
지능형 홈서비스를 위한 r-Sensor 프로토콜 설계 및 하드웨어 구현

곽태길* · 이범성* · 정진욱* · 진교홍*

Design of r-Sensor Protocol and Hardware Implementation for Intelligent Home Service

Tae-Kil Kwak* · Bum-Sung Lee* · Jin-Wook Jung* · Kyo-Hong Jin*

이 논문은 2006년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 지능형 홈서비스를 위한 무선 센서 네트워크의 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 r-Sensor 프로토콜을 설계하였다. r-Sensor 프로토콜은 간단한 경로 설정 방법과 중계 노드의 부담을 최소화시키는 알고리즘을 이용하여 Congestion이나 패킷 손실이 발생할 확률을 최소화시켜서 데이터 전달의 신뢰성과 노드의 공평성을 향상시키는 프로토콜이다. 제안된 경로설정 알고리즘은 망 관리 패킷(NM 패킷)을 사용하여 각 노드의 Upstream, Downstream 노드를 파악한다. 한편 패킷 손실 복원 알고리즘은 Aggregated-Nack를 사용한다. 제안된 알고리즘을 적용하기 위하여 본 논문에서는 맥내의 홈 게이트웨이 및 싱크노드 역할을 하는 지능형 홈 원격검침기(IHS-AMR)와 센서 노드의 하드웨어를 설계 및 구현하였다. IHS-AMR은 원격검침기의 고유 기능을 제공하며, 그 외에 센서 네트워크, 휴대 전화망, 인터넷 등 다양한 네트워크와의 연동을 통해 맥내의 안전 서비스를 제공한다.

ABSTRACT

In this paper, we design the r-Sensor protocol for reliable data transmission in the Intelligent Home Service based on the wireless sensor network environment. The r-Sensor protocol improve the reliability of data transmission and node fairness using simple routing algorithm, congestion control, and loss recovery method that minimize the load of relay node. Proposed routing algorithm find out upstream and downstream nodes using the Network Management packet. Meanwhile, loss recovery algorithm uses the Aggregated-Nack. To apply supposed algorithm, the IHS-AMR(Intelligent Home Service - Automatic Meter Reader) and sensor node are designed and implemented in hardware. The IHS-AMR provides remote metering service and also offers home safety service by internetworking with sensor network, mobile phone network and internet.

키워드

Home Network, Sensor Network, r-Sensor Protocol, Sensor Node, Hardware

I. 서 론

지능형 홈서비스란 맥내에 구축된 통신망을 이용하여 거주자가 보다 안전하고, 윤택하고, 건강한 삶을 영위할 수 있도록 제공되는 서비스이다.

이러한 서비스 중 안전이나 보안과 관련된 침입 감시, 화재 감시, 가스 누출 차단 등의 서비스는 매우 중요하며 실제 사용자들의 이용 요구 또한 높게 나타나고 있다[1]. 무선 센서네트워크를 기반으로 제공되는 지능형 홈서비스는 센서노드에서 수집한 정보를 바탕으로 집안 상황을 모니터링하거나 필요시 경보를 발령하여 사용자에게 알려주는 등의 서비스를 제공한다.

집 안에 구축된 센서망의 경우 각 센서노드에서 수집한 정보들은 하나의 싱크노드를 향해 멀티홉 방식으로 전송된다. 이 때, 전송 과정에서의 잘못된 경로설정이나 Congestion, 또는 장애물에 의한 패킷손실 등으로 데이터의 신뢰성이 감소될 경우 데이터의 전송이 지연되거나 특정 센서 노드의 데이터가 오랜 시간동안 싱크 노드에 전달되지 못하는 불공평한 상황이 발생한다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 무선 센서네트워크의 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 r-Sensor 프로토콜을 제안하였다. 또한 본 논문에서는 제안된 알고리즘을 적용할 수 있고 사용자에게 많은 비용부담을 주지 않으면서, 필수적인 맥내장비를 활용할 수 있는 방안으로 원격검침기를 홈 게이트웨이 및 싱크노드로 활용하여 센서통신모듈, CDMA통신모듈, 인터넷모듈을 추가로 부착한 IHS-AMR(Intelligent Home Service-Automatic Meter Reader)과 센서 노드를 설계하고 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 가상의 지능형 홈서비스 환경에서 센서 노드별 수신율과 홉 수에 따른 수신율을 바탕으로 데이터 전달의 신뢰성에 관련된 문제점에 대해 살펴보고, III장에서는 신뢰성을 높이는 r-Sensor 프로토콜에 대해 설명하며, IV장에서는 제안된 알고리즘을 실제로 적용할 수 있게 하드웨어로 구현한 IHS-AMR과 센서 노드에 대해 기술하고, V장에서 결론 및 앞으로의 연구 과제를 제시한다.

II. 문제 정의

2.1. 맥내 센서망 시뮬레이션 환경

신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 라우팅 프로토콜을 설계하기 위해 본 논문에서는 그림 1과 같은 실험 환경을 구축하였다.

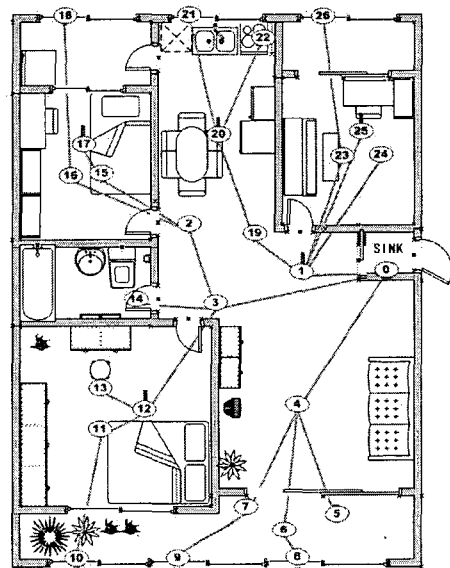


그림 1. 맥내 망 구성도
Fig. 1. Home network configuration

총 27개의 센서 노드를 맥내에 배치하며, 각 센서노드에서 수집된 정보는 멀티홉을 통하여 싱크노드로 전달된다. 하나의 센서 노드는 온도센서와 조도센서를 통해 각각 서로 다른 주기로 정보를 수집하고, 데이터가 준비되면 네트워크를 통한 전송을 시도한다. 전송 신호는 콘크리트 벽이나 철문은 통과하지 못하며 유리나 나무문은 통과한다는 가정 하에 시뮬레이션을 수행하여 다음과 같은 노드별 패킷 수신율과 홉 수에 따른 패킷 수신율을 구하였다. 시뮬레이션은 TinyOS 환경에서 TOSSIM과 TinyViz를 이용하여 수행되었다.

2.2. 패킷 수신율

그림 2는 실험 환경에서 시뮬레이션을 수행하여 얻은 패킷 수신율 그래프로 싱크노드에서 수신한 패킷 수신율을 나타낸다.

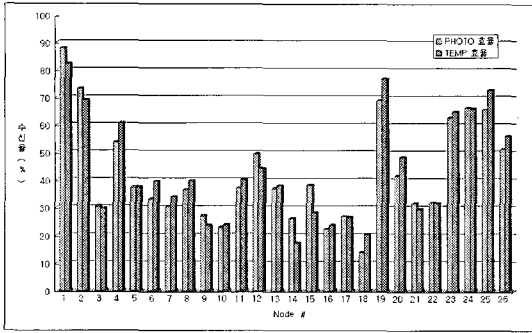


그림 2. 패킷 수신율
Fig. 2. Packet receive rate

그림 2에서 보는 것처럼 노드에 따른 수신율이 차이가 나고 노드의 데이터 전송에 대한 공평성이 유지되지 못하고 있음을 알 수 있는데, 이러한 현상은 경로상의 노드에서 Congestion이나 손실이 발생된 결과이다.

2.3. 홉 수에 따른 패킷 수신율

그림 3은 홉 수에 따른 패킷 수신율을 그래프로 나타낸 것이다.

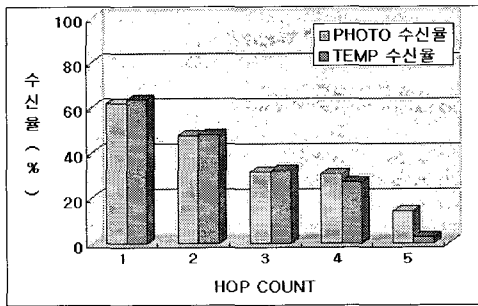


그림 3. 홉 수에 따른 패킷 수신율
Fig. 3. Packet receive rate for hop count

그림 3에서 보는 바와 같이 경유하는 홉 수가 많을수록 싱크노드의 패킷 수신율이 감소하는 것을 알 수 있는데, 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 홉 수를 고려한 새로운 경로 설정 방식과 데이터 전송 알고리즘 개발이 요구된다.

III. r-Sensor 프로토콜

노드의 데이터 전송에 대한 신뢰성과 공평성을 보장하

기 위하여 r-Sensor 프로토콜은 간단한 경로설정(Routing) 알고리즘과 손실 패킷에 대한 회복(Loss Recovery) 알고리즘으로 이루어진다.

3.1. 경로 설정

멀티홉 기반의 무선 센서네트워크에서는 초기 네트워크 구성 단계에서 패킷 전송 경로를 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 홉 카운트를 이용하여 트리 구조의 제한된 네트워크를 구축하는 간단한 방법을 제안한다.

센서 노드에서 Upstream으로 데이터를 전송하기 위하여 먼저 싱크노드에서부터 Downstream으로 홉 수에 따라 경로를 설정한 다음 그 경로의 반대 방향으로 데이터를 전송하는 방식을 이용한다. 그림 4는 NM(Network Management) 패킷을 전송하여 경로가 설정되는 과정을 보여준다.

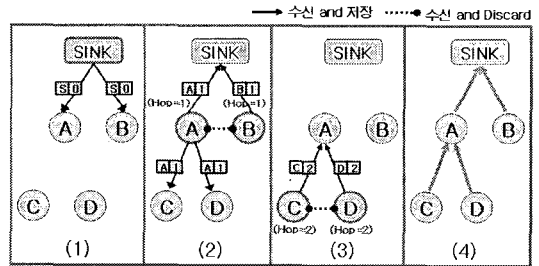


그림 4. 경로 설정 과정
Fig. 4. Route establishment

그림 4(1)에서 싱크 노드는 설정된 홉 카운트 값(0)을 NM 패킷의 홉 카운트 필드에 기록하여 브로드캐스트한다. 이 패킷을 수신한 A와 B는 홉 카운트 필드의 값을 검사하여 이 값에 1을 더해서 자신의 홉 카운트 값을 결정하고 자신이 싱크 노드로부터 1홉 거리에 있다는 것을 알게 된다. 각 노드는 NM 패킷의 홉 카운트 필드의 값을 보고 패킷을 보낸 노드가 상위 레벨의 노드인지 하위 레벨의 노드인지를 구별할 수 있다. 또한, 각 노드는 상위 레벨의 노드 ID를 저장하는 Upstream 노드 테이블과 하위 레벨의 노드 ID를 저장하는 Downstream 노드 테이블을 유지하고 있으며, NM 패킷의 홉 카운트 필드의 값이 자신의 홉 카운트 값보다 작으면 이 패킷의 소스 ID를 Upstream 노드 테이블에 기록하고, 크면 Downstream 노드 테이블에 기록한다. 그러므로 노드 A와 B는 Upstream 노드 테이블에 싱크 노드의 ID를 저장한다.

그림 4(2)에서 싱크 노드로부터 NM 패킷을 수신한 A와 B는 자신의 노드 ID와 홉 카운트 값을 NM 패킷에 기록하여 브로드캐스트한다. 패킷의 홉 카운트 값에 따라서, 싱크 노드는 NM 패킷의 소스 ID를 Downstream 노드 테이블에 저장하고 C와 D는 Upstream 노드 테이블에 저장한다.

그림 4(3)에서는 노드 C와 D가 NM 패킷을 브로드캐스트하여 노드 A가 수신하는 것을 보여준다. 노드 A는 패킷 내의 소스 ID를 Downstream 노드 테이블에 저장한다. 그림 4(4)는 설정된 경로를 보여주고 있다.

3.2. 손실 회복 (Loss-recovery)

각 노드의 데이터 전송 방식은 연속적인 패킷전송방식 (Continuous Flow)과 이벤트 발생 시 패킷전송방식 (Event-driven Flow) 중 한 가지 방식을 사용한다. 홉 센서 네트워크는 규모가 작으므로 End-to-Sink 손실회복 방식 [2]을 사용하며, 싱크노드는 각 노드의 전송방식과 전송률을 알고 있고, 이를 이용하여 노드별 신뢰도를 계산할 수 있다고 가정한다.

- Continuous Flow

각 센서노드에서 수집한 데이터의 특징이나 현재 링크의 상태에 따라 싱크노드는 요구되는 데이터 전송 신뢰도를 계산하고 기록한다[4]. 싱크노드는 알고 있는 데이터의 전송률을 바탕으로 현재 노드의 신뢰도를 계산할 수 있다. 계산된 현재 신뢰도와 요구되는 신뢰도를 비교하여 만약 현재의 신뢰도가 요구신뢰도보다 낮을 경우 신뢰도를 개선하기 위하여 싱크노드는 경로에 의한 지연시간을 고려한 τ 시간 이후에 요구 신뢰도를 만족 시킬 수 있을 만큼의 패킷 재전송을 요구하는 Aggregated-Nack를 보내고, 이것을 기록한 후 Nack Timer를 동작시킨다. Nack로 인해 재전송되는 패킷은 높은 우선순위를 가지게 되어 다른 패킷보다 먼저 전송된다.

연속적으로 Nack가 전송되는 동안 노드에서 아무런 패킷이 전송되지 않으면 싱크는 그 노드를 고장으로 간주한다.

연속적인 패킷 손실이 발생할 경우 Nack의 폭주로 인해 의한 링크 효율이 감소할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Aggregated-Nack를 사용하며, 이것은 재전송을 요구하는 첫 번째 패킷의 순서번호와 패킷 개수로 구성된다.

- Event-driven Flow

이 전송방식을 사용하는 센서노드는 이벤트가 발생하지 않은 경우 오랜 시간 동안 데이터를 전송하지 않으며, 이 노드의 동작여부를 싱크노드가 판단하기 힘들다. 이를 방지하기 위하여 그림 5에서와 같이 큰 전송 주기($T_m \gg T_d$)를 갖는 Maintenance Packet을 제안한다.

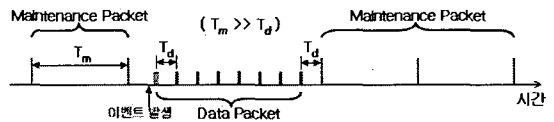


그림 5. 이벤트 발생 시 패킷 전송방식
Fig. 5. Event-driven Flow

Maintenance Packet의 주기는 Data Packet 보다 매우 크다. 이 패킷은 손실 회복을 하지 않으며, 고장으로 간주할 수 있을 만큼의 패킷 수가 연속적으로 손실 되었을 때, 싱크노드는 센서노드의 고장을 인지하고 사용자에게 알린다.

첫 번째 데이터패킷은 모든 이벤트를 싱크에게 알리기 위해 Ack 기반의 100%의 신뢰도를 가지며 패킷 전송에 있어서 높은 우선순위를 갖는다. 이벤트에서 연속되는 데이터 패킷은 연속적인 패킷전송방식과 동일한 방법으로 손실 회복을 한다. 이벤트의 마지막 패킷 이후에 전송되는 첫 번째 Maintenance Packet은 데이터 패킷을 전송하는 시간 간격(T_d) 이후에 전송된다. 만약 이 패킷이 손실되면 싱크노드는 Nack를 전송하게 되며 이를 수신한 노드에 요청된 순서 번호의 데이터 패킷이 없으면 그 노드는 즉시 Maintenance Packet을 전송한다. 또한 Maintenance Packet은 이전 이벤트의 마지막 패킷의 순서 번호와 타임스탬프를 유지함으로써 이벤트의 마지막 패킷이 전송되지 않더라도 마지막 패킷에 대한 정보를 싱크노드에게 알려줄 수 있다.

- Queue management

그림 6과 같이 모든 노드는 Qurg, Qnom, Qsave1, 그리고 Qsave2 4개의 큐를 가진다.

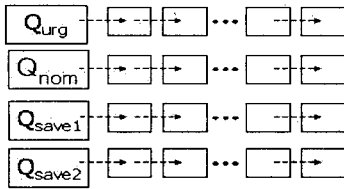


그림 6. 큐의 구조
Fig. 6. Queue Architecture

먼저 Qurg는 이벤트의 첫 번째 패킷과 요구되는 신뢰도를 맞추기 위하여 재전송을 하기 위한 패킷이 전송을 기다리는 큐로 Qnom보다 우선순위가 높다. 또한 Qurg를 통하여 전송되는 패킷은 1Bit 크기의 Urgent Bit를 1로 설정하여 다른 노드에서도 우선순위가 높은 패킷임을 알 수 있게 한다. Qnom은 센싱된 데이터 패킷이 전송을 기다리는 큐로, Qurg의 패킷이 모두 전송되고 난 후에 전송을 시작한다. 다음 두 개의 큐는 패킷 저장에 이용된다. Qsave1은 이벤트의 첫 번째 패킷이 Qurg에서 전송된 후 저장되는 큐이다. Qsave1로 패킷이 들어오면 Ack-Timer가 동작하며, 타이머가 완료 될 때 까지 Ack가 오지 않으면 Qurg로 보내어 재전송한다. Qsave2는 그 밖의 데이터 패킷을 저장하며 Aggregated-Nack가 도착하면 Qurg로 보내어 재전송한다. 이 큐에 저장되는 패킷은 자신의 순서 번호보다 큰 순서 번호의 패킷에 대한 Nack가 수신된 경우나 최대 재전송 요구 시간을 초과하는 경우에 버려진다.

IV. 하드웨어 설계 및 구현

4.1. IHS-AMR의 제공 서비스

그림 7에서 보는 바와 같이 IHS-AMR은 원격 검침과 방범 및 방재서비스를 초고속망과 이동망 등을 통해 제공할 수 있게 설계되었다. IHS-AMR은 원격검침서비스, 홈안전 서비스, 이동통신 알람 및 모니터링 서비스, 인터넷 모니터링 서비스 등을 제공한다.

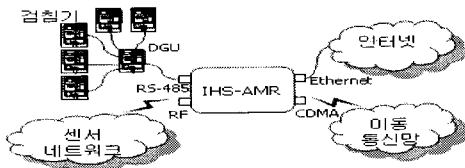


그림 7. IHS-AMR 구성도
Fig. 7. IHS-AMR Architecture

4.2. IHS-AMR 하드웨어 설계 및 구현

그림 8에서 보는 바와 같이 ATmega128을 기반으로 IHS-AMR을 설계하였다. 원격검침기능을 위해 MCU와 DGU가 RS-485 통신방식으로 연결되고 RF모듈은 RS-232 통신방식으로 MCU와 연결된다. Ethernet 모듈로 Internet과 연결할 수 있으며 시간 정보를 활용하기 위해 RTC 모듈이 사용된다. 표시장치는 Graphic LCD, 입력장치는 4x4 Keypad로 구성된다.

센서노드도 ATmega128 기반으로 그림 9와 같이 설계하였으며, 테스트 보드에서 온도 센서와 조도센서로부터 생성된 데이터를 확인하기 위해 Character LCD를 사용하였다.

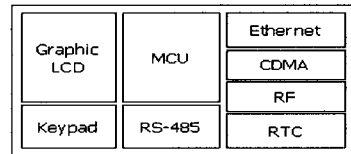


그림 8. IHS-AMR 하드웨어 구성도
Fig. 8. Hardware Architecture of IHS-AMR

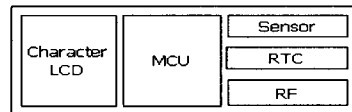


그림 9. 센서노드 하드웨어 구성도
Fig 9. Hardware Architecture of Sensor Node

한편, 그림 10과 그림 11은 IHS-AMR과 센서노드의 회로도이다.

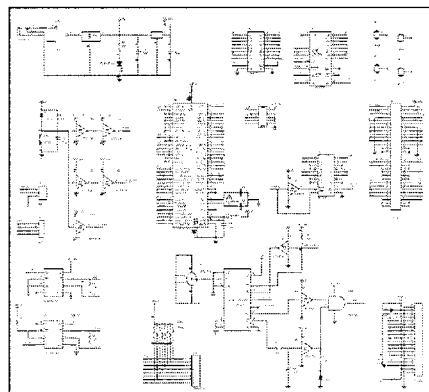


그림 10. IHS-AMR 회로도
Fig 10. IHS-AMR Schematic

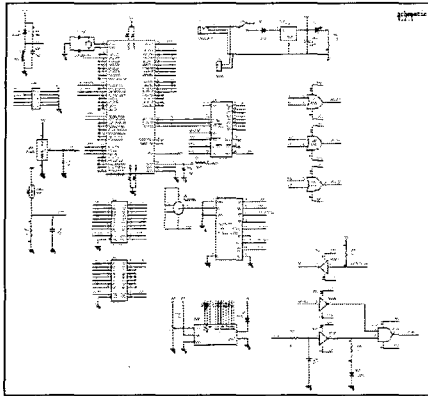


그림 11. 센서노드 회로도
Fig 11. Sensor Node Schematic

회로도를 바탕으로 PCB Layout을 통해 PCB를 제작하였으며 그림 12, 그림 13과 같이 조립하여 IHS-AMR 테스트보드와 센서노드를 구현하였다.

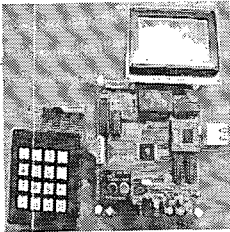


그림 12. IHS-AMR
Fig 12. IHS-AMR

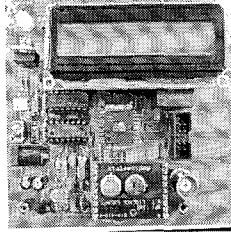


그림 13. 센서 노드
Fig 13. Sensor Node

시험용 프로그램은 AVR Edit를 이용하여 Programming하였고, Pony Prog로 타겟 보드에 다운로드 하였다.

V. 결론 및 앞으로의 연구

지능형 홈서비스를 위한 무선 센서 네트워크에서 패킷 전송 경로의 변화와 Congestion, 패킷 손실 등의 이유로 데이터 전달의 신뢰성과 공평성이 감소하는 현상이 발생된다. 이러한 문제를 해결하고 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장하기 위해 r-Sensor 프로토콜을 설계하였다. r-Sensor 프로토콜은 간단한 경로설정 알고리즘과 손실 패킷에 대한 회복 알고리즘으로 구성되며 데이터 전송의 신뢰성과 노드의 공평성이 향상될 것으로 전망된다.

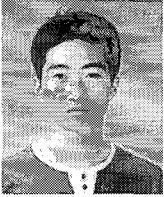
또한 본 논문에서는 원격검침기를 홈 게이트웨이로 활용하여 대내의 방범 및 방재 서비스를 제공하기 위한 IHS-AMR과 센서노드를 설계 및 구현하였다. 1차 PCB Layout에 의해 완성된 테스트 보드로 Keypad, Graphic LCD, RTC 및 RF 동작 시험을 완료하였다.

앞으로는 r-Sensor 프로토콜에 Congestion Control 알고리즘을 추가할 것이며, 성능분석을 통해 알고리즘을 검증하고자 한다. 또한 본 논문에서 구현한 하드웨어에 검증된 r-Sensor 프로토콜을 직접 적용시켜 신뢰성 있는 데이터 통신을 보장하는 지능형 홈서비스 환경을 구축할 계획이다.

참고문헌

- [1] SK Telecom, "Digital Home 사업 현황 및 추진방향," Feb., 2005.
- [2] Y. Sankarasubramaniam, O. B. Akan, and I. F. Akyildiz, "ESRT: Event-to-sink reliable transport in wireless sensor networks," In Proc. of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, June, pp. 177-188, 2003.
- [3] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks," In Proc. of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 2000), pp. 56 - 67, Aug., 2000.
- [4] Y. G. Iyer, S. Gandham, and S. Venkatesan, "STCP: A Generic Transport Layer Protocol for Wireless Sensor Networks," In Proc. of 14th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN), pp. 449-454, 2005.

저자소개



곽 태 길(Tae-Kil Kwak)

2006 창원대학교 전자공학과 공학사
2006~현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: 유비쿼터스컴퓨팅, 센서네트워크



이 범 성(Bum-Sung Lee)

2006 창원대학교 전자공학과 공학사
2006~현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: 유비쿼터스컴퓨팅, 센서네트워크



정 진 옥(Jin-Wook Jung)

2004 동의대학교 멀티미디어공학과 공학사
2006 동의대학교 멀티미디어공학과 공학석사

2006~현재 창원대학교 전자공학과 박사과정
※관심분야: 센서네트워크, 홈네트워크, 데이터통신



진 교 흥(Kyo-Hong Jin)

1991 부산대학교 컴퓨터공학과 공학사
1993 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사

1997 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1995~1997 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소 전문연구요원
1997~2000 국방과학연구소 선임연구원
2003~2004 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수
2004~현재 창원대학교 전자공학과 부교수
※관심분야: 데이터통신, 센서네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 홈네트워크