

다중 계층 무선 통신망에서 QoS 지원 적응형 이동성 관리 기법

최 원 근*

The QoS Adaptive Mobility Management Scheme in Multi Layer Wireless Networks

Won-Keun Choi*

요 약

본 논문은 모바일 사용자들에게 효율적인 QoS를 제공하기 위한 이동성 관리 기법에 관한 것이다. 극단적으로 작은 셀 반경을 갖는 마이크로 셀룰러 시스템은 높은 트래픽 용량을 제공하는 반면에 이동속도가 빠른 터미널들의 호출에 대해서는 최소한의 잔류 시간 요구들을 맞추기 어렵다. 이러한 문제점들을 극복하기 위해서 새로운 동적 다중 셀 구조를 설계하였다. 이동성을 지역화 시키는 QoS 적응형 이동성 참조 모델과 사용자의 다양한 이동성을 고려한 다중 계층 무선통신 시스템 등 새로운 이동성 관리 기법을 설계하고, 수학적 분석을 통하여 제안된 기법의 성능을 분석하였다.

Key Words : Mobility Management, QoS, handover, Multilayer Cell system

ABSTRACT

This paper describes a set of mobility management schemes for providing the efficient QoS to mobile users. The micro-cellular systems with an extremely small cell radius can provide high traffic capacity. But it cannot meet the minimum residency time requirements for calls of a fast-moving mobile terminal. To overcome the problems, we design a new dynamic multi cell architecture and mobility management schemes, in which we design a QoS adaptive mobility reference model to localize the mobility for various user mobility and analyze the performance of it.

I 서 론

마이크로-셀은 저전력 송신기를 사용하여 근거리에서 채널 재사용이 가능하므로 가용 채널의 양을 증가시켜 높은 트래픽 용량을 만족시키지만, 높은 이동성을 가진 이동 사용자들의 핸드오버 발생 속도는 증가되어 망에서 프로세싱 부하가 증가되며, 핸드오버가 요구하는 최소 잔류 시간 전에 새로운 핸드오버가 발

생할 수 있는 문제가 있다¹⁾.

이러한 문제점들을 극복하기 위해서 본 연구에서는 새로운 동적 다중 셀 구조를 설계하였고 이동성을 지역화 시키는 QoS 적응형 이동성 참조 모델과 사용자의 다양한 이동성을 고려한 다중 계층 무선통신 시스템 등 새로운 이동성 관리 기법을 설계하고, 수학적 분석을 통하여 제안된 기법의 성능을 분석하였다.

본 논문과 관련된 기존에 연구된 내용을 살펴보면

* 본 논문은 2019년 인하공업전문대학 교내논문 연구 지원에 의하여 연구되었습니다.

• First Author : Inha Technical College Department of Information & Communication Engineering, wkchoi@inhac.ac.kr, 종신회원
논문번호 : 201909-184-B-RU, Received September 2, 2019; Revised November 26, 2019; Accepted December 6, 2019

다음과 같다.

계층 구조 시스템에서 1) 최적의 셀 크기, 2) 속도에 따르는 셀 선택 및 3) 신규(new) 호 및 핸드오프 호를 위한 시그널링이 다양한 이동성을 가진 사용자의 호의 강제 종료율을 감소시키는 방향으로 정의되어야 한다.^[2-9]

거주 시간을 이용하여 사용자의 속도를 추정하는 방법도 있으며^[3], 혹은 이동 단말기 (MT)의 과거 정보를 이용하여 평균 거주 시간을 추정한다^{[2][4]}. 임계치 (threshold) 접근 방법은 핸드오프 발생률을 감소시킬 수 있다. 이러한 관점에서 평균 호 입력 속도에 따라서 임계치를 동적으로 조정한다^[4].

다폴트 셀 계층(layer)을 할당하는데, 일반적으로 신규 호에 마이크로-셀이 할당된다^[5-6]. MT들을 속도에 클래스로 나누고, 클래스에 따라서 도착하는 호를 적절한 셀 계층에 할당한다^[2]. 오버플로(overflow) 기법을 사용하여 마이크로-셀이 휴지 채널이 없는 경우에 중첩된 매크로-셀에서 신규 호 또는 핸드오프 호에 휴지 채널을 할당한다. 오버플로 채널 할당 기법은 신규 호의 블로킹(blocking)을 및 통신중인 호의 강제 종료율을 감소시킨다^[2,5].

마이크로-셀에서 채널 이용률을 향상시키기 위하여, 매크로-셀에서 마이크로-셀로 핸드오프를 허용하는 역 계층 구조 기법을 제안하였다^[8]. 언더플로 (underflow) 기법을 제안하였는데, 이 기법에서는 핸드오프한 호에 매크로-셀이 제공할 휴지 채널이 없는 경우 중첩된 마이크로-셀의 휴지 채널을 제공한다^[9].

제한된 라디오 자원, 이동성 관리, 유동하는 망 상태 등으로 무선통신망에서 QoS를 만족시키는 것은 어렵다. 이동성 관리는 무선통신망 시스템의 성능에 심대한 영향을 미치므로 효율적인 QoS를 제공하기 위해서는 새로운 이동성 관리 패러다임이 요구 된다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서 효율적 QoS를 지원하기 위하여 이동에 따르는 영향을 지역화 하는 이동성 관리 모델을 제안한다. 3장에서는 설계된 모델을 지원하는 핸드오버 프로토콜을 설계하고, 4장에서는 설계된 기법에 대해서 수학적으로 분석하고 시뮬레이션을 수행한다. 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 이동성 관리 모델

이동성 관리의 목적은 사용자가 이동 중에도 호의 끊어짐이 없이 협상된 QoS를 보장하면서 연속적인 서비스를 제공하는 것이다. 변동하는 망 상태 및 제한된 라디오 자원에 적절하게 적응함으로써 가상 연결

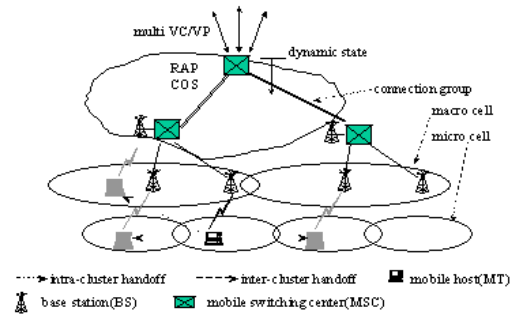


그림 1. 이동 컴퓨팅 시스템
Fig. 1. Mobile Computing System

의 실패율을 최소화시킬 수 있다. 그러므로 이동성 관리는 동적 QoS 적응과정이라 정의할 수 있다.

이동성 영향을 지역화하기 위하여 “dynamic state”, “logical anchor point” and “connection group(CG)” 개념은 Reiniger연구의 개념을 도입하였다^[10].

- Dynamic State: 단말기 이동 중에 “static state”는 협상된 QoS를 유지하는 반면에, QoS 재협상 및 리라우팅을 통하여 이동성 및 멀티미디어 서비스의 적응성을 모델링한다. Dynamic state는 routing anchor point(RAP) 및 이동 단말기 사이에 설치된다.
- Logical anchor point: 기존의 crossover switch를 기능에 따라서 4가지로 구분한다.
 - 1) crossover switch (COS)는 핸드오버 동안에 부분적 재설정 과정에서 통하여 부분적 연결 리라우팅을 실행하는 앵커 포인트이다.
 - 2) QoS re-negotiation point (QRP)는 QoS 재협상을 지역화 하는 기능을 제공한다.
 - 3) a location anchor point (LAP)는 위치 관리를 지역화 하는 기능을 제공한다.
 - 4) RAP는 static state와 dynamic state 사이에 인터페이스 기능을 한다. 망 상태 변화에 의하여 기존 연결이 협상된 QoS를 만족시키지 못한 경우에, QRP 및 이동 단말기 사이의 QoS 재협상을 실행된다.

III. 이동성 관리를 위한 핸드오버 설계

이동성 관리를 위해 핸드오버를 intra-cluster 핸드오버와 inter-cluster 핸드오버 관리 영역으로 분류하며, 방향에 따라 backward 핸드오버(backward handover) 및 forward 핸드오버(forward handover)가 있다. backward 핸드오버는 기존 기지국에 핸드오버

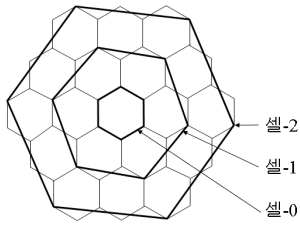


그림 2. 다중 계층 셀 시스템
Fig. 2. Multi Layer Cell System

실행 요청을 하는데 반하여, forward 핸드오버는 새로운 기지국에 핸드오버 실행 요청을 한다.

본 논문에서는 한 가지 이상의 계층 유형이 있는 다음과 같은 동적 다중 계층 무선 통신 시스템을 설계한다.

- 다중 계층 셀 아키텍처에서 상위 계층의 셀은 하위 계층의 셀을 덮는다.
- 셀에는 크기에 따라서 셀-0·셀-1·셀-2...셀-i 등으로 분류된다. 그림2는 다중 계층 셀 시스템의 셀의 종류를 보여준다.
- 셀-i는 $3(i+1)^2 - 3(i+1) + 1$ 개의 셀-0들 덮는다.
- 셀-0를 마이크로-셀이라 정의하고, 나머지 셀들을 매크로-셀로 정의한다.
- 각 계층의 셀 크기는 MT의 속도 분포에 따라서 동적으로 선택된다.

다중 계층 셀의 효과를 최대화시키기 위하여 이동성 관리를 위한 핸드오버를 설계한다. 이동 사용자의 이동 속도 분포에 따라서 최적의 셀들이 선택되어, 오버플로 및 복구 기법을 사용하여 자원 효율을 최대화한다.

그림 3은 이동 단말기에 이동성 관리를 위한 FSM 상태 다이어그램을 보여준다. 핸드오프 절차는 측정(measurements), 판단(decision) 그리고 핸드오프 실행(handoff execution) 3가지 단계로 구분된다. 이동

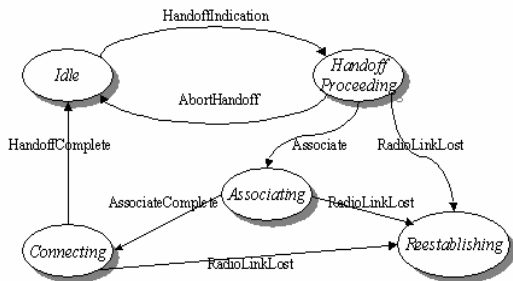


그림 3. 핸드오버를 위한 MT의 FSM
Fig. 3. FSM for handover at an MT side

단말기가 BS로부터 비콘(beacon) 신호를 수신하여 세기를 측정하는 측정 단계를 실행한다. 판단 단계에서 측정 정보와 전송 오류 또는 신호 세기의 임계치로 라디오 링크의 품질을 판단하여 핸드오프 실행 단계가 다. 일반적으로 보다 정확하고 빠르게 핸드오프 판단을 위하여 누적된 전송 오류 정보와 신호 세기 정보를 같이 사용하는 것이 바람직하다.

현재의 라디오 링크가 끊어지면, 이동 단말기는 reestablishing 상태로 들어가서, forward 핸드오버를 시작한다.

3.1 Forward Handover

이동 단말기가 다른 기지국과 연결 설정 이전에 기존 기지국과 연결이 끊어지면, 새로운 기지국과 기존의 모든 연결들을 재설정 하는 forward 핸드오버가 시작된다. 그림4는 forward 핸드오버 시나리오를 위한 제어 메시지 흐름을 보여준다.

기지국들로부터 메시지를 모니터링하여, 가장 최적의 기지국을 선택한 후에 새로운 기지국을 통하여 현재의 MSC에 HO_REQ 메시지를 전송한다. 핸드오버를 원하는 이동 단말기의 활성화 호(call) 목록과 핸드오버로 이동할 수 있는 새로운 기지국 정보가 있다.

메시지를 수신한 MSC는 HO_REQ 메시지에는 한 기지국 정보만 있기에, 선택된 기지국에 HO_QUE_REQ메시지 대신에 HO_RESOURCE_REQ를 전송하여 자원 예약 요청을 한다. 메시지를 수신한 기지국은 자원을 예약하고 HO_RESOURCE_RES 메시지를 MSC에 전송하여 자원 예약 결과를 통보한다.

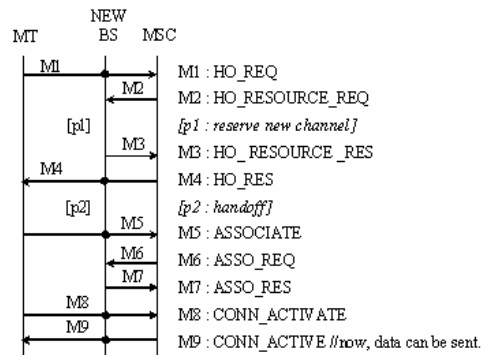


그림 4. intra-cluster에서 Forward 핸드오버를 위한 제어 메시지 흐름
Fig. 4. Forward handover control message flow for intra-cluster

3.2 Backward handover

그림 5는 intra-cluster를 위한 backward 핸드오버의 제어 메시지를 보여준다. 이동 단말기는 기존 기지국을 통하여 현재의 MSC에 HO_REQ 메시지를 전송한다. 메시지는 이동 단말기의 활성화 호(call) 목록과 핸드오버로 이동할 수 있는 새로운 기지국들의 목록이 있다.

MSC는 HO_REQ 메시지를 수신한 후, HO_QUERY_REQ 메시지를 목록상의 기지국들에게 전송한다. 메시지를 수신한 각 기지국은 이동 단말기에게 제공할 수 있는 자원의 상태를 담은 HO_QUERY_RES 메시지로 MSC에게 응답한다. MSC는 가장 최적의 기지국을 선택한 후에 선택된 기지국에 HO_RESOURCE_REQ 전송하여 자원 예약 요청을 한다. 메시지를 수신한 기지국은 자원을 예약하고 HO_RESOURCE_RES 메시지를 MSC에 전송하여 자원 예약 결과를 통보한다.

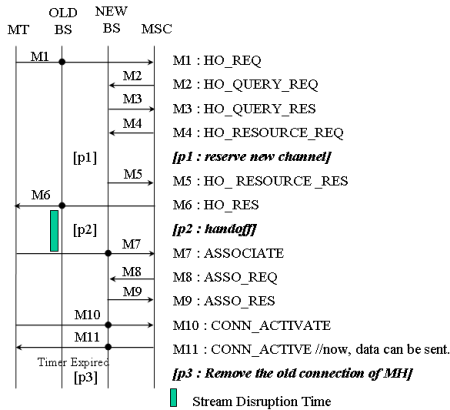


그림 5. intra-cluster에서 Backward 핸드오버를 위한 제어 메시지 흐름
Fig. 5. Backward handover control message flow for intra-cluster

IV 제안한 기법의 성능 분석

4.1 수학적 분석

제안한 기법의 성능을 분석하기 위하여, 이동성 관리 과정을 수행하는데 필요한 시간인 핸드오버 시간 T_H 는 그림3에서 다음과 같이 주어진다.

$$T_H = \sum_{i=1}^{11} T_i + \sum_{i=1}^2 P_i \quad (1)$$

T_i 는 메시지 i ($=M_i$) 수행에 필요한 시간, P_i 는 채널

을 예약하고 핸드오버 처리에 필요한 시간이다.

M_i 은 제어 메시지의 전송 시간 α_i , 전파 시간 β_i , 그리고 프로세싱 시간 γ_i 로 구성된다.

$$M_i = \left(\alpha_i = \frac{M_s}{L_r} \right) + \beta_i + \gamma_i \quad (2)$$

메시지 1,6,7,10은 무선 링크 구간에서 손실에 따르는 재전송을 고려해야 한다. n_r 은 실패 확률이 q 인 독립적인 베르누이 사건에서 처음 성공하기 전에 실패 개수라고 가정한다.

$$T_i = M_i, \quad i = 2,3,4,5,8,9,11 \quad (3)$$

$$T_i = \sum_{n_r=0}^{\infty} T_i(n_r) * q^{n_r} (1-q), \quad i = 1,6,7,10 \quad (4)$$

$$T_i(n_r) = M_i + n_r * (T_w + M_i), \quad i = 1,6,7,10 \quad (5)$$

$$T_i = M_i + (T_w + M_i) * \frac{q}{1-q}, \quad i = 1,6,7,10 \quad (6)$$

그러므로

$$T_H = \sum_{i=2,6,7,10}^{11} T_i + \sum_{i=1}^2 P_i + (4 * T_w + M_1 + M_6 + M_7 + M_{10}) * \frac{q}{1-q} \quad (7)$$

한편 호 핸드오버 속도 η 는 다음과 같이 주어진다.

$$\eta = \frac{VL}{\pi S} = \frac{2V}{\pi l \sin(\pi/3)} \quad (8)$$

L 은 셀 주변 길이, S 는 셀 넓이, l 은 육각형 셀의 한 변의 길이이다. T_H 가 지수 분포를 따른다고 가정하면, MT 가 핸드오버 시간 T_H 전에 현재의 셀에서 떠나는 핸드오버 실패 확률 P_i 다음과 같이 주어진다.

$$P_i = P[T < T_H] = 1 - e^{-\eta T_H} \quad (9)$$

셀 한 변의 최소 길이 l_m 은 (8) 및 (9)에서 다음과 같이 유도된다.

$$l_m = \frac{2VT_H}{\pi \log\left(\frac{1}{1-P_i}\right) \sin\left(\frac{\pi}{3}\right)} \quad (10)$$

4.2 시뮬레이션

4.2.1 시뮬레이션 가정 및 파라메타

MT 또는 MSC는 사용자의 이동성을 셀에서 체류 시간을 근거로 판단한다. 본 연구에서는 MT의 평균 속도를 이용하며, 신규호와 핸드오버호와 동일하게 처리된다고 가정한다. MT가 핸드오버 절차가 끝나기 전에 목표 셀에서 떠나면 핸드오버가 실패한 것으로 가정한다.

계산을 간편하게 하기 위하여, 다음과 같은 가정으로 제안한 분석 모델을 최적의 셀 크기 계산에 사용한다.

- 셀들은 모두 정 육각형으로 가정한다.
- 저속 호 및 고속 호의 발생은 각각 입력 속도 λ_{n0} 및 λ_{n1} 은 포아송 과정을 따른다.
- 서비스 시간 및 셀 체류 시간은 각각 $1/\mu$ 및 $1/\nu$ 의 지수 분포이다.
- T들은 셀에 균등하게 분포되고, 움직이는 방향이 모든 방향 $[0, 2\pi]$ 균등하게 분포되어 평균 속도 V 로 이동한다.

표 1. 시스템 파라미터
Table 1, system parameter

Bit Rates (Lr)	Wireline Link	155 Mbps
	Wireless Link	2 Mbps
	Low Mobility	
	Medium Mobility	384 Kbps
Propagation Times (β)	Wireline Link	500 μ sec
	Wireless Link	2 msec
Processing Time (γ)	MSC	0.5 msec
	BS	0.5 msec
	MT	0.5 msec
Miscellanies	Reservation Times(P1)	0.5 msec
	handover Times (P2)	20 msec
	Message Size (Ms)	50 bytes
	Numberof Hops (N)	3
	Link Failure Probability (q)	0.5

4.3 시뮬레이션 결과

이동성 관리를 위한 핸드오버 시간은 MT 이동 속도에 비례하여 증가한다. 이동 속도가 증가하면 무선(wireless) 링크의 대역폭이 감소하여 메시지 전송 시간 M_i 가 증가하기 때문이다.

그림 6은 핸드오버 실패 확률 P_1 값을 고정시킬 때 MT 평균 이동 속도 V 변화에 따르는 l_m 값의 변화를 나타낸다. 동일한 핸드오버 실패 확률 P_1 값을 유지하

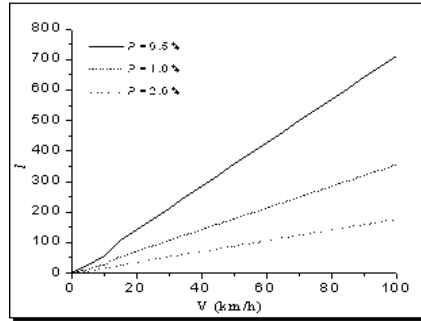


그림 6. MT 속도 변화에 따르는 l_m 값 변화
Fig. 6. The value of l_m based on MT Speed

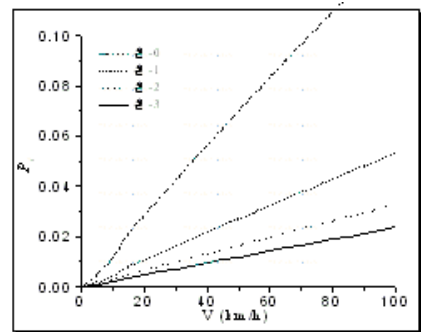


그림 7. MT 속도 변화에 따르는 P_1 변화
Fig. 7. The Value of P_1 based on MT Speed

기 위하여, 고속에서는 l_m 값이 커짐을 볼 수 있다.

그림 7은 셀을 셀-0, 셀-1, 셀-2, 셀-3으로 고정시킬 때 MT의 평균 이동 속도 V 변화에 따르는 P_1 값 변화를 보여준다. 마이크로 셀(셀-0)의 l_m 값은 그림 6의 결과로부터 계산되며, 나머지 셀들의 크기는 그림5의 셀 분류에 따라서 자동적으로 계산된다. 그림6에서 핸드오버 실패 확률 P_1 은 MT의 평균 이동 속도 V 에 비례하고, 셀 크기와는 반비례함을 알 수 있다.

V 결론

극단적으로 작은 셀 반경을 갖는 마이크로 셀룰러 시스템은 높은 트래픽 용량을 제공하는 반면에 이동 속도가 빠른 터미널들의 호들에 대해서는 최소한의 잔류 시간 요구들을 맞추기 어렵다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 극복하고, 효율적으로 QoS를 지원하기 위하여 사용자의 다양한 이동성을 고려한 다중 계층 셀 시스템을 제안하였고 셀의 중첩 효과를 극대화시키기 위하여, 동적 셀 선택 알고리즘을 설계하였다. 수학적 분석을 통하여 핸드오버 실패 확률은 MT의

평균 이동 속도에 비례하고, 셀 크기와는 반비례함을 알 수 있었다.

향후 본 논문에서 제안한 이동성 관리에 필요한 최적의 셀 크기에 대한 연구가 필요하며 이를 기반으로 다중 계층 셀 시스템에서의 큐잉 분석을 통한 성능평가에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] M. Naghshineh and A. S. Acampora, "QoS provisioning in micro-cellular networks supporting multiple classes of traffic," *Wireless Networks*, vol. 2, no. 3, pp. 195-203, 1996.

[2] X. Lagrange and P. Godlewski, "Performance of a hierarchical cellular network with mobility-dependent hand-over strategies," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'96)*, Atlanta, GA, USA, USA, 1996.

[3] C. W. Sung and W. S. Wong, "User speed estimation and dynamic channel allocation in hierarchical cellular system," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'94)*, Stockholm, Sweden, Sweden, 1994.

[4] K. L. Yeung and S. Nanda, "Optimal mobile-determined micro-cell selection," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'95)*, Toronto, Ontario, Canada, 1995.

[5] K. L. Yeung and S. Nanda, "Channel management in microcell/macroucell cellular radio systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 45, no. 4, Nov. 1996.

[6] K. Shum and C. W. Sung, "Fuzzy layer selection method in hierarchical cellular systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 48, no. 6, pp. 1840-1849, Nov. 1999.

[7] X. Lagrange and P. Godlewski, "Performance of a hierarchical cellular network with mobility-dependent hand-over strategies," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'96)*, Atlanta, GA, USA, 1996.

[8] B. Jabbari and W. F. Fuhrmann, "Teletraffic modling and analysis of flexible hierarchical cellular networks with speed-sensitive handoff strategy," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 15, no. 8, pp. 1539-1548, 1997.

[9] Y. Hwang, Y. Han, and Y. Kim, "Performance analysis of mixed voice/data services in a micro-cell-based PCS Network," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E81-A, no. 6, pp. 1136-1144, Jun. 1998.

[10] D. Reiniger, B. Rajagopalan, M. Ott, and D. Raychaudhuri, "Soft QoS control in the net broadband wireless system," *IEEE Pers. Commun.*, vol. 6, no. 1, pp. 34-43, 1999.

최 원 근 (Won-Keun Choi)



1982년 2월 : 아주대학교 전자공학과 졸업
 1986년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사
 1999년 8월 : 고려대학교 전자공학과 박사
 1991년 9월~현재 : 인하공업전문대학 정보통신과 근무

<관심분야> 멀티미디어 통신, QoS, 트래픽 분석 및 관리