

셀룰러 CDMA 시스템에서 소프트웨어 다운로드를 위한 영역 기반 세션수락제어방식 성능분석

정희원 김 광 식*, 조 무 호**

Performance analysis of session admission control based on area for software download in cellular CDMA systems

Kwang-Sik Kim*, Moo-Ho Cho** Regular Members

요 약

셀룰러 CDMA 시스템에서 보다 효과적인 소프트웨어 다운로드가 되기 위해, 영역 기반 세션수락제어 기법이 제안된다. 제안 방식에서 기지국은 단말이 셀의 기지국 근처에 위치할 때만 세션 시작을 허용한다. 단말의 위치가 셀의 기지국 근처이면 소프트웨어 다운로드 요구를 허용하고, 셀의 경계에 위치한 경우는, 셀의 근처로 올 때까지 기다려서, 소프트웨어 다운로드를 시도하도록 함으로서, 소프트웨어 다운로드 중 셀간 핸드오프가 일어나는 빈도를 줄여, 핸드오프 세션의 강제절단확률을 줄이는 방식이다.

세션지속시간의 분포함수로서 지수분포와 Pareto 분포를 고려하여 핸드오프 빈도, 평균 채널점유시간, 세션 블록킹 확률, 핸드오프 세션의 강제 절단 확률 관점에서 성능을 분석하였다. 성능분석 결과 단말 이동속도, 세션 요구 허용 지역의 크기, 핸드오프 전용 채널 수 등의 트래픽 특성에 따라 다르지만, 분석을 위해 가정한 파라미터 값을 기준으로, 기존 방식에 비해 30 ~ 250% 정도의 핸드오프 빈도를 줄일 수 있게 된다. 또한 신규세션의 블록킹 확률은 5 ~ 20% 정도 줄이지만, 핸드오프세션의 강제절단률은 35% ~ 220%까지 줄일 수 있게 됨을 알 수 있다.

Key Words : CDMA, software download, session admission control

ABSTRACT

For an efficient software download in cellular CDMA systems, session admission control based on area (SACA) is presented. In the SACA scheme, the base station only allows mobile terminal to start session when the mobile locates near the base station of a cell. A mobile that is located near cell center can request software download session, but the mobile that is far away from the center can request session only after arriving near the cell center.

Session duration time follows exponential and Pareto distribution. Performance is analyzed in terms of handoff rate, mean channel holding time, session blocking probability and handoff forced termination probability. As analysis results, handoff rate between cells in the proposed scheme is reduced to 30 ~ 250 % compared to conventional scheme, according to traffic characteristics such as terminal speed, session duration time and the size of the allowable zone area in a cell for the start of the session. And new session blocking probability slightly decreases to 5 ~ 20 %, but handoff session forced termination probability drastically decreases to 35 ~ 220 %.

1. 서 론

도 IMT-2000 서비스 제공을 위한 다중접속방식으로 채택되었다 [1,2]. IMT-2000 서비스의 제공을 위한 단말이 다양한 서비스를 제공받을

CDMA 시스템은 북미뿐만 아니라 유럽에서

* 한국전자통신연구원 정보보호연구본부(kks63453@etri.re.kr), ** 경주대학교 컴퓨터전자공학부(mhcho@kyongju.ac.kr)

논문번호 : 020505 - 1127, 접수일자 : 2002년 11월 27일

※본 연구는 한국과학재단 지역대학우수과학자 지원연구사업 "R05-2002-000-01086-0"에서 지원 받아 수행되었음.

수 있는 플랫폼이 구성되어야 하며, 이를 가능케 하는 기술이 SDR이다. SDR에 기반을 둔 재구성 가능한 터미널은 현재 전세계적으로 왕성한 연구가 진행되는 분야 중 하나이며, 유럽에서는 IST 유럽연구프로젝트의 일환으로 TRUST(Transparent reconfigurable ubiquitous terminal) 프로젝트가 진행되었다 [3].

재구성 가능한 터미널에서 소프트웨어 다운로드를 터미널의 구성과 내용을 수정하려는 목적과 함께 새로운 프로그램 코드 또는 다른 데이터를 터미널에 도입하는 것으로 정의된다 [4]. 소프트웨어를 이동 터미널에 다운로드하는 전형적인 방법은 무선 링크를 사용하는 것이다. 이 방법은 전형적으로 OTA(over-the-air) 소프트웨어 다운로드라고 불린다. 소프트웨어 다운로드를 위해 상상되는 모든 메커니즘 중에서 무선 링크 상에 소프트웨어 모듈의 전송은 새로운 프로그램 코드를 재구성 가능한 터미널에 도입하는 논의할 만한 가장 자연스런 방법이다. 주어진 시스템 내에서 OTA 소프트웨어 다운로드에 의해 망 자원에 미치는 영향을 분석하고 시뮬레이션 하는데 있어 주요 쟁점은 그러한 다운로드로부터 야기되는 트래픽을 위한 적당한 모델과 이동성 모델의 개발이다.

재구성 과정 자체뿐만 아니라 재구성 데이터의 통계에 관련한 여러 파라미터들을 모델링함으로써 단일 소스의 소프트웨어 다운로드에 대한 트래픽 모델은 제안된 바 있으나 [4], 소프트웨어에 대한 이동성 모델에 대해서는 연구가 거의 이루어지지 않았다. 셀룰러 CDMA 시스템에서 셀간 핸드오프 중에 여러 가지 요인으로 인해 불완전한 세션 종료가 종종 발생할 수 있는데, 이러한 요인인 핸드오프 빈도를 줄여 핸드오프 세션의 강제절단확률을 줄이는 것이 시스템 성능을 향상시키는 주요 방안이라고 할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 SACA(session admission control based on area) 방식은 단말의 위치가 셀의 기지국 근처인지 감지해서, 근처이면 소프트웨어 다운로드 세션을 시도하고, 셀의 경계에 위치한 경우에는 셀의 근처로 올 때까지 기다려서 소프트웨어 다운로드 세션을 시도하도록 함으로써, 소프트웨어 다운로드 중 셀간 핸드오프가 일어나는 빈도를 줄이는 방안이다. 제안 방식을 사용하면 셀간 핸드오프 빈도를

기존 방식에 비해 상당히 줄일 수 있을 것이라 예측되며, 이에 따라 핸드오프 세션의 강제절단 확률도 크게 줄어들게 된다.

본 논문에서는 수치적분법을 이용하여 간단하면서도 정확한 채널점유시간 도출을 위한 근사 방법을 제시하고, 시스템에 미치는 영향이 큰 셀간 핸드오프 빈도, 세션 블로킹확률, 핸드오프 세션의 강제 절단 확률 관점에서 성능을 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음절에서는 제안방식의 개념에 대한 일반사항을 기술한다. 3절에서는 트래픽 모델이 소개되고, 4절에서는 채널점유시간 계산방법이 다루어진다. 5절에서는 SACA 방식에 의해 성취되는 성능개선 사항을 나타내고, 6절에서 결론을 맺는다.

II. 제안 방식

육각형구조의 셀 모양의 셀룰러 이동통신망을 고려한다. 그림 1은 셀 구성도이며, BS (Base Station, 기지국)의 안테나는 셀의 중심에 위치한다. 하나의 고속 CDMA 채널이 소프트웨어 다운로드를 위한 패킷 통신 채널로 셀룰러 CDMA 시스템에서 운용된다고 가정한다. 적절한 셀 배치 계획 하에서 셀의 경계의 변화 없이 셀 영역을 2개의 서브영역으로 나누어서 셀 중심에 위치한 영역에서 시도한 소프트웨어 다운로드 요구에 대해서만 CDMA 채널이 서비스한다고 가정한다 [2].

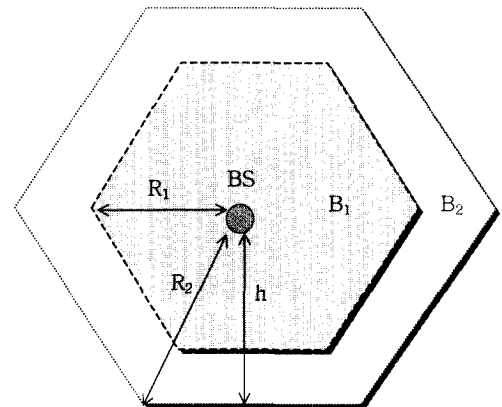


그림 1. 서비스영역 기반 셀 구성도

셀 영역을 두개의 서브영역(B1, B2)으로 나눈

다. 그림 1에서 보는 바와 같이 하나의 CDMA 채널은 B₁ 서브영역은 서비스하고, B₂ 서브영역은 서비스하지 않는다. 셀의 중심에서 각 측면 끝까지의 거리는 아래 식과 같다.

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} R_2 \quad (2.1)$$

R₂는 외부 육각형 셀의 측면길이 이고 R₁은 내부 육각형 셀의 측면길이이다. 두 서브영역간의 경계는 트래픽 조건, 즉, 이용자 차량속도 및 세션지속시간에 따라 변한다.

셀 중심 근처에서만 소프트웨어 다운로드 서비스를 제공하는 것은 단말기들에게 제공되는 서비스가 위치에 따라 불공정하게 제공되는 것처럼 여겨진다. 하지만 소프트웨어 다운로드라는 것이 일반 데이터 서비스와는 달리 관리를 위한 서비스이기 때문에 서비스의 요구에 대해 일정 시간 기다릴 수 있는 여유가 있다. 즉, 서비스가 제공되지 않아도 현재의 상태로 서비스는 계속 제공받을 수 있다. 이러한 관점을 착안하면 전파 환경이 좋을 때 서비스함으로써 경계지역에서 발생되는 소프트웨어 다운로드 서비스에 의해 인접 셀에 미치는 간섭이 줄어들고, 또한 셀간 핸드오프를 감소시켜 진행 중인 세션의 성공률을 높이게 된다.

소프트웨어 다운로드 세션을 진행 중인 단말이 핸드오프를 하는 경우, 핸드오프 하는 셀에 채널이 모두 사용중인 상태이면, 진행 중인 소프트웨어 다운로드 세션은 절단된다. 음성이나 데이터 서비스와는 달리, 소프트웨어 다운로드에서는 세션이 절단되면 이전에 수신한 정보들은 의미가 없어지므로, 불필요하게 무선자원을 낭비하게 되는 결과가 초래된다. 핸드오프가 빈번하면, 소프트웨어 다운로드 세션의 핸드오프 성공률은 줄어들고, 전체 트래픽의 처리량도 줄게 된다. 소프트웨어 다운로드의 서비스 종류에 따라 다르겠지만 단말에 의한 소프트웨어 다운로드 요구를 단말의 위치에 따라 즉각적으로 서비스하거나, 아니면 단말의 전파환경이 좋은 위치로 이동하는 시간동안 기다렸다가 소프트웨어 다운로드 서비스를 제공함으로써, 이득을 얻는 방안이다.

제안방식의 용량은 서비스 영역이 분할되지 않은 셀에서 이용자들이 균일 분포를 하고 있

을 때의 기존 방식보다 증가할 것이다. 또한, 제안방식은 셀 중심 근처에서 시도한 소프트웨어 다운로드 세션만 서비스하므로, 셀간 핸드오프의 빈도가 줄어들고, 인접 셀의 경계에 가까운 B₂ 서브영역에서 서비스하는 소프트웨어 다운로드 세션의 수가 상당히 감소하게 되며, 인접 셀에 미치는 간섭이 상당히 줄어들어 무선 용량이 증가할 가능성이 높게 된다.

III. 성능분석모델

본 절에서는 제안방식에 대한 수학적 모델을 제안한다. 참고문헌 [5]에 의하면 WAN 환경에서 WWW 또는 FTP 세션의 도착 이벤트는 고정시간빈도에서 Poisson 프로세스에 의해 잘 모델링 된다고 한다. 그리고, 세션의 지속시간은 Pareto 분포를 따른다고 한다. 그래서, 본 논문에서는 세션지속시간을 위해 Pareto 분포와 지수 분포 모두 고려한다.

1. 다운로드 이벤트의 도착과정

본 논문에서는 신규 소프트웨어 다운로드 세션들이 셀 내에서 Poisson 프로세스에 의해 발생된다고 가정한다. λ_i를 셀 당 신규 세션시도수라고 하면, Poisson 프로세스는 아래 식과 같이 도착시간간격이 빈도 변수인 λ_i를 가진 지수분포인 재생 프로세스로 표현할 수 있다.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda_i t} \quad (3.1)$$

셀이 반경 R인 육각형구조의 잘 형성된 도지역을 고려한다. 신규 세션들은 셀 영역에서 균일 분포되어 있다. R_{eq2}를 측면 길이 R₂의 육각형 셀과 동일한 근사 원의 반경이라고 하고, R_{eq1}을 측면 길이 R₁의 육각형 셀과 동일한 근사원의 반경이라고 한다. 또한 B₂에 있던 모든 단말은 적정 시간 내에 B₁ 영역으로 이동하여 세션 시도를 한다고 가정한다. 다시 말해, B₂에서 시도된 소프트웨어 다운로드 세션은 하나도 없다고 가정한다. 그때 서브영역 B₁에서의 신규 세션시도수는 B₁에 있는 단말에 의한 세션 시도수와 B₂에 있던 단말이 B₁으로 이동하여 와서 시도하는 세션의 합이므로, 셀 전체 세

션시도수 $\lambda_c = \rho \pi R_{cell}^2$ 과 같다. 여기서, ρ 는 단위면적당 세션밀도이다. 셀 당 성공적인 세션시도수는 전체 세션 시도수 중에서 블록킹되는 부분을 제외한 값이며, 아래 식과 같이 표현된다.

$$\lambda_n = \lambda_c(1 - P_b) \quad (3.2)$$

여기서, P_b 는 신규 세션 중 블록킹되는 확률이다.

2. 다운로드 세션 크기 및 세션지속시간

단말에 도입되는 소프트웨어 다운로드의 크기는 다운로드 하는 소프트웨어의 종류에 따라 달라진다. 다운로드 종류에 따라 소형, 중형, 대형 크기 등 3가지 종류로 구분할 수 있다 [4].

소프트웨어 다운로드 세션의 크기가 통계적으로 어떤 분포를 가지는가에 대해 살펴보자. 본 논문에서 고려하는 핸드오프 관점에서 통계적 분석이 가능하게 하기 위해 다운로드 크기를 시간으로 환산하여 사용한다. 데이터속도가 8Kbps인 CDMA 채널의 트래픽 채널 중 하나를 소프트웨어 다운로드에 사용한다고 가정한다. 채널 당 overhead(packet header, packet acknowledgement 시간 등)를 50%로 가정하면, 소프트웨어 다운로드 세션의 지속시간은 <표 1>에 제시된 바와 같이 시간 영역으로 표현할 수 있다.

<표 1> 세션 크기 구분

구분	세션 크기	세션지속시간
소	64 ~ 256bytes	0.128 ~ 0.512 s
중	5 ~ 100kbytes	10 ~ 200 s
대	1 ~ 5Mbytes	2,000 ~ 10,000 s

세션지속시간 T_M 은 수학적 분석의 용이성으로 인해 가장 흔히 사용되는 지수분포를 생각할 수 있다. 즉, 세션지속시간은 평균이 $1/\mu_M$ 인 지수 분포를 가정할 때 pdf는 아래와 같다.

$$f(t) = \mu_M e^{-\mu_M t} \quad (3.3)$$

여기서, μ_M 는 세션 서비스율이다.

보다 현실적으로 WWW server에서 수집된 데이터 처리에 의하면, 세션지속시간의 분포는, Pareto 분포를 잘 따른다고 한다 [4]. 본 논문에서는 상기 <표 1>을 수용하기 위해 Truncated Pareto 분포를 사용하며, 확률밀도함수(PDF)는 아래와 같다.

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } x < k, x > m \\ \frac{\alpha \cdot k^\alpha}{x^{\alpha+1}(1 - (k/m)^\alpha)}, & \text{if } k \leq x \leq m \end{cases} \quad (3.4)$$

여기서, m 은 분포의 가장 큰 값, k 는 분포의 가장 작은 값을 의미한다. α 는 분포 모양을 결정하는 값이다. $(k/m)^\alpha$ 는 기존 Pareto 분포와 차이가 나는 부분인데 $x > m$ 인 값에 대해 절단하면서 pdf의 합이 1이 되도록 보정하기 위한 값이다.

다운로드 세션의 크기가 대형인 경우, 시간이 너무 길어서 서비스하기가 어렵고, 현실적으로는 보다 빠른 데이터 속도를 지원하는 CDMA 채널이 사용되어야 할 것이다. 본 논문에서는 음성 트래픽의 지속시간과 유사한 중형 크기의 소프트웨어 다운로드 크기만 고려한다. Pareto 분포에서 특정 세션지속 시간을 위해 요구되는 α 값은 <표 2>와 같다.

<표 2> 평균 세션지속시간을 위한 α 값들

평균세션 지속시간	α 값	비고
20 s	1.87	가정 값 k=10 s, m=200 s
30 s	1.08	
40 s	0.66	
50 s	0.34	
60 s	0.08	

3. 핸드오프 빈도 및 채널점유시간

세션의 핸드오프 확률을 나타내는 수식을 정의하자. B1에서 발생하는 세션은 CDMA 채널의 트래픽 채널 중 하나에 연결된다. 서비스중인 셀과 목표 셀 사이의 핸드오프는 T_M 이 첫 번째는 B1에서 세션시작시간과 이용자가 셀 경계에 도달하는 시간 사이의 간격 T_n 보다 크거나, 두 번째는 이용자가 목표 셀로 진입하고 나서 다시 목표 셀의 경계에 도달하는 시간 사이의 간격 T_n 보다 크게 될 때마다 일어난다. 그

래서, T_M 이 T_n 보다 크게 되는 확률 $P(T_M > T_n)$ 는 아래 식과 같이 정의된다 [6,7].

$$\lambda_{h2} = \frac{\lambda_{h1} P(T_M > T_n)(1 - P_{hr})}{1 - P(T_M > T_n)(1 - P_{hr})} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} P(T_M > T_n) &= P(T_n < T_M) \\ &= \int_0^\infty P(T_n < T_M | T_M = t) f_{TM}(t) dt \\ &= \int_0^\infty F_{Tn}(t) f_{TM}(t) dt \end{aligned} \quad (3.5)$$

여기서, $F_{Tn}(t)$ 는 B1에서 발생하는 신규 세션의 셀 지속시간의 적률분포함수(CDF)이고, $f_{TM}(t)$ 는 신규 세션의 확률밀도함수(PDF)로서 지수분포 또는 Pareto 분포를 따른다. T_M 이 T_h 보다 커지는 확률 $P(T_M > T_h)$ 은 아래 식과 같이 정의된다.

$$P(T_M > T_h) = \int_0^\infty F_{Th}(t) f_{TM}(t) dt \quad (3.6)$$

여기서 $F_{Th}(t)$ 는 이웃 셀로부터 핸드오프 세션의 셀 지속시간의 CDF이다. 상기 $F_{Tn}(t)$ 및 $F_{Th}(t)$ 는 4장에서 구하도록 한다.

그리고 셀에서 발생하는 성공적인 핸드오프 시도빈도 λ_h 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$\lambda_h = \lambda_{h1} + \lambda_{h2} \quad (3.9)$$

셀에서 서비스되는 신규 세션과 핸드오프 세션들의 채널점유시간의 CDF인 $F_n(t)$ 과 $F_h(t)$ 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$F_n(t) = F_{TM}(t) + F_{Tn}(t)(1 - F_{TM}(t)) \quad (3.10)$$

$$F_h(t) = F_{TM}(t) + F_{Th}(t)(1 - F_{TM}(t)) \quad (3.11)$$

4. 성능분석 파라미터들

신규 세션과 핸드오프 세션들의 평균채널점유시간 T_n 과 T_h 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$T_n = \int_0^\infty F_n^C(t) dt \quad (3.12)$$

여기서 $F_n^C(t) = 1 - F_n(t)$ 이다.

$$T_h = \int_0^\infty F_h^C(t) dt \quad (3.13)$$

여기서 $F_h^C(t) = 1 - F_h(t)$ 이다.

모든 신규 세션 시도수 대비 핸드오프 시도수의 비율 γ_{nh} 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$\gamma_{nh} = \frac{\lambda_h}{\lambda_n} \quad (3.14)$$

신규 세션 시도 보다 핸드오프 세션 시도에 우선권을 주지 않는다면, 두 세션간의 차이는 없으며, 세션 블리킹율과 핸드오프 실패율은 동일하게 된다. 그러나, 사용자 관점에서 볼 때, 완료되지 않고 서비스 중에 절단되는 세션은 세션 블리킹에 비해 더 바람직하지 않다. 강제 절단되는 확률은 핸드오프 세션 시도에 우선권을 줌으로써 줄일 수 있다 [7]. 우선순위 방식

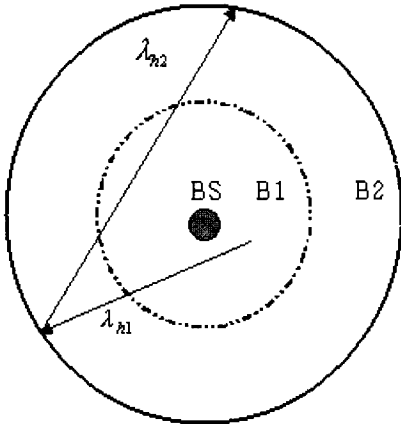


그림 2. 핸드오프 세션 형태들.

셀에서 발생하는 핸드오프 세션의 빈도 λ_h 는 그림 2에 나타난 것과 같이 λ_{h1} 과 λ_{h2} 로 구성된다. 여기서, λ_h 는 성공적인 셀간 핸드오프 빈도이다.

P_{hr} 를 핸드오프 세션 절단의 확률로 정하자. 이때, λ_{h1} 과 λ_{h2} 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$\lambda_{h1} = \lambda_n P(T_M > T_n)(1 - P_{hr}) \quad (3.7)$$

은 핸드오프 시도를 위해 배타적인 채널을 별도로 할당하거나, 대기 큐에 우선권을 줌으로서 가능하다. 별도의 채널을 주는 방식에서 셀내에 C 개 채널 중에서 핸드오프 세션을 위해 배타적으로 C_h 개 채널을 할당함으로써 우선권이 핸드오프 세션에 주어지게 된다.

P_j 를 birth-death 프로세스를 위해 정상적으로 결정될 수 있는 정상상태 확률이라고 하자. 여기서, P_j 는 j 개의 세션이 기지국에 진행 중이라는 의미이다. 이 때, 신규 세션을 위한 P_b 는 아래와 같이 구해진다.

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{C-C_h} \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^k}{k! \mu_c^k} + \sum_{k=C-C_h+1}^C \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C-C_h+k-(C-Q)}}{k! \mu_c^k} \right]^{-1} \quad (3.15)$$

$$P_j = \begin{cases} \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^j}{j! \mu_c^j} P_0, & \text{for } j=1, 2, \dots, C-C_h \\ \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C-C_h} (\lambda_h)^{j-(C-C_h)}}{j! \mu_c^j} P_0, & \text{for } j=C-C_h, \dots, C \end{cases} \quad (3.16)$$

여기서, μ_c 는 셀내 채널서비스율이다. 신규 세션과 핸드오프 세션에 대해 셀내 채널서비스율의 평균은 각각 $1/T_n$, $1/T_h$ 로 생각할 수 있다. 두 세션 종류 각각에 대해 다른 서비스율을 적용하는 것이 더 정확하나, 본 논문에서는 간결함을 위해 두 서비스의 평균값을 적용한다.

$$\mu_c = \frac{1-\gamma_{nh}}{T_n} + \frac{\gamma_{nh}}{T_h} \quad (3.17)$$

신규 세션에 대한 블리킹 확률은 기지국의 상태 번호가 $C-C_h$ 이상일 때의 확률의 합이다. 따라서,

$$P_b = \sum_{k=C-C_h}^C P_k \quad (3.18)$$

핸드오프 실패 확률은 기지국의 상태 번호가 C 와 동일할 때의 확률과 같다. 그래서,

$$P_{hf} = P_c \quad (3.19)$$

성능 측정인자로서, 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 아래와 같이 주어진다.

$$P_F = \gamma_{nh} P_{hf} \quad (3.20)$$

식(3.7)과 (3.8)을 식(3.18)과 (3.19)에 적용함으

로써, P_b 와 P_{hf} 는 반복적으로 계산될 수 있다.

IV. 셀지속시간분포

X 를 모두 양수인 $[A, B]$ 구간에서의 연속적인 랜덤 변수라고 하고, V 를 또한 $V_{max} > 0$ 인 조건에서 $[0, V_{max}]$ 구간에서의 연속적인 랜덤 변수라고 가정한다. X 와 V 의 PDF를 $f(x)$ 와 $g(v)$ 로 하자. 새로운 랜덤 변수 T 를 다음 식과 같이 고려한다.

$$T = \frac{X}{V} \quad (4.1)$$

신규 세션은 셀영역에서 균일하게 분포한다. 신규 세션의 방향과 속도는 각각 $[0, 2\pi]$ 과 $[0, V_{max}]$ 구간에서 균일 분포한다. 이때, $F_{Tn}(t)$ 를 위하여 v 의 PDF와 CDF는 다음 식과 같다.

$$g(v) = 1/V_{max}, \quad G(v) = v/V_{max} \quad (4.2)$$

그러므로,

$$F_{Tn}(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq A/V_{max} \\ \frac{1}{tV_{max}} \int_A^{tV_{max}} F(x) dx, & \text{if } A/V_{max} \leq t \leq B/V_{max} \\ 1 - \frac{1}{tV_{max}} \left(B - \int_A^B F(x) dx \right), & \text{if } t \geq B/V_{max} \end{cases} \quad (4.3)$$

$F_{Tn}(t)$ 에 대해서,

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2}{\pi R_{cell}^2} \sqrt{R_{cell}^2 - \left(\frac{x^2 + R_{cell}^2 - R_{opt}^2}{2x} \right)^2}, & \text{if } R_{cell} - R_{opt} \leq x \leq R_{cell} + R_{opt} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.4)$$

여기서, $A = R_{cell} - R_{opt}$, $B = R_{cell} + R_{opt}$ 이다.

셀 또는 서브영역 경계에서 핸드오프 세션을 수행하는 이동국의 방향과 속도는 균일 분포가 아니다 [8,9]. 각도 θ 를 셀 경계선에 수직으로 한 경우, 낮은 각도에 이용자 방향이 바이어스 된다. 이용자 방향이 더 낮을수록, 그것의 PDF는 더 크다. 방향의 PDF는 $[0, \pi/2]$ 구간에서 $\cos \theta$ 가 된다.

이용자 속도는 고속에 바이어스 된다. 그때, $F_{Tn}(t)$ 를 위하여 v 의 PDF와 CDF는 다음 식과 같다.

$$g(v) = 2v/V_{max}^2, \quad G(v) = v^2/V_{max}^2 \quad (4.5)$$

식 (4.5)는 이용자 속도가 더 높으면, 그것의

PDF가 더 크지는 것을 보여준다. 바이어스된 방향과 속도는 시뮬레이션 연구를 통하여 사실임이 입증되었다 [8]. 이에 따라

$$F_{T_k}(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq A/V_{\max} \\ \frac{1}{(tV_{\max})^2} \int_A^{tV_{\max}} xF(x)dx, & \text{if } A/V_{\max} \leq t \leq B/V_{\max} \\ 1 - \frac{1}{(tV_{\max})^2} (B^2 - 2 \int_A^B xF(x)dx), & \text{if } t \geq B/V_{\max} \end{cases} \quad (4.6)$$

$F_{T_k}(t)$ 에 대해,

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2R_{eq2} \tan\left(\arccos\left(\frac{x}{2R_{eq2}}\right)\right)} & \text{if } 0 \leq x \leq 2R_{eq2} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.7)$$

여기서 $A=0, B=2R_{eq2}$ 이다.

식 (4.3)과 (4.6)는 직접 적분하여 유도되지 않기 때문에 그것들을 구하기 위하여 수치 계산을 사용한다.

X 의 연속적인 값 대신에 중간점 공식[6]에 의해 x 의 M 샘플 데이터는 다음과 같이 (4.3)을 유도하기 위하여 사용된다.

$$F_{T_n}(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq A/V_{\max} \\ \frac{1}{tV_{\max}} \sum_{i=1}^M F(x_i) \Delta x, & \text{if } A/V_{\max} \leq t \leq B/V_{\max} \\ 1 - \frac{1}{tV_{\max}} (B - \sum_{j=1}^M F(y_j) \Delta y), & \text{if } t \geq B/V_{\max} \end{cases} \quad (4.8)$$

여기서 $x_i = A + \Delta x(i-0.5), \Delta x = (tV_{\max} - A)/M$

이고, $y_j = A + \Delta y(j-0.5), \Delta y = (B-A)/M$ 이다.

같은 방법으로 (4.6)를 유도하기 위하여 다음과 같이 사용된다.

$$F_{T_n}(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq A/V_{\max} \\ \frac{1}{(tV_{\max})^2} \sum_{i=1}^M x_i F(x_i) \Delta x, & \text{if } A/V_{\max} \leq t \leq B/V_{\max} \\ 1 - \frac{1}{(tV_{\max})^2} (B^2 - \sum_{j=1}^M y_j F(y_j) \Delta y), & \text{if } t \geq B/V_{\max} \end{cases} \quad (4.9)$$

M 이 5일 때, x 의 연속 값 대신에 샘플 데이터를 사용함으로써 생기는 에러는 0.1% 이내이다.

V. 시뮬레이션 및 수치계산 결과

이 장에서는 SACA 방식의 성능분석을 위해 수행한 시뮬레이션과 수치계산 결과를 제시한다.

성능 측정 인자로서, 평균 채널점유시간, 핸드오프 비율 등이 구해진다. 시뮬레이션과 수치계산을 위해 사용한 가정들은 다음과 같다.

- 셀당 신규세션시도수 $\lambda_c = 0.1 \sim 1.0$ 세션/초;
- 평균 세션지속시간 $T_M = 20 \sim 60$ 초/세션;
- 이동국의 최대속도 $V_{\max} = 100$ km/hr;
- 셀반경 $R_{eq2} = 1$ km;
- $R_{eq1}/R_{eq2} = 0.3 \sim 0.9$;
- 트래픽 채널 수 $C = 20$ 채널;
- $C_h = 0, 1, 2$ 채널;
- 단말속도는 균일 분포;
- 세션지속시간은 지수분포와 Pareto 분포

그 외에 Pareto 분포에서 세션지속시간은 최소 10초, 최대 200초를 가정하고, 평균이 20~60초가 되도록 α 값을 0.08 ~ 1.87까지 변경하여 사용하였다.

제한한 이동성 모델의 검증을 위하여, 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과를 그림 3, 4에 나타내었다. 그림 3은 서로 다른 셀반경 R_{eq1} 의 변화에 대해 평균 채널점유시간 (CHT)을 나타낸다. 세션지속시간으로 3가지 값, 즉, 20, 40 및 60 초가 고려된다. CHT는 R_{eq1} 의 크기가 증가할수록 서서히 줄어들게 된다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 셀반경의 변화에 대해 구한 평균 채널점유시간 값에 대한 제안방식과 시뮬레이션 결과는 잘 일치한다.

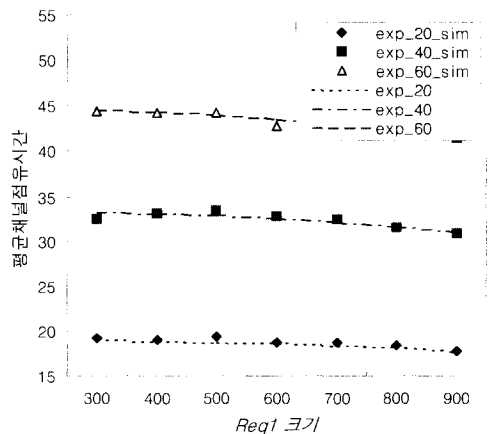


그림 3. R_{eq1} 의 크기 대비 평균 채널점유시간.

그림 4는 세션지속시간 대비 핸드오프 빈도를 나타낸다. 세션지속시간의 크기에 비례해서 핸드오프 빈도가 증가함을 알 수 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이, 세션점유시간의 변화에 따른 핸드오프 빈도의 값은 제안방식과 시뮬레이션 결과가 잘 일치한다.

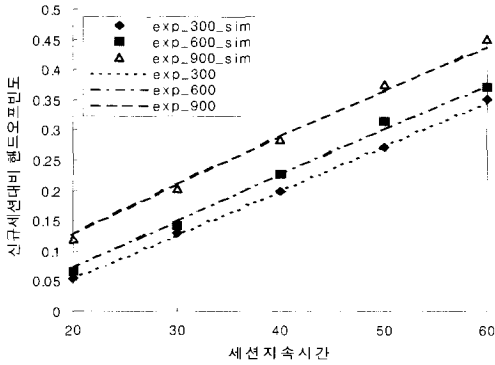


그림 4. 세션지속시간 대비 핸드오프 빈도

그림 5에서 그림 12까지는 SACA 방식에 대해 수치 계산을 통한 성능분석 결과를 나타내었다. 그림 5는 서로 다른 셀반경 R_{eq1} 의 변화에 대해 평균 채널점유시간 (CHT)을 나타낸다. 세션지속시간으로 3가지 값이 고려되는데, 20, 40 및 60 초이다. CHT는 R_{eq1} 의 크기가 증가할수록 서서히 줄어들게 된다. B_1 에서 CHT는 주어진 R_{eq1} 의 값 전체에 걸쳐 세션지속시간이 작을 때 완만하게 가변 하게 된다. 그 이유는 세션지속시간이 작으면, 단말이 이동하여 핸드오프 하기 전에, 세션지속시간의 종료에 의해 대부분 채널점유시간이 끝나기 때문이다. 그러나, 세션유지시간이 증가하면 CHT는 R_{eq1} 의 값에 따라 민감하게 가변 된다.

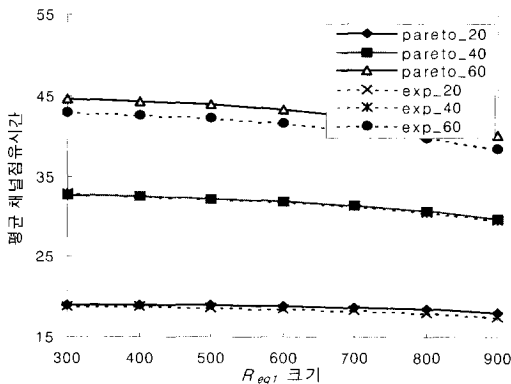


그림 5. R_{eq1} 의 크기 대비 평균 채널점유시간

그림 5에서 보는 바와 같이, Pareto 분포의 세션지속시간에서 평균 채널점유시간은 지수분포의 세션지속 시간에서의 그것보다 상대적으로 더 크게 됨을 알 수 있다.

그림 6은 세션지속시간의 변화에 대해 평균 채널점유시간을 나타낸다. 세션지속시간 길어질수록 채널점유시간은 비례하여 길어지는 것을 알 수 있다. 핸드오프 세션의 채널점유시간은 R_{eq1} 의 크기에는 상관없으며, 신규 세션보다는 항상 큰 값을 가짐을 알 수 있다.

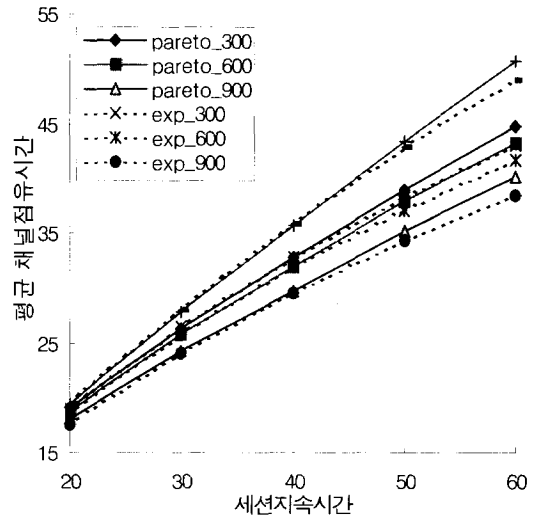


그림 6. 세션지속시간 대비 평균 채널점유시간

그림 7은 R_{eq1} 의 크기에 대해 신규 세션 대비 핸드오프 세션의 빈도를 나타낸다. R_{eq1} 이 증가할수록 핸드오프 빈도는 서서히 증가한다. 평균 세션지속시간이 60초 이하에서는 지수분포가 Pareto 분포보다 항상 핸드오프 빈도가 크지만, 60초가 넘으면 빈도는 역전된다.

그림 8은 세션지속시간 대비 핸드오프 빈도를 나타낸다. 세션지속시간의 크기에 비례해서 핸드오프 빈도가 증가함을 알 수 있다. 그림 8에서 보는 바와 같이, 세션지속시간이 Pareto 분포인 경우의 평균 채널점유시간이 지수분포에 비해 상대적으로 길기 때문에, Pareto 분포의 핸드오프 빈도는 지수분포에 비해 작게 됨을 알 수 있다. 그러나, 세션지속시간이 60초를 넘으면, 핸드오프 빈도는 역전된다.

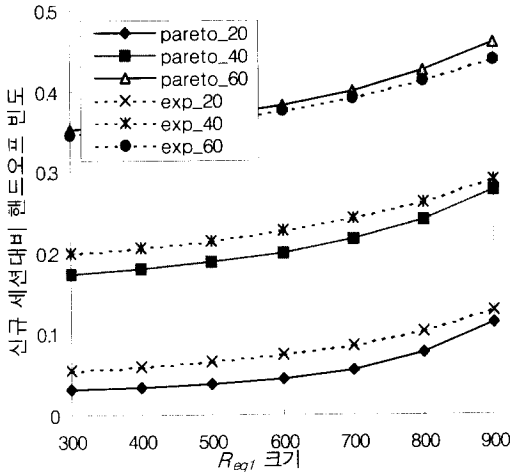


그림 7. R_{eq1} 의 크기 대비 핸드오프 빈도

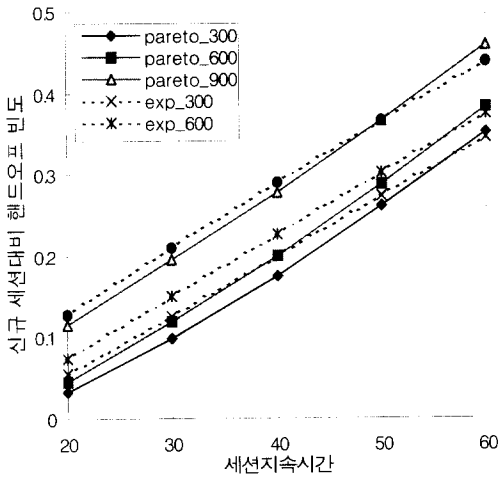


그림 8. 세션지속시간 대비 핸드오프 빈도

그림 9는 신규 세션 발생 빈도 대비 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률을 보여준다. 여기서, 세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포, $R_{eq1}=400m$ 를 가정하였다. 신규 세션 발생 빈도가 증가할수록 세션 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 증가하게 된다. 핸드오프 세션에 우선 순위를 두기 위해 C_h 를 0, 1, 2채널을 두었을 때, C_h 가 증가할수록 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 상당히 줄어드는 것을 알 수 있다. 그러나, 세션 블록킹 확률은 약간 증가하게 된다.

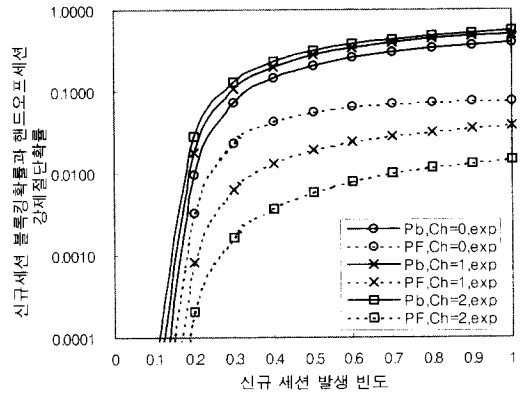


그림 9. 신규 세션 발생 빈도 대비 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률. (세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포, $R_{eq1}=400m$ 가정)

그림 10은 신규 세션 발생 빈도 대비 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률을 보여준다. 여기서, 세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포와 Pareto 분포를 사용했다. 그리고, $C_h = 1$, $R_{eq1}=400m$ 를 사용했다. 그림 8에서 보듯이, Pareto 분포의 세션 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 분포의 특성에 따라, 지수분포의 그것보다 약간 높은 것을 알 수 있다. 그러나, 그 차이는 크지 않다는 것을 알 수 있다.

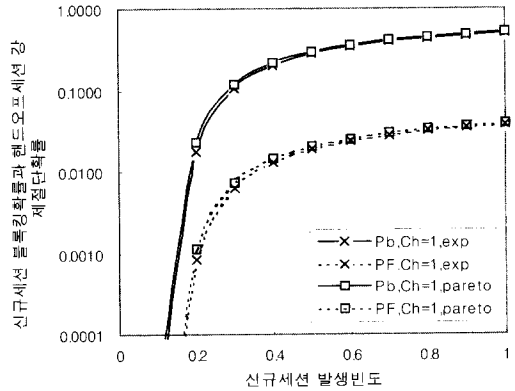


그림 10. 신규 세션 발생 빈도 대비 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률. (세션지속시간은 평균이 60초, $C_h=1$, $R_{eq1}=400m$ 가정)

그림 11은 R_{eq1} 의 크기에 대해 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률을 보여준다. 여기서, 세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포, $\lambda_c=0.2$ 를 가정하였다. R_{eq1} 의 크기가 증가할수록 세션 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제

절단 확률은 증가하게 된다. 핸드오프 세션에 우선 순위를 두기 위해 C_h 를 0, 1, 2채널을 두었을 때, C_h 가 증가할수록 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 상당히 줄어드는 것을 알 수 있다. 그러나, 세션 블록킹 확률은 약간 증가하게 된다.

VI. 결론

본 논문에서는 단말의 위치가 셀의 중심에 가까울 때만, 소프트웨어 다운로드 세션 전송을 시작하게 하는 영역 기반 세션수락제어(SACA)를 제안하였다. 세션지속시간의 분포함수로서 지수분포와 Pareto 분포를 고려하여 핸드오프 빈도, 평균 채널점유시간, 세션 블록킹확률, 핸드오프 세션의 강제 절단 확률 관점에서 성능을 분석하였다. 성능분석 결과 단말 이동속도, 세션 요구 허용 지역의 크기, 핸드오프 전용 채널 수 등의 트래픽 특성에 따라 다르지만, 분석을 위해 가정한 파라미터 값을 기준으로, 기존 방식에 비해 30~250% 정도의 핸드오프 빈도를 줄일 수 있게 된다. 또한 신규세션의 블록킹확률은 5~20% 정도 줄이지만, 핸드오프세션의 강제절단율은 35%~220%까지 줄일 수 있게 됨을 알 수 있었다.

향후 연구로는 셀의 경계지역으로 단말이 이동하여 무선환경이 열악해지면 다시 무선 환경이 좋아지는 셀 근처로 이동할 때까지 세션전송을 일시 정지하였다가 다시 계속하는 방안으로 무선 용량을 개선하는 방법에 대해 연구할 예정이다. 이를 위해 본 논문에서 제안한 트래픽 모델 및 이동성 모델을 큰 수정 없이 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] H. Holma, A. Toskala, "WCDMA for UMTS," John Wiley & Sons, 2000.
- [2] TIA/EIA/IS-95, *Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System*, Telecommunication Industry Association, July 1993.
- [3] Mehta, M., Drew, N., Vardoulis, G., Greco, N., and Niedermeier, C., "Reconfigurable terminals: an overview of architectural solutions," *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, Issue 8, pp. 82 ~89, Aug. 2001
- [4] R. Rummel, et. al, Traffic modeling of software download for reconfigurable terminals, *PIMRC Record*, pp.C-90 ~ C-94, 2001
- [5] Vern Paxson, Sally Floyd, "Wide-area traffic:

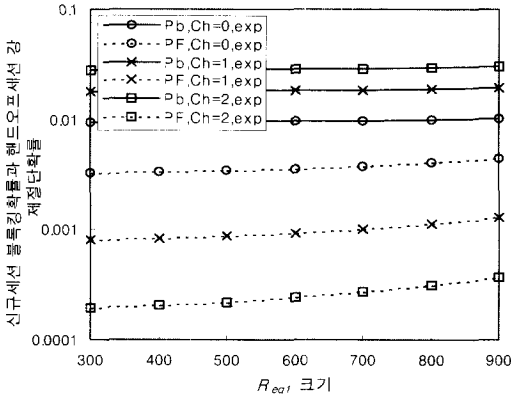


그림 11. R_{opt} 의 크기 대비 블록킹확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률. (세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포, $\lambda_c=0.2$ 가정)

그림 12는 R_{opt} 의 크기에 대해 블록킹확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률을 보여준다. 여기서, 세션지속시간은 평균이 60초인 지수분포와 Pareto 분포를 사용했다. 그리고, $C_h = 1$, $\lambda_c=0.2$ 를 사용했다. 그림 12에서 보듯이, Pareto 분포의 세션 블록킹 확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률은 분포의 특성에 따라, 지수분포의 그것보다 약간 높은 것을 알 수 있다. 그러나, 그 차이는 크지 않다는 것을 알 수 있다.

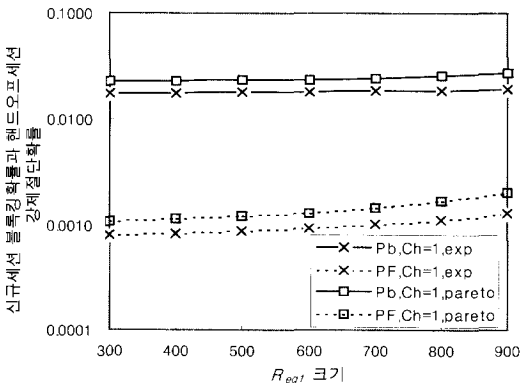


그림 12. R_{opt} 의 크기 대비 블록킹확률과 핸드오프 세션의 강제 절단 확률. (세션지속시간은 평균이 60초, $C_h=1$, $\lambda_c=0.2$ 가정)

The failure of poisson modeling", *IEEE/ACM Transaction on networking*, 3(3), pp.226-244, June 1995.

- [6] S. Yakowitz and F. Szidarovszky, *An introduction to numerical computations*, Macmillian Publishing Co., 1989.
- [7] D. H. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and non-prioritized handoff procedure," *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, vol. VT-35, pp. 77-91, Aug. 1986.
- [8] H. Xie and D. J. Goodman, "Mobility models and biased sampling problem," *ICUPC Record*, Vol. 2, pp. 803-807, Oct. 1993.
- [9] K. S. Kim, M. H. Cho, N. H. Lee and K. R. Cho, "A simple numerical approach for cell sojourn time with the Gaussian distributed mobile velocity" *CIC Record*, pp. 305-309, Seoul 1999.

김 광 식(Kwang-Sik Kim)

정회원



1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업

1997년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 석사

1997년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 박사

1991년 1월~2000년 6월 : 한국전자통신연구원, 무선방송연구소 선임연구원

2000년 11월~2002년 2월 : (주)투니텔 연구소장

2002년 3월~현재 : 한국전자통신연구원

정보보호연구본부 선임연구원

<주관심분야> CDMA 이동통신, 네트워크정보보호

조 무 호(Moo-Ho Cho)

정회원



1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업

1989년 8월 : 청주대학교 전자공학과(공학석사)

1998년 2월 : 충북대학교 정보통신과(공학박사)

1983년 3월~2000년 2월 : 한국전자통신연구원 책임연구원

2000년 3월~현재 : 경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수

<주관심분야> 통신네트워크, 이동통신시스템, 트래픽 모델링