6:88, Nov. 2000.
- [5] Y.S. Hong, "Energy-aware Routing Protocol using Multi-route Information in Wireless Ad-hoc Networks with Low Mobility", The Korea Contents Association VOL.10 No.4, 2001.

- [6] Zuhairi Megat, "Dynamic Reverse Route for One-Demand Routing Protocol in MANET", TIIS, VOL.6, NO.5, May 2012.
- [7] H.Zafar, Y.Khawaja, "Performance Evaluation of Shortest Multipath Source Routing Scheme", IET Comm., VOL.3, NO.5, May. 2009.
- [8] Y.Ko, S.Lee and J.Lee, "Ad-hoc Routing with Early Unidirectionality Detection and Avoidance", Personal Wireless Communication, 2004.
- [9] T.Pop, "Timing Analysis of the FlexRay Communication Protocol" Proc. of 18th ECRTS'06, pp. 203-216, July 2006.



한경헌 (Kyoung-heon Han)

2008년 조선대학교 정보통신공학과 (학사)
2010년 조선대학교 정보통신공학과 (공학 석사)
2010년 ~ 현재 조선대학교 정보통신공학과 박사과정
2010년 ~ 현재 전자부품연구원 IT융합기술지원센터 연구원
※관심분야 : 근거리 유무선 네트워크, 통신보안, 라우팅 프로토콜



한승조 (Seung-jo Han)

1980년 조선대학교 전자공학과 (학사)
1982년 조선대학교 전자공학과 (공학 석사)
1994년 충북대학교 전자계산학과 (공학 박사)
1986년 6월 ~ 1987년 3월 뉴올리언즈대학 객원교수
1995년 2월 ~ 1996년 1월 텍사스대학 객원교수
2000년 12월 ~ 2002년 3월 버클리대학 객원교수
1998년 3월 ~ 현재 조선대학교 전자정보통신공학부 교수
※관심분야 : 통신보안시스템설계, S/W 불법복제 방지시스템, ASIC 설계