

논문 2008-3-11

유비쿼터스 센서 네트워크에서 전송 신뢰성 개선을 위한 재전송 방법

A retransmission method for the improvement of the transmission reliability in Ubiquitous Sensor Network

이원진*, 김승천**

Won-Jin Lee*, Seung-Cheon Kim**

요 약

유비쿼터스 서비스가 운용되기 위해서는 유비쿼터스 네트워크가 우선적으로 구축되어야 하며, 이 중에서 유비쿼터스 센서 네트워크는 매우 큰 부분을 차지하고 있다. 본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크가 독자적으로 운용되는 것은 물론, 유비쿼터스 서비스의 인프라로써 동작하기 위한 성능을 가지는 전송기법을 제안한다. 제안하는 방법은 데이터 전송의 신뢰성을 확보하여 성능을 향상시킨다. 특히 데이터 전송상의 오류를 부가적인 데이터 생성과 통신과정 없이 검출함으로써 통신비용을 줄이고, 네트워크의 트래픽을 감소시켜 준다.

Abstract

Most of the current research works on high-technology is being carried on to provide ubiquitous services to people. To make that possible, ubiquitous computing networks should be deployed in the first place, where ubiquitous sensor network (USN) will take a very big role. This paper is devoted to introduce a new transmission technique to make USN more independent and reliable as an infra-structure for ubiquitous services. The proposed scheme can elevate the network performance by ensuring the reliability of data transmission. Especially, the proposed scheme can reduce network traffic and communication cost by detecting data error without additional data and communication. In addition, it has an advantage of using the legacy routing protocols.

Key Words : 유비쿼터스 서비스, 유비쿼터스 네트워크, 데이터 전송 신뢰성

1. 서 론

정보기술의 발달로 인해 사회는 새로운 서비스

를 요구하기 시작했다. 이 서비스들은 유비쿼터스라는 개념으로 묶어지며, 사용자들에게 맞춤형의 편리한 서비스를 제공하는데 중점을 두고 있다. 이 유비쿼터스 서비스가 제공되기 위해 새로운 개념의 기술들이 연구 개발되고 있다. 특히 사회를 서로 연동되는 하나의 네트워크로 구축하기

*정회원, 한성대학교 정보통신공학과
교신저자: 김승천

**정회원, 한양대학교 전자컴퓨터공학부

접수일자 : 2008.5.2, 수정완료일자 : 2008.6.12

위해서는 새로운 통신기술이 필요하다.

유비쿼터스 센서 네트워크란 각종 센서와 통신망을 이용하여 물리적인 공간을 논리적 공간에 구현하는 기술이다. 여기에는 물리적 공간을 정확히 인지하는 센서기술, 센서노드 등을 효율적으로 배치하고 관리하는 운용기술, 그리고 인지된 정보를 전송하기 위한 통신기술이 필요하다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 비용적인 문제 때문에 에너지와 전송대역폭등의 자원이 제한적이다. 때문에 각 기술들은 이를 고려하여 설계되어야 하며, 그 성능을 높일 수 있도록 많은 연구가 필요하다. 특히 통신기술의 경우, 에너지소모와 전송률, 전송신뢰성의 확보 등의 문제가 해결되어야만 안정적인 서비스가 가능하다.

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크의 성능향상을 위해 통신기술에서 하나의 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 전송신뢰성을 확보하는 것을 목적으로 전송률에서 성능적 이득을 보여준다.

II. 관련 연구

2.1 유비쿼터스 센서 네트워크

유비쿼터스 센서 네트워크란 서론에서 말했듯이 물리적 공간을 논리적 공간에 구현하는 기술이다. 우리가 생활하는 공간의 각종 정보를 산화함으로써, 이를 통해 여러 서비스를 구현하게 된다. 이는 유비쿼터스 서비스가 운용되기 위해서 요구되는 가장 기본적인 기술이다. 때문에 유비쿼터스 센서 네트워크는 우선적으로 연구, 개발되어야 하는 기술이며, 인프라로써 동작하기 위한 성능이 요구된다.

유비쿼터스 센서 네트워크에서 요구되는 성능은 여러 가지가 있다. 첫 번째는 센서기술이다. 물리적인 값을 인지하는 센서가 정확한 값을 인지하는 것은 가장 기본적인 요구사항이며, 그 성능이 충족되지 않을 경우 서비스 구현이 불가능

하다. 두 번째는 운용기술이다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 광범위한 지역에 다수의 센서노드를 배치하는 것을 전제로 하고 있다. 이때 센싱 커버리지와 통신거리 등의 문제를 해결하는 운용기술이 필요하다. 운용기술이 충분하지 않을 경우, 발생하는 이벤트를 감지하지 못하거나, 감지하더라도 데이터를 전송하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 마지막은 통신기술이다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 여러 개의 센서노드가 서로 통신을 해서 하나의 네트워크를 구축하고 있다. 센서노드 단독으로는 서비스제공이 불가능하기 때문에, 통신과정에서 문제가 발생한다면 유비쿼터스 센서 네트워크의 기능이 정상적으로 수행되지 않는다.

2.2 통신 신뢰성

본 논문에서 제안하는 것은 앞서 말한 유비쿼터스 센서 네트워크의 여러 성능요소 중에서 통신기술 부분을 향상시켜주는 기법이다. 통신기술의 성능은 통신 신뢰성으로 바꾸어 말할 수 있다. 네트워크에서 이루어지는 통신을 얼마나 신뢰할 수 있느냐가 통신의 성능을 나타내기 때문이다.

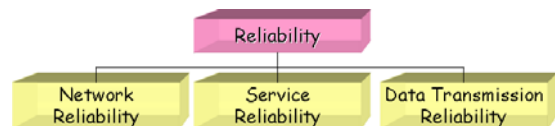


그림 1. USN에서의 신뢰성 종류

통신 신뢰성은 그림1에서 보는 바와 같이 크게 세 가지 측면에서 볼 수 있다. 첫 번째는 네트워크 신뢰성이다. 네트워크 신뢰성이란 통신환경을 비롯한 네트워크 토폴로지, 에너지 소모 등을 포함한 물리적 특성에 따른 신뢰성을 말한다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 서비스에 따라 설계가 다르게 된다. 때문에 초기 설계시의 네트워크 신뢰성을 확보하는 것은 물론, 서비스를 변경하거나 추가하려고 할 때 네트워크 신뢰성이 유지되도록 하여야 한다.

두 번째는 서비스 신뢰성이다. 서비스 신뢰성은 기존의 네트워크에서는 중요시 되지 않았지만, 유비쿼터스 센서 네트워크에서는 매우 중요시되는 부분이다. 크게 이벤트 중심 서비스, 질의 중심 서비스, 데이터 중심 서비스 세 가지로 서비스를 분류하여, 네트워크에서 해당 서비스가 얼마나 잘 운용되며 안정적인지를 나타낸다.

마지막으로 데이터 전송 신뢰성이다. 네트워크에서 데이터를 전송할 때 보이는 신뢰성을 말하는 것으로, 데이터가 안전하게 목적지까지 전달됨을 나타낸다. 데이터가 전달될 때 높은 데이터 처리율과 저비용으로 데이터를 전달해주는 것을 포함하며, 데이터 복구 및 혼잡제어등의 기법 등을 적용하여 데이터 전달 신뢰성을 높일 수 있다.

III. 제안 방법

제안하는 방법은 센서노드가 무지향성 무선통신을 하는 것을 전제로 하고 있다. 이에 무지향성 안테나를 이용하는 무선통신망으로 구축된 네트워크에서 성능향상을 기대할 수 있으며, 네트워크 내의 통신은 동일한 통신 구조를 지녀야 한다.

3.1 아이디어

본 논문에서는 기존의 네트워크망과 라우팅 프로토콜 및 데이터 구조를 그대로 이용하며, 데이터 송수신을 담당하는 계층을 새로이 제안한다. 이는 별도의 라우팅 프로토콜을 이용하여 하나의 전송경로를 결정하고, 그 경로를 따라 데이터를 전송하는 상황을 가정하고 있다.

무선 환경에서 데이터를 전송함에 있어 가장 큰 문제점은 송수신과정에서 여러 외부요인으로 인해 손실이 일어나는 것이다. 이를 해결하기 위한 고전적 방법으로 데이터가 도착하는 최종 목적지에서 해당 데이터의 수신을 확인하고 최초 전송지에 알려주는 종단간 전송 기법과, 라우팅

경로 내에 존재하는 각각의 노드에서 데이터의 수신을 확인하고 이전노드에 알려주는 홉간 전송 기법이 있다. 종단간 전송 기법은 라우팅 경로가 길어지면 각 노드간의 에러가 누적되어 에러율이 높아지는 단점이 있으며, 홉간 전송 기법은 각 노드 간에서 전송확인을 위한 통신을 함으로써 통신량이 많아져 전송효율이 떨어지게 된다.

두 가지 방법의 단점을 해결하는 방법으로 무선통신의 특성을 이용한 Implicit Way 전송 기법을 제안한다. 이는 하나의 노드가 데이터를 송신하면 이웃하는 노드 모두에 데이터가 수신되는 것에 착안하여, 별도의 통신 없이 각 노드에서 데이터의 전송 리포트를 얻게 한다. 하나의 노드가 데이터를 전송하면 라우팅 경로내의 다음 노드는 데이터를 수신 받아 전달한다. 이때 처음 데이터를 전송한 노드에게도 그 전달데이터가 도달하므로 전송이 되었음을 알 수 있게 된다. 결과적으로 각 노드에서 전송한 데이터가 무사히 도착했는지 확인 가능하지만, 별도의 추가 통신이 발생하지 않게 된다.

3.2 동작 설명

제안하는 방식은 패킷을 하나씩 처리해주는 방식이며, 그 규칙은 다음과 같다.

- 1) 각각의 패킷에는 패킷번호가 존재한다.
- 2) 각각의 노드는 ID를 가지며, 패킷 전송 시 송신중간노드와 수신중간노드의 ID를 패킷 내에 정의한다.
- 3) 노드초기화시 broadcast message를 이용하여 통신범위내에 존재하는 노드를 확인 후 노드내의 메모리에 저장한다.
- 4) 패킷을 수신 받으면 해당 패킷을 어느 노드로 보낼지 연산하여 전달해준다. 이때 무선 환경이므로 실제 패킷은 이웃한 모든 노드에 전송되지만, 패킷 내에 정의한 수신중간노드값으로 특정 노드를 지목할 수 있다.

- 5) 하나의 노드가 다른 노드에 패킷을 전송 후, 그 노드가 다음 중간노드로 데이터를 전달하면, 그 패킷이 처음 전송한 노드에게도 도착하게 된다. 패킷번호와 송신중간노드의 ID를 확인하여, 처음 노드가 전송한 패킷이 그 다음노드로 전달되는 메시지라고 확인되면 해당 패킷을 ACK message로 취급한다.
- 6) 노드는 패킷을 전송 후 타이머를 동작시킨다. 타임아웃이 되도록 ACK message가 도착하지 않으면 패킷을 재전송한다.
- 7) 타임아웃 이전에 ACK message가 도착하면 다음패킷을 전송한다. 단, 다음 패킷이 없을 경우 대기한다.
- 8) ACK message가 도착하여 대기 중에, 똑같은 패킷번호의 메시지가 이전노드로부터 전송된다면 패킷번호, 송신중간노드, 수신중간노드의 정보만 가진 Special packet를 전송한다.
- 9) Special packet를 수신 받은 다음노드는 해당 패킷을 무시하며, 이전노드는 기존의 ACK message와 동일하게 처리한다.
- 10) 만약 ACK message가 도착하기 전에 다음 패킷이 도착하면 패킷데이터를 캐시에 보관하고 대기한다.
- 11) 패킷을 전송 후, 현재 패킷번호보다 이전 패킷번호의 ACK message가 도착하면 현재 패킷의 타이머를 리셋시켜준다.

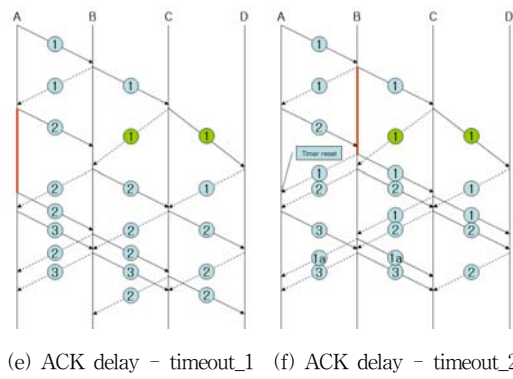
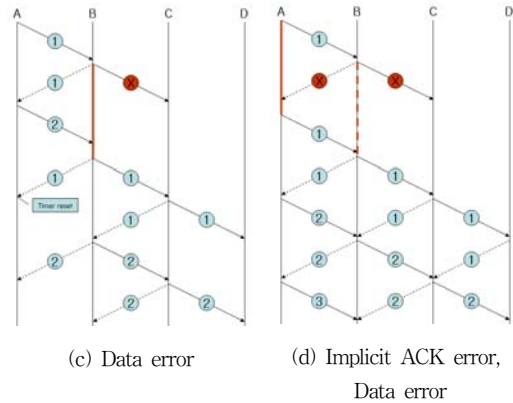
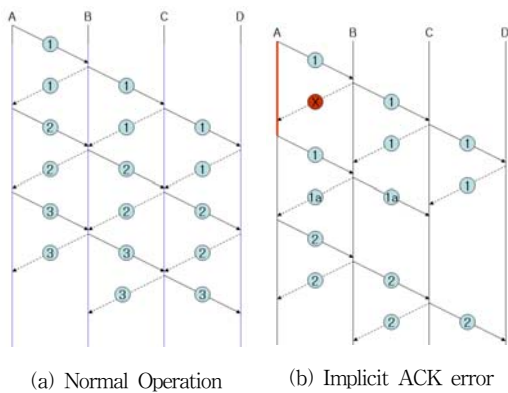


그림 2. 제안 방법의 동작과정 설명

[그림 2]은 제안하는 Implicit Way 전송 기법의 동작을 나타내고 있다. 실제 동작은 물리적 계층에서의 시간지연이 발생하여 송수신시간에 차이가 발생한다.

(a)는 에러가 발생하지 않는 경우로, B노드가 C노드로 패킷을 전달할 때, 그 신호가 A노드에도 도달하여 다음 패킷을 전송한다. 이처럼 별도의 송신과정은 없지만, 발생하는 메시지를 Implicit ACK 메시지로 명칭하며, 기존의 ACK 메시지와 유사하게 취급한다. (b), (c) 와 (d)의 경우는 각각 Implicit ACK 메시지와 실제 데이터 메시지가 에러나는 경우를 보여준다. 그림에서 보듯이 Time Out 이 발생하여 재전송과정이 이루어진다. (e)와 (f)는 시간지연이 발생하는 경우로 역시 Time Out이 발생하여 재전송이 이루어진다. 만약 Implicit ACK 메시지가 도착하여 대기 중에 동일

한 데이터의 패킷이 경로내의 이전노드로부터 도착한다면, 패킷번호와 송수신노드ID만을 지닌 Special Packet을 생성하여 송신한다. 이는 기존의 ACK 메시지와 동일한 것으로, 이전노드에 수신확인을 알려주는 기능을 가진다.

IV. 시뮬레이션

제안 방법의 성능 검증을 위하여 실험을 실시하였다. 시뮬레이션은 NS-2 를 이용하여 수행하였다. [표 1]과 같이 값을 설정하였으며, [그림 3]와 같이 노드배치를 하였다.

표 1. 비교 분석 변수 설정

시뮬레이션 지정 변수		설정 값
시뮬레이터		NS-2 2.29
H/W 관련	Channel Type	Wireless Channel
	Antenna	Omni-Antenna
	Radio-Propagation Model	TwoRay Ground
	Network Interface	WirelessPhy/802.15.4
	MAC	IEEE 802.15.4
	Radio Range	5m
실험 설정	노드간 거리	5m
	패킷 크기	250byte
	패킷 생성간 평균시간	20ms
	에러율	0% ~ 30%
	노드 개수	5~50 개

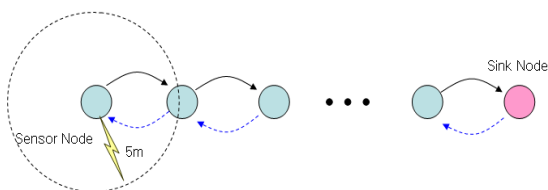


그림 3. 시뮬레이션 환경

기존 종단간 전송 방식과 제안하는 Implicit Way 전송 방식 두 가지에 대해 비교분석 하였다. 에러율과 종단간에 존재하는 노드 개수를 변화시

켰을 때, 패킷이 모두 전달되어 통신이 종료되는 시간을 측정한다. 이를 통해 외부요인이 변화할 경우 각 기법의 성능을 분석해 볼 수 있다.

기존 종단간 전송방법은 [그림 4][그림 5]에서 보는 바와 같이 에러율이 증가할수록 전송지연이 급격히 증가한다. 또한 라우팅 경로 내에 존재하는 노드 개수가 증가할수록 에러율에 따른 전송지연은 더욱 급격히 발생하고 있다.

실험 결과 그래프에서 나타내는 각각 다른 색의 결과는 노드 개수를 다르게 하여서 실험한 결과가 된다. 노드 개수는 10개, 20개, 30개, 40개로 실험하여서 결과를 도시하였다.

결과에서 알수 있듯이 제안하는 Implicit Way 방식은 에러율에 따라 전송지연이 발생하지만 그 증가율은 크지 않다. 특히 각 노드에서 패킷 손실을 감지하고 복구하게 되므로, 노드 개수에 따른 전송지연은 거의 증가하지 않게 된다.

시뮬레이션에서 도출된 결과를 보면 기존 종단간 전송 기법은 라우팅 경로내의 노드 개수와 에러율에 민감하게 반응하여 전송지연이 발생하고 심각할 경우 전송실패로 까지 이어지게 된다. 그러나 제안하는 방법은 외부요인의 변화에 큰 반응을 보이지 않으며, 일정한 성능수치를 보여주고 있다.

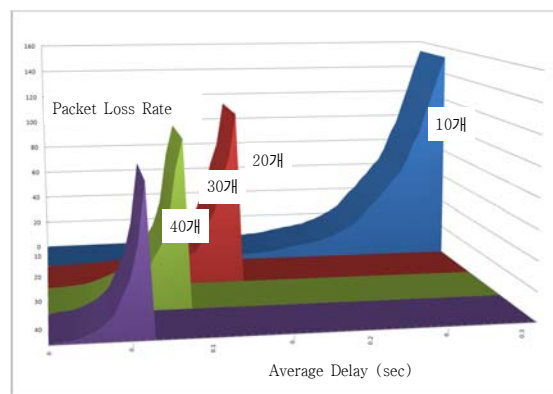


그림 4. 노드 개수 및 에러율에 따른 종단간 방식의 평균전송시간

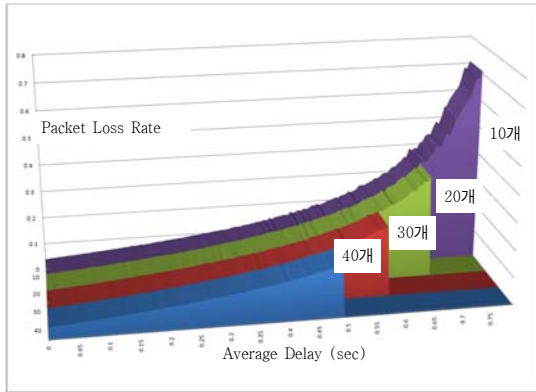


그림 5. 노드 개수 및 에러율에 따른 Implicit Way 방식의 평균전송시간

V. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위한 인프라라고 할 수 있는 유비쿼터스 센서 네트워크의 성능향상을 위한 전송기법을 제안하였다. 제안한 기법은 유비쿼터스 센서 네트워크의 여러 이슈 중에서 신뢰성을 확보하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 기법은 전송도중 에러가 발생시 별도의 추가비용 없이 에러를 감지하고 재전송과정을 통해 데이터를 복구함으로써 신뢰성을 확보하여 준다.

제안 기법은 에러검출에 별도의 비용이 발생하지 않음으로써 기존에 이용되던 여러 기법들과 구분된다. 특히 라우팅 경로상의 모든 노드들이 데이터를 전달해주는 작업만을 하면서 동시에 에러 검출을 하게 되므로, 종단간에서 에러검출을 하던 기존 기법에 비해 여러 면에서 이득을 얻을 수 있다.

시뮬레이션에서는 본 논문에서 제안하는 신뢰성 보장 전송기법과 기존에 이용되던 종단간 전송기법을 노드 개수와 에러율을 변화시켜가며 그 성능을 비교 분석하였다. 그 결과, 기존 종단간 전송기법은 노드 개수와 에러율에 민감히 반응하여 그 성능이 저하되었지만, 제안하는 신뢰성

보장 전송기법은 라우팅경로상의 노드 개수가 늘어나고 에러율이 증가하더라도 그 성능저하가 크지 않음을 확인하였다.

유비쿼터스 센서 네트워크는 그것만으로도 하나의 서비스를 제공하지만, 다른 서비스가 구현되기 위한 인프라의 기능도 수행하게 된다. 때문에 여러 상황에서 그 성능이 충분히 확보되어야 할 것이며, 제안한 기법과 같은 악조건 속에서도 성능을 유지할 수 있는 기법이 적용되어야 한다.

향후 과제로 라우팅 프로토콜과 연계하여 동작하도록 하는 것이 필요하다. 이를 이용해 단일경로전송이 아닌 다중경로전송 혹은 전송중 경로변경 등의 작업을 통해 더욱 신뢰성을 향상시키는 방안을 모색해 볼 수 있다. 또한 에너지소모와 네트워크 생존 시간 등의 부분에서도 성능분석을 하여 기존 방법과 비교해 보아야 한다.

참고 문헌

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci., "Wireless sensor networks: a survey.", *Computer Networks*, 38(4):393~422, April 2002.
- [2] Seungcheon Kim, Jaeho Lee, "The Survey on the Transport Protocols for the Reliability Assurance in the Wireless Sensor Networks", *Proceedings of IWUCT2007, Beijing China, November 2007*.
- [3] P. Rentala, R. Musunuri, S. Gandham, and U. Saxena., "Survey on sensor networks.", *Technical Report, UTDCS-33-02, University of Texas at Dallas, 2002*.
- [4] Holger Karl and Andreas Willig, "A short survey of wireless sensor networks.", *TKN Technical Report TKN-03-018, Technical University Berlin, October 2003*.
- [5] 이원진, 김승천, 이재호, "유비쿼터스 센서 네트워크의 신뢰성 확보를 위한 재전송 기법", *한국통신학회 하계학술대회 논문집*,

- 2007년 7월.
- [6] Chieh-Yih Wan, Andrew T. Campbell, Lakshman Krishnamurthy, "PSFQ: A Reliable Transport Protocol for Wireless Sensor Networks", In Proc. of the first 2002 ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, September 28, 2002, Atlanta, Georgia, USA.
- [7] Fred Stann, John Heidemann, "RMST: Reliable Data Transport in Sensor Networks", In Proc. of the 1st IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, May 11, 2003, Anchorage, Alaska, USA.
- [8] Yogesh Sankarasubramaniam, Ozgur B. Akan and Ian 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 2003, Annapolis, Maryland, USA.
- [9] Chieh-Yih Wan, Shane B. Eisenman, Andrew T. Campbell, "CODA: Congestion Detection and Avoidance in Sensor Networks.", In Proc. of SenSys'03, Los Angeles, California, November, 2003
- [10] Yangfan Zhou, Lyu, M.R., Jiangchuan Liu, Hui Wang, "PORT: a price-oriented reliable transport protocol for wireless sensor networks", Proceedings of ISSRE2005, 8-11 Nov. 2005

본 연구는 2007년도 한성대학교 교내연구비 지원과제 임

— 저 자 소 개 —

23x30

이원진
 • 2006년 한성대학교 정보통신공학과 학사 졸업.
 • 2008년 한성대학교 정보통신공학과 석사 졸업.
 <주관심분야 : 센서네트워크, 무선통신망>

23x30

김승천(정회원)
 • 1994년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업.
 • 1996년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업.
 • 1999년 연세대학교 전기컴퓨터공학과 박사학위

• 2000년 Univ. of Sydney Post Doc.
 • 2001~2003년 LG전자 DTV 연구소 선임연구원
 • 2008년 현재 한성대학교 정보통신공학과 조교수.
 <주관심분야 : 위성통신망, 고속통신망, 무선통신망, 유비쿼터스 센서네트워크>