

# 무선랜에서 멀티미디어 실시간 트래픽을 위한 적응적 서비스 관리

## An Adaptive Service Management for Multi-media Real-time Traffic in Wireless LANs

김경준\*, 이창순\*\*

경북대학교 정보통신학과\*, 대구한의대학교 멀티미디어학부\*\*

Kyung-Jun Kim(kjkim@netopia.knu.ac.kr)\*, Chang-Soon Lee(cslee@dhu.ac.kr)\*\*

### 요약

최근 무선 기술의 발전으로 무선랜 분야에서 실시간 서비스의 채용 및 서비스를 위한 기술 채용이 가속화되고 있다. IEEE 802.11 무선랜 표준은 음성이나 화상과 같은 실시간 트래픽을 제공하기 위하여 PCF 폴링 기법을 정의하고 있다. 폴링 서비스는 무선랜에서 실시간 트래픽을 서비스하기 위한 주요 개념이다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 PCF 모드에서 무효 폴 발생시 전송 지연을 줄임으로써 최대 통화 수를 증가시키는 멀티캐스트 폴링기법을 제안한다. 여기서 제안한 기법이 전송지연 및 패킷 폐기율에서 PCF의 성능을 개선시킬 수 있음을 시뮬레이션으로 확인하였다.

■ 중심어 : | 무선랜 | 폴링 기법 | 멀티미디어 트래픽 | 멀티캐스트 |

### Abstract

Recent advances on wireless technology are enabling the design and deployment of real-time traffic in wireless LAN. Point Coordination Function (PCF) mode of Wireless LAN is defined to provide QoS of real time traffic, such as voice, video in wireless LANs. The service polling scheduling plays an important role in real-time traffic services of wireless LAN. This paper proposes a multicast polling scheme to increase the maximum number of conversations by reducing the amount of empty polls in IEEE 802.11 PCF mode. Our simulation studies show that our scheme may improve performance of the PCF in terms of the average transfer delay and packet discard ratio.

■ keyword : | PCF | WLAN | Polling | Real-time Traffic QoS |

## 1. 서론

최근 무선 기기 기술의 급격한 발달은 무선 네트워크 분야에서 많은 흥미와 사용자의 다양한 요구를 충족시키기 위하여 더욱 발전하고 있다. 일반적으로 사용자는 QoS(Quality of Service)를 요구하는 실시간 오디오와

고화질의 비디오 서비스이며, 이러한 서비스는 무선에서 발생하는 지터와 전송지연이 발생할 수 있으며, 고대역을 요구한다[1].

이러한 요구 사항에 부응하기 위하여 IEEE 802.11 [2]무선랜 표준은 두 가지 종류의 서비스 방법을 채택하고 있다. 먼저 DCF(Distributed Coordination

Function) 방법은 CSMA(CARrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)을 사용하여 비동기 데이터를 전송하기 위하여 설계되었으며, 반면에 PCF(Point Coordination Function) 방법은 폴링에 기반하며, 주로 실시간 데이터 전송에 주로 사용된다. 현재 IEEE 802.11 PCF을 위한 폴링 알고리즘은 전송하고자 하는 패킷을 가지고 있던지 혹은 그 반대의 경우에 대해서도 라운드 로빈의 방법에 따라 모두 한번씩 폴을 받게 된다. 그러나 이러한 서비스 제공 방법은 서비스가 특정시간에 바운드(bound) 되는 실시간 데이터 전송에는 원하는 시간에 폴을 받지 못한다. 따라서 실시간 서비스 성능 저하의 주요한 요인으로 작용하게 되어 부적절한 방법이 된다.

현재 서비스 지연을 개선하기 위하여 무선랜 설계의 주요한 고려 사항 중 하나는 미디어에 할당된 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있는 무작위 다중 접근 방식이다 [1, 3, 4, 5]. 오디오, 비디오, 텍스트와 같은 혼합 데이터를 서비스하기 위한 고속 무선랜의 출현은 멀티 액세스의 기법으로의 대체가 기대된다. 또한 이런 서비스에서 전송지연, 지터 그리고 전송 율에 따라서 서비스 우선순위가 고려되어야한다[6, 7].

그러나 기존의 MAC(Medium Access Control) 프로토콜 [7]은 멀티미디어 어플리케이션을 서비스하기 위하여 설계되지 않았으며, 대략적으로 서비스하기 위하여 옵션 부분을 두고 있다[5].

일반적으로 IEEE 802.11 PCF [2] 기법에서는 AP(Access Pointer)는 유힬 상태(silence state)에 있는 특정한 스테이션에게 폴을 던졌을 때 무효 폴(Empty Poll)이 발생한다. 일반 데이터 트래픽을 가진 스테이션의 경우 슈퍼프레임(Super-Frame) 전에 전송을 시작하지만, 남아있는 경쟁구간 보다는 길어진다. 이 경우 PC(Point Coordination)는 전송 매체가 PIFS(Point Inter Frame Space)동안 전송을 연기하게 된다.

본 논문에서는 IEEE 802.11 [2] 무선랜에서 불필요한 무효 폴을 줄이고, 멀티미디어 실시간 패킷을 효과적으로 서비스 하기위하여 적응적인 폴링 기법을 제안한다. 적응적인 폴링 알고리즘에서는 현재 전송에서 각 스

테이션이 가지고 있는 큐의 크기를 기반으로 적응적으로 폴링 우선순위를 예측한다. 그러므로 제안한 알고리즘은 무선랜의 MAC 계층에서 불공평한 서비스기회(faness)의 손실 없이 서비스 각각에 대하여 효과적으로 대역폭을 증가시킬 수 있다.

본 논문의 II절에서는 관련 연구를 소개하고 III절에서는 본 논문에서 제안한 적응적인 폴링 동작의 개요, 서비스 절차, 적응적인 재설정 방법을 소개하고, IV절에서는 전송 성능에 대하여 간략하게 분석하고, 분석 결과를 토대로 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 마지막으로 V절에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

본 장은 IEEE 802.11 WLAN [2]과 기존에 제안된 무선랜의 서비스 동작 절차에 대하여 언급한다. 일반적으로 PCF 기간동안 매체 접근 방법에 대한 접근 순서를 시간 관점에서 그림 1에 예시하였다.

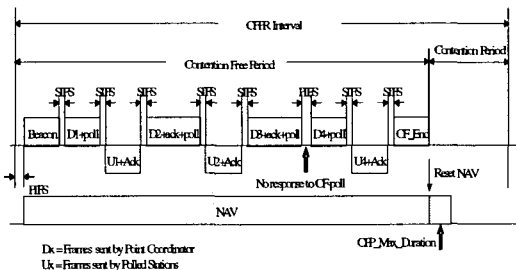


그림 1. PCF 매체 접근 시퀀스

PCF는 중앙집중식 폴링 절차이며, 이 방식은 AP가 PC의 역할을 수행한다. AP에 의해 폴을 수신한 노드는 데이터를 전송할 수 있는 권한을 갖게 되고, 만약 성공적으로 전송을 수행했다면 다음 프레임 동안 기다린 후 다시 폴을 기다리고 전송 권한을 획득하여 전송이 가능하게 된다. 기존 [2] 방법에서는 폴을 수신한 노드는 전송할 패킷에 상관없이 폴에 응답하게 된다. 만약 전송할 패킷이 없다면 유힬 데이터 없이 널(null) 프레임으로 응답하게 된다.

최근 무선랜의 요구 사항을 수용하기 위하여 대역폭 재이용에 관련된 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기존의 [1, 4, 5]에서는 실시간 데이터 패킷에 대한 경우만을 고려하고 있으며, 무효 폴에 의해서 발생하는 전송 지연, 패킷의 폐기는 고려하고 있지 않다.

다음 기존의 주요한 연구에서, Eustathia [1]은 Cyclic Shift 방식을 제안했으며, 이 알고리즘은 만약 어떤 스테이션이 유휴 상태에 있다면 다음 폴링 단계에서 무효 폴을 방지하기 위하여 폴링 리스트에서 해당 스테이션을 제거한다. 그러나, 해당 스테이션이 다음 프레임에서 유휴 상태를 떠날 경우 새로운 프레임에서 현재의 실시간 패킷은 최대 지연시간을 초과함으로써 폐기된다.

Sharon [5]은 폴링을 위한 MAC 방식을 제안하였다. 각 스테이션들은 활성(active) 그룹과 유휴(idle) 그룹으로 나누어진다. 두 개의 그룹은 전송해야 할 패킷의 유무에 따라 나누어진다. PC의 폴에 대하여 활성 그룹과 유휴 그룹의 스테이션들은 각각 자신의 상태에 따라 다른 두 가지의 상태로 응답한다. 이런 Sharon 방법은 스테이션에 별도의 전송 제어(power control)에 관련된 시스템이 필요하게 된다.

### III. 적응적 폴링 리스트 관리

#### 1. 개요

과도한 트래픽이 무선 환경에서 전송될 때, 비트 에러가 발생하게 되고, 이것은 결과적으로 재전송을 유발하게 된다. 이러한 재전송은 무선 채널 대역폭을 낭비하는 요소 중의 하나가 되고, 전체 시스템의 성능 감소에 주요한 요인으로 작용하게 된다.

따라서 우리가 제안한 적응적인 폴링 절차는 다음의 장점을 가지게 된다.

- 1) 각 스테이션이 가진 프레임의 우선순위에 따라 전송에 따른 우선순위가 보장될 수 있다.
- 2) 불필요한 폴을 방지하기 때문에 대역폭의 낭비를 줄이며, 이것은 결과적으로 시스템의 성능을 향상할 수 있다.

그림 2는 멀티캐스트 폴링 리스트를 재설정하는 동작을 보인다.

#### 2. 폴링 리스트 관리

이 장에서 우리는 폴링 오버헤드를 줄이기 위한 IEEE 802.11 폴링 절차를 제안한다. 많은 데이터를 가진 스테이션은 높은 전송 우선순위를 가지게 되고, 각 스테이션에서 가지고 있는 큐 점유 공간에 따라 각 스테이션의 우선순위를 가지게 된다. 각 프레임의 시작 지점에서 PC는 각 스테이션에서 보내는 유효 정보와 큐 길이 정보를 수신하게 되고, 수신된 정보에 따라 각 스테이션의 우선순위가 결정 된다. 이 시간에서 전송 데이터가 없는 유휴 스테이션은 가장 낮은 우선순위가 주어지고, 각 스테이션 각각에 개별적인 폴이 주어지는 대신 멀티캐스트 폴을 수신하게 된다. 이러한 이유로 무효 폴이 유휴 스테이션의 수만큼 줄어들 수 있다.

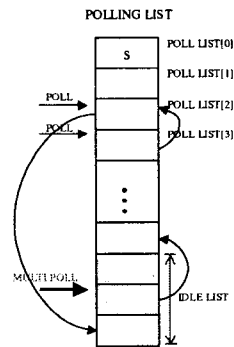


그림 2. 멀티캐스트 폴링 리스트 동작

유휴 스테이션이 폴 프레임을 수신했을 때 요구하는 전송 지연 후에 자신의 정보 패킷을 전송하게 된다. 유휴 스테이션은 무효 폴을 방지하기 위하여 프레임의 시작 지점에서 유휴 감지 알고리즘을 사용한다. 그림 3은 폴링 리스트 관리의 전체적인 동작 알고리즘과 관련하여 나타낸 그림이다.

종종 유휴 구간 내에 특정 스테이션은 폴을 잃어버릴 수도 있다. 우리의 스킴에서 유휴 감지 알고리즘의 사용은 네트워크 상에서 서비스 할 수 있는 스테이션의 수를 늘이는데, PC는 각 스테이션의 우선순위를 기반으로

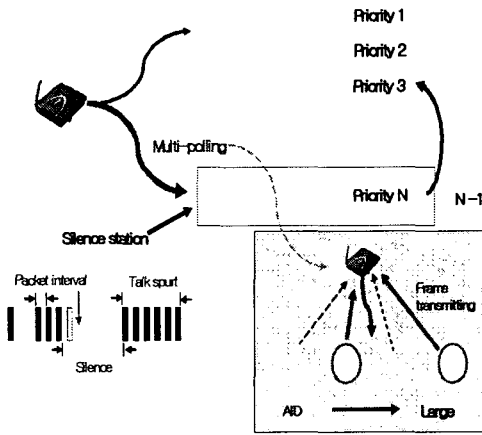


그림 3. Multicasting Polling list

순서적으로 폴을 전송하고 마지막으로 유휴 스테이션들에 대해서 통합하여 멀티캐스트 폴을 전송한다. 이 기간이 종료 후 PC는 Poll-feedback을 사용하여 큐 길이 정보와 가지고 있는 패킷의 우선순위를 전송한다. 수신된 정보를 바탕으로 다음 프레임에서 서비스 받을 우선순위가 결정된다.

### 3. 폴링 리스트 관리의 예

본 장에서 우리가 제안한 폴링 리스트 관리 절차의 예에 관하여, 위에서 언급 했듯이 이 방법의 주요한 목적은 무선 채널의 대역폭 증가뿐만 아니라 무효 폴의 횟수를 줄이기 위하여 동작의 예를 설명할 것이다.

우리의 알고리즘은 그림 4에서 나타난 동작과정으로 나타낼 수 있으며, 작은 원을 가진 화살표는 멀티캐스트 폴을 나타내고 원이 없는 것은 일반적인 폴을 나타낸다. 그림 4에서  $S_a, S_b, S_c, S_d$ 는 스테이션 A, B, C, D를 나타낸다. 그림 위쪽의 작은 사각형은 전송하기 위하여 대기중인 패킷을 나타내고, 가장 상위에 있는 패킷의 경우 그 반대인 경우보다 높은 우선순위가 갖는다. 우리가 제안한 알고리즘의 동작절차를 살펴보면,

먼저  $n$ -th PCF 라운드에서  $S_b$ 와  $S_c$ 는 유휴 상태로 들어가고, 다음 패킷이 생성된다. 이것은 패킷의 생성 간격이 서비스 순서를 재조정하는 시간보다 좀더 많은 시간이 소요되기 때문이다.

$S_b$ 와  $S_c$ 는 다음 PCF 라운드에서 유휴 그룹 리스트에 추가되고, 멀티캐스트 폴을 수신하게 될 것이다. 만약 현재 라운드가 끝날 때 전송할 새로운 패킷이 가지게 되면 유휴 그룹을 떠나게 된다.

$n+1$ -th PCF 라운드에서  $S_b$ 는 유휴 그룹을 떠나게 된다. 이것은 동시에 폴을 전송했을 때 전송해야 할 패킷을 새로 가지고 있을 경우에 가능하다. PC는 다음 라운드에서 큐의 길이가 가장 길기 때문에 가장 높은 우선순위를  $S_d$ 에게 부여하게 되고,  $S_d$ 는  $n+1$ -th 라운드에서 자신의 패킷을 전송하게 된다. 동시에  $n+2$ -th 시간에  $S_b$ 는 자신의 패킷을 전송한다. 그러나 전송할 패킷을 가지지 못한 스테이션  $S_c$ 는 여전히 유휴상태에 남게 된다.

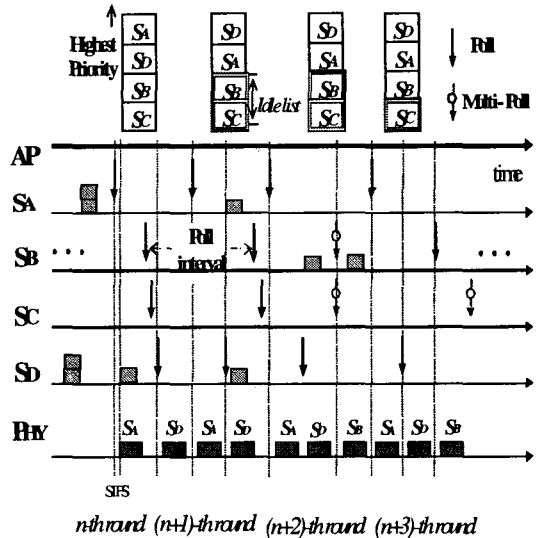


그림 4. 폴링 리스트 관리의 예

그림 5에서 멀티캐스트 폴링 리스트 관리를 위한 알고리즘을 나타내었다.

```

PROCEDURE AP_POLLSEND (i) {
  for each station i in current round
  for (i = 0; i < n; i++)
  if poll was sent by AP
    return STA_POLLFEEDBACK()
}
PROCEDURE STA_POLLFEEDBACK( queue_length, i) {
  for each station i in current round
  for (i = 0; i < n; i++)
  if queue_lengthi is not empty
    AP queue_length of the pollable STA
}
PROCEDURE UPDATE_PRIORITY(i, poll_list()) {
  if queue_lengthi > queue_lengthi+1
    poll_list[n] stationi
    poll_list[n+1] stationi+1
  else queue_length is empty & poll_interval > packet generation interval
    idle list group pollable STA
}
    
```

그림 5. 멀티케스트 폴링 알고리즘

#### IV. 분석 및 시뮬레이션

시뮬레이션을 단순화하기 위하여 무선 링크의 전송 지연은 전송에 따른 에러가 없다는 상황을 고려하였다. 전송에 참여하는 스테이션의 개수는 4개로 가정하였다. 트래픽 모델은 음성 트래픽을 고려하여 on/off 모델을 사용하였으며, 지수 분포를 사용하여 발생시켰다. 시뮬레이션 환경을 생성하기 위하여 사용한 시뮬레이션 환경 변수를 표 1에 나타내었다. 만약 새로운 패킷이 발생하면 기존의 패킷은 폐기된다.

표 1. 시뮬레이션 변수

Meanings	Value
Channel rate (R)	11Mbps
Minimum contention window (CW <sub>min</sub> )	31
Maximum contention window (CW <sub>max</sub> )	1023
Slot time (TS)	20us
SIFS time (TSIFS)	10us
PIFS time (TPIFS)	30us
DIFS time (TDIFS)	50us
CFP repletion interval (TRep)	30ms
CFP_Max_Duration (TMaxCFP)	28ms

우리의 모델에서 유휴(silence) 구간에 기반한 Talk-sput 구간은 대략 1.0에서 1.35sec 이다. 실시간 프레임의 길이는 200바이트이고 패킷의 생성 시간 간격은 25msec 이다.

CFP\_MAX-Duration은 MPDU의 최대 길이를 고려하여 28msec로 설정한다.

수퍼 프레임에서 PCF 구간 울(r)로 잡았을 때, 적응적인 멀티 폴링 알고리즘의 성능은 다음 식 (1)과 같다.

$$F_d(n) = r * F_p(n) + (1-r) * F_d(n) \quad (1)$$

실질적으로 r은 우선순위 재설정 에 의하여 동적으로 재조정 될 수 있다. 전송 스테이션의 수 n에 대하여 최대의 성능을 얻기 위하여 식 (2)와 같은 최적의 CFP-Duration을 재조정하여야 한다.

$$Th = [r | Max(r * F_p(n) + (1-r) * F_d(n))] \quad (2)$$

식 (2)에서 F<sub>d</sub>(n)는 일반적인 성능을 나타내고, 이 합수는 스테이션의 수 n의 함수이고, F<sub>p</sub>와 F<sub>d</sub>는 활성 그룹과 유휴 그룹을 나타낸다.

그림 6에서 스테이션의 수의 변화에 따라 평균 전송 지연을 관찰한다. 평균 전송지연은 노드수가 증가함으로써 증가한다. 제안된 알고리즘의 평균 전송지연은 IEEE 802.11 표준에서 보다 전송지연이 개선된다. 이것은 우리가 제안한 알고리즘이 무효 폴의 회수를 상당히 줄였기 때문이다.

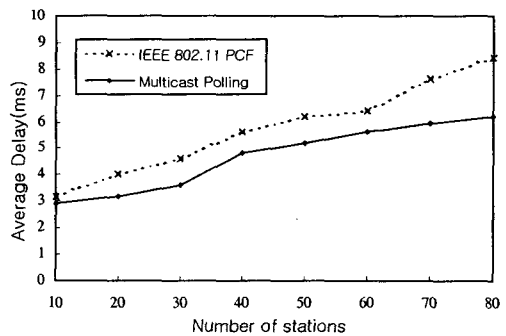


그림 6. Average delay vs. the number of nodes

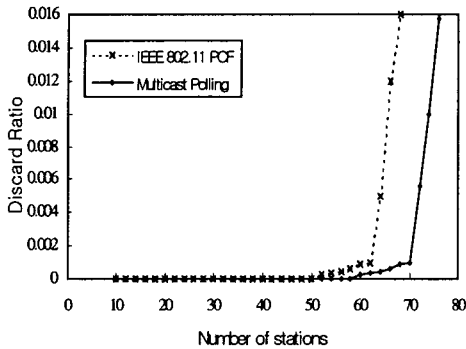


그림 7. Discard ration vs. the number of nodes

패킷 폐기율의 개선을 보이기 위하여 그림 7에서 스테이션 수의 증가에 따른 폐기율이 어떻게 증가 되는지를 나타낸다. 제안된 방식에서 사용하는 스테이션 사이의 최대 지연시간은 앞서 언급된 환경 변수가 가지는 값 이하이다. PC와 스테이션 사이의 최대 지연시간은 참고논문 [6]에서처럼 35msec 이하가 됨을 볼 수 있다.

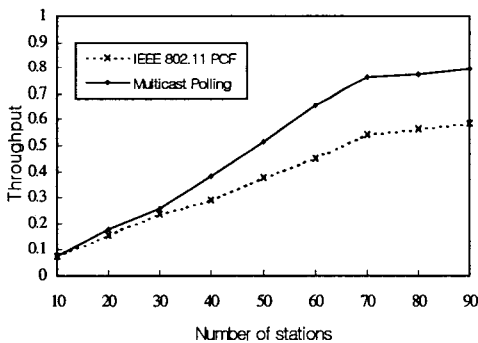


그림 8. Throughput vs. the number of nodes

마지막으로 그림 8은 스테이션의 증가에 따른 성능의 변화율을 나타낸다.

## V. 결론

우리는 IEEE 802.11 PCF 모드의 무효 폴에 의해 발생하는 전송지연과 대역폭이 낭비되는 문제점을 개선하기 위하여 전송 데이터가 없는 스테이션들에게 일괄적

으로 멀티캐스트 폴을 하기 위한 적응적인 폴링 알고리즘을 제안한다. 멀티캐스트 폴 알고리즘은 동시에 유휴 스테이션들에게 폴을 던지고, 이 그룹에 속해있던 스테이션들이 다음 단계에서 전송에 관련된 제어권을 획득하고, 만약 반대의 경우라면, 지난 상태로 남아 있음으로써 시스템의 대역폭 낭비를 최소화 하게 된다. 시뮬레이션 결과는 우리의 스킴이 전송 지연, 패킷의 폐기율을 개선했으며, 네트워크 측면에서 성능이 증가하였음을 볼 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] Eustathia Ziouva and T. Antonakopoulos, "A dynamically adaptable polling scheme for voice support in IEEE 802.11 networks," IEEE Compu. Commu., pp. 129-14, 2003.
- [2] IEEE, "Draft and standard for wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Spec.," IEEE 802.11, 1999.
- [3] S.Wietholter and C.Hoene "Design and Verification of an IEEE 802.11 EDCF Simulation Model in ns-26," 2003.
- [4] S.S. Lo, G. Lee and W.Tseun, "An Efficient polling Mechanism for IEEE 802.11 Wireless LANs," IEEE Trans. on Computers, Vol.52, No.6, 2003.
- [5] O. Sharon and E. Altman, "An Efficient Polling for Wireless LANs," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol.9, No.4, 2001.
- [6] M.A. Youssef and A. Vasan, "Specification and Analysis of the DCF and PCF Protocols in the 802.11 Standard Using Systems of Communicating Machines," Proc. of the 10th IEEE INCP, 2002.
- [7] R.S. Ranasinghe, L.L.H. Andrew and D. Everitt, "Impact of polling strategy on capacity of 802.11 based wirel. multimedia

LANs," IEEE International Conf. on Network  
( ICON '99 ), pp. 96-103, 1999.

저자 소개

김 경 준(Kyung-Jun Kim)

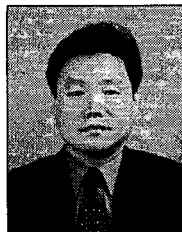
정회원



- 1996년 : 경일대학교 컴퓨터공학과
  - 1999년 : 경북대학교 산업대학원  
컴퓨터공학(공학석사)
  - 2005년 : 경북대학교 정보통신학  
과(공학박사)
- <관심분야> : Sensor Networks,  
Ad Hoc Networks, WLAN.

이 창 순(Chang-Soon Lee)

정회원



- 1981년 : 경북대학교 전자공학과  
(공학사)
  - 1983년 : 경북대학교 전자공학과  
(공학석사)
  - 1993년 : 경북대학교 전자공학과  
(공학박사)
- 1993년~현재 : 대구한의대학교 멀티미디어학부 교수  
<관심분야> : IT, 컴퓨터네트워크, 정보보호, 문화  
콘텐츠