

DS-CDMA 이동통신 시스템에서 멀티미디어 서비스를 위한 채널 할당 방법 및 성능 분석

정회원 최 성 구*, 권 수 근*, 유 영 갑**

A Channel Assignment Scheme and Performance Analysis for the Multimedia Service in DS-CDMA Mobile Systems

Sung Gu Choi*, Soo Kun Kwon*, Young Gap You** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 멀티미디어 트래픽을 서비스하는 DS-CDMA 이동통신 시스템에서 시간 지연에 민감한 실시간(real-time)과 시간 지연에 둔감한 비실시간(non-realtime) 트래픽의 특성을 고려하여 한정된 무선 채널을 효율적으로 할당하기 위한 기법으로써 다양한 특성을 갖는 멀티미디어 트래픽을 서비스하기 위해서 핸드오프 트래픽을 실시간과 비실시간 트래픽으로 구분하여 처리한다. 특히, 비실시간 핸드오프 트래픽에게 우선순위를 주기 위한 대기버퍼를 갖는 새로운 채널 할당 방식을 제안 하였다. 제안한 기법을 컴퓨터 시뮬레이션으로 성능을 분석하여 핸드오프 트래픽 서비스 요구에 대한 성공률을 높이고, 멀티미디어 트래픽의 서비스 품질(Quality of Service : QoS)을 보장할 수 있을 뿐만 아니라 한정된 무선 채널의 사용 효율이 향상 되었음을 증명함으로써 본 논문에서 제안한 채널 할당 기법의 타당성을 확인 하였다.

ABSTRACT

In this paper, we suggest a effective channel assignment scheme of the limited radio channel considering realtime traffic having time-delay sensitive characteristics and non-realtime traffic having time-delay insensitive characteristics in DS-CDMA cellular systems with multimedia traffic services. For multimedia traffic services having various characteristics, handoff traffics are categorized into realtime traffic and non-realtime traffic. We suggest a new channel assignment scheme for non-realtime handoff traffic have the highest priority by using the queue. We performed a computer simulation to confirm the verification of the suggested channel assignment scheme by showing it increase the handoff traffic success rate, maintain the QoS of multimedia traffic services as well as improve the utilized efficiency of the limited radio channel.

I. 서 론

DS-CDMA 이동통신 시스템은 음성 트래픽 위주의 서비스 방식에서 시작하여 단문서비스, 데이터 서비스 같은 비음성 트래픽 서비스 방식으로 진화되고 있으며, 궁극적으로 동화상을 포함하는 멀티미디어 트래픽

위주의 서비스방식으로 발전하게 될 것이다. 이동통신 망에서 멀티미디어 트래픽 서비스를 제공하기 위해서는 제한된 무선 채널을 트래픽 특성에 따라서 할당하는 방법이 필요하고, 특히 채널의 사용량이 어떤 임계치에 도달하면 이동 가입자가 요구하는 멀티미디어 트래픽 서비스의 연속성과 QoS를 보장할 수 없는 상황

* 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소(sguchoi@etri.re.kr) 정회원, ** 충북대학교 정보통신공학과, 정회원
논문번호 : 98241-0608, 접수일자 : 1998년 6월 8일

이 발생 하기 때문에 이런 경우에 적절한 무선 채널의 할당은 시스템의 성능과 직결 되므로 이의 필요성이 간절히 요구되고 있다. 그리고 이동 가입자가 셀과 셀 사이를 이동함으로써 핸드오프를 일으킬 때에 사용자가 원하는 트래픽 서비스의 QoS를 보장하면서 서비스중인 트래픽의 중단 없이 신속하게 핸드오프를 수행할 수 있어야 한다. 멀티미디어 트래픽 서비스는 음성 뿐만 아니라 데이터 및 영상 같이 다양한 형태의 트래픽 서비스를 하기 때문에 매우 짧은 시간의 통화 서비스 중단으로 인한 정보의 손실과 전달 지연도 트래픽의 서비스 품질에 치명적인 영향을 초래할 수 있다. 이를 위하여 그 셀에서 발생하는 신규 트래픽의 서비스 보다도 다른 셀로부터 들어오는 핸드오프 트래픽의 서비스를 처리하는데 우선 순위를 주어 처리를 함으로써 트래픽 서비스의 연속성과 가입자가 원하는 QoS를 보장할 수 있다.

DS-CDMA 이동통신 시스템에서 핸드오프 트래픽 처리를 위한 채널을 할당하는 방법에는 신규 트래픽이나 핸드오프 트래픽을 동일하게 처리하는 방법, 핸드오프 트래픽을 우선 처리하기 위해 전용채널을 사용하는 방법 등 음성 위주의 트래픽에 대한 기법들이 연구되었다[1][2][3]. 그러나 DS-CDMA 이동통신 시스템에서는 음성, 동영상 같은 시간 지연에 민감한 실시간 트래픽과 데이터, 팩스 및 파일전송 같은 시간 지연에 둔감한 비실시간 트래픽이 있다. 그러므로 DS-CDMA 이동통신 시스템이 멀티미디어 트래픽 서비스를 제공하기 위해서는 서로 다른 QoS요구 사항을 가지는 다양한 유형의 트래픽 서비스를 지원해야 하며 이에 따른 QoS를 확실히 보장하고 지원하기 위한 채널 할당을 최적화하기 위한 방안이 필요하다.

본 논문에서는 음성뿐만 아니라 저속 및 고속 데이터, 동영상 등의 멀티미디어 트래픽을 DS-CDMA 이

동통신에서 효율적으로 서비스하기 위하여 그림 1과 같이 멀티미디어 트래픽 서비스 설정 요구 시에 핸드오프 트래픽을 위한 전용채널과 비실시간 핸드오프 트래픽을 위한 대기 버퍼를 운용하여 멀티미디어 트래픽의 특성을 고려한 새로운 채널 할당 기법을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션에 의해서 그 성능을 분석 하였다. 2장에서는 트래픽 특성에 따른 채널 할당 모델링을 하고 수치적 분석을 하였다. 3장에서는 멀티미디어 트래픽에 대한 채널 할당 알고리즘을 제안하였고 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션과 성능 분석을 하였다.

II. 모델링 및 수치적 분석

우선 CDMA 이동통신 시스템이 멀티미디어 트래픽을 서비스하기 위해서는 각 서비스별로 적합한 전송속도 및 QoS를 지원할 수 있어야 한다. 일반적으로 이동통신 시스템에서 지원할 멀티미디어 트래픽 서비스는 크게 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 분류할 수 있다. 실시간 트래픽은 시간 지연에 매우 민감하며, 해당 트래픽의 QoS 변화는 서비스에 중요한 영향을 미치는 특징이 있다. 한편 비실시간 트래픽은 시간 지연에 매우 둔감하고, QoS 파라메타는 일시적으로 재조정 되어도 서비스에 큰 영향을 미치지 않는다. 즉, 비실시간 트래픽을 서비스중인 이동 가입자가 무선채널의 사용 부하가 임계치에 이른 인접 셀로 이동했을 때는 그 트래픽은 핸드오프를 위하여 사용할 수 있는 채널이 발생할 때까지 대기함으로 인한 서비스 지연 시간이 다소 증가 하지만 비실시간 트래픽의 강제 절단 확률은 감소한다.

1. 트래픽 발생률

셀은 반경이 R_{∞} 인 정육각형 셀과 면적이 동일한 반경이 R_{∞} 인 원으로 가정하고 트래픽의 발생률은 포아손 분포를 따르며, 트래픽의 서비스 시간은 지수 분포를 따르고 셀내에 균일하게 분포되어 있다고 가정한다[4][5]. λ_m 은 실시간 신규 트래픽의 발생률, λ_{nm} 은 비실시간 신규 트래픽의 발생률이라고 정의하고, λ_{rh} 는 실시간 핸드오프 트래픽의 발생률, λ_{nrh} 는 비실시간 핸드오프 트래픽의 발생률이라고 정의한다. 신규 트래픽, λ_N 는 반경이 R_{∞} 인 셀 내에서 단위 시간당 발생하는 트래픽으로 정의하며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\lambda_N = \lambda_m + \lambda_{nm} \tag{1}$$

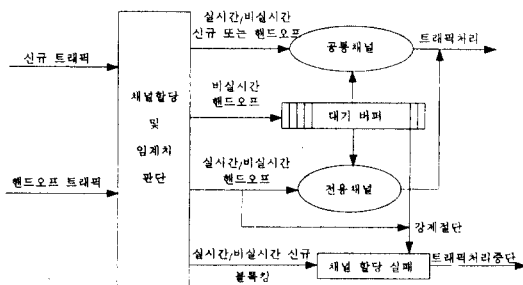


그림 1. 채널 할당을 위한 시스템 모델
Fig. 1 The system model for channel assignment

핸드오프 트래픽, λ_H 는 단위 시간당 인접 셀로부터 유입되거나, 인접 셀로 유출되는 트래픽으로 정의하며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\lambda_H = \lambda_{rh} + \lambda_{nrh} \quad (2)$$

현재 CDMA 이동통신 시스템은 멀티 미디어 서비스를 수행하고 있다고 가정함으로써 하나의 셀에서 서비스 중인 트래픽 중에서 신규 트래픽 발생률과 핸드오프 트래픽의 발생률의 비는 시스템 성능을 분석하는데 많은 영향을 미치게 된다. 여기서 신규 트래픽과 핸드오프 트래픽 발생률의 비를 다음과 같이 정의한다.

$$\alpha = \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} \quad (3)$$

그리고 핸드오프 트래픽의 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽 발생률의 비도 아주 중요한 요소로 작용하며 다음과 같이 정의한다.

$$\beta = \frac{\lambda_{nrh}}{\lambda_H} \quad (4)$$

여기서 α, β 는 셀 반경과 이동 가입자의 속도의 함수로써 서로 독립인 랜덤 변수이고, 시스템내의 모든 셀들은 동일한 조건의 셀들로 구성되어 있어 모든 셀의 파라메타들이 통계적으로 동일하다고 가정하며, 확률과 파라메타들이 시간에 따라 변하지 않는 통계적으로 평형 상태에 있다고 가정한다. 그리고 트래픽 보존법칙에 의하여 한 셀로 유입되는 핸드오프는 다른 인접 셀로 유출하는 핸드오프와 동일하다고 볼 수 있다[4][5]. 표 1은 α, β 의 변화에 따른 트래픽의 특성을 나타내고 있다.

표 1. α, β 의 변화에 따른 트래픽 특성
Table 1. The traffic characteristics as changing of α and β

파라메타	특 성
$\alpha > 0.5,$ $\beta > 0.5$	신규/핸드오프 트래픽 감소/증가, 비실시간/실시간 트래픽 증가/감소
$\alpha > 0.5,$ $\beta < 0.5$	신규/핸드오프 트래픽 감소/증가, 비실시간/실시간 트래픽 감소/증가
$\alpha < 0.5,$ $\beta > 0.5$	신규/핸드오프 트래픽 증가/감소, 비실시간/실시간 트래픽 증가/감소
$\alpha < 0.5,$ $\beta < 0.5$	신규/핸드오프 트래픽 증가/감소, 비실시간/실시간 트래픽 감소/증가

2. 채널 점유 시간

CDMA 이동통신 시스템에서 이동 가입자가 채널을 점유하기 위해서는 트래픽 발생 후 해당 셀 내에서 머물러야 할뿐만 아니라 트래픽이 유지되어야 하는 조건을 동시에 만족해야 한다. 따라서 채널 점유 시간은 신규 트래픽 또는 핸드오프 트래픽이 발생한 후에 이동가입자가 셀 내에 머무를 시간과 통화가 유지되어 지속될 시간 중 작은 값이 된다. 이동 가입자의 셀 내 체류 시간은 트래픽 발생 영역에 따라 신규 트래픽, 인접한 다른 셀로부터 자기 셀로 유입되는 핸드오프 트래픽 등 두 종류로 나눌 수 있으며 각각 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 포함한다. 채널 점유 시간과 시스템의 성능을 분석하기 위한 주요 파라메타들을 다음과 같이 정의한다.

- 1) P_B 는 채널을 할당 받지 못한 실시간이나 비실시간 신규 트래픽의 블록킹(blocking) 확률.
- 2) P_{Frh} 는 핸드오프를 요구했을 때 실패한 실시간 핸드오프 트래픽 강제 절단(forced termination) 확률.
- 3) P_{Fnrh} 는 핸드오프를 요구했을 때 실패한 비실시간 핸드오프 트래픽 강제 절단 확률.
- 4) P_{nc} 는 트래픽 설정을 요구한 모든 트래픽에 대해서 채널 할당에 실패한 트래픽 불완료(non-completion) 확률.
- 5) T_H 는 하나의 셀에서 트래픽이 서비스를 위하여 채널을 점유하는 시간(channel holding time).
- 6) T_Q 는 핸드오프를 요구한 비실시간 핸드오프 트래픽이 버퍼에 저장되어서 대기하는 평균시간.
- 7) T_D 는 트래픽이 핸드오프를 수행하는 하나의 셀에 도착하여 머무를 시간(dwell time).

신규 트래픽 중 성공하여 채널을 할당 받은 실시간이나 비실시간 신규 트래픽 서비스의 평균 도착률, Λ_n 은 다음과 같다.

$$\Lambda_n = \lambda_N(1 - P_B) \quad (5)$$

그리고 핸드오프 중 성공하여 채널을 할당 받은 핸드오프 트래픽의 평균 도착률, Λ_h 는 실시간 핸드오프 트래픽과 비실시간 핸드오프 트래픽 서비스의 평균 도착률의 합으로 다음과 같다.

$$\lambda_h = \lambda_{rh}(1 - P_{F_{rh}}) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}}) \quad (6)$$

식 (6)의 첫번째 항에서 $P_{F_{rh}}$ 는 핸드오프를 요구한 실시간 핸드오프 트래픽 강제 절단 확률을 말하므로 실시간 핸드오프 트래픽의 평균 도착률은 $\lambda_{rh}(1 - P_{F_{rh}})$ 로 표현할 수 있으며 두 번째 항에서 $P_{F_{nrh}}$ 는 핸드오프를 요구한 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 말하므로 비실시간 핸드오프 트래픽의 평균 도착률은 $\lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}})$ 로 표현할 수 있다.

자기 셀 내에서 발생한 신규 트래픽의 자기 셀 내 체류 시간을 확률 변수 T_n 이라 하고 유입되는 핸드오프 트래픽의 셀 내 체류 시간을 확률 변수 T_h 라고 정의한다. 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 평균 트래픽 지속 시간을 T_μ 라하고, T_μ 의 분포가 평균이 각각 $1/\mu$ 인 지수분포를 갖는다고 하면 T_μ 의 확률밀도함수(pdf)와 누적분포함수(cdf)는 각각 다음과 같다 [5][6][7].

$$f_{T_n}(t) = \begin{cases} \mu \exp^{-\mu t}, & t \geq 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (7)$$

$$f_{T_h}(t) = \begin{cases} 1 - \exp^{-\mu t}, & t \geq 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (8)$$

위 식으로부터 신규 트래픽의 채널 점유 시간 T_{Hn} , 핸드오프 트래픽의 채널 점유시간 T_{Hh} 는 다음과 같다.

$$T_{Hn} = \min(T_\mu, T_n) \quad (9)$$

$$T_{Hh} = \min(T_\mu, T_h)$$

그리고 T_μ, T_n 과 T_μ, T_h 이 서로 독립이라고 가정하면 T_{Hn}, T_{Hh} 의 누적분포함수(cdf)는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$F_{T_{Hn}}(t) = F_{T_\mu}(t) + F_{T_n}(t)[1 - F_{T_\mu}(t)] \quad (10)$$

$$F_{T_{Hh}}(t) = F_{T_\mu}(t) + F_{T_h}(t)[1 - F_{T_\mu}(t)]$$

한 셀에서 전체 트래픽에 대한 채널 점유 시간 T_H 의 분포함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} F_{T_n}(t) &= \frac{\lambda_n}{\lambda_n + \lambda_h} F_{T_{in}}(t) + \frac{\lambda_h}{\lambda_n + \lambda_h} F_{T_{in}}(t) \\ &= \frac{\lambda_n}{\lambda_n + \lambda_h} (F_{T_n}(t) + F_{T_n}(t)[1 - F_{T_{in}}(t)]) \quad (11) \\ &= \frac{\lambda_h}{\lambda_n + \lambda_h} (F_{T_n}(t) + F_{T_n}(t)[1 - F_{T_n}(t)]) \end{aligned}$$

식 (11)에 식 (5)와 식 (6)을 대입하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{T_n}(t) &= F_{T_n}(t) \\ &+ \frac{(1 - F_{T_n}(t))(\lambda_n + \lambda_{nrn})(1 - P_B)F_{T_n}(t)}{(\lambda_n + \lambda_{nrn})(1 - P_B) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{rh}}) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}})} \\ &+ \frac{[\lambda_{rh}(1 - P_{F_{rh}}) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}})]F_{T_n}(t)}{(\lambda_n + \lambda_{nrn})(1 - P_B) + \lambda_{rh}(1 - P_{F_{rh}}) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}})} \quad (12) \end{aligned}$$

그리고,

$$F_{T_n}(t) = F_{T_n}(t) + (1 - F_{T_n}(t)) \frac{F_{T_n}(t) + \gamma_c F_{T_n}(t)}{1 + \gamma_c} \quad (13)$$

여기서 γ_c 는 신규 트래픽의 평균 성공률에 대한 핸드오프 트래픽의 평균 성공률의 비율을 말하며 다음과 같이 주어진다.

$$\gamma_c = \frac{\lambda_{rh}(1 - P_{F_{rh}}) + \lambda_{nrh}(1 - P_{F_{nrh}})}{(\lambda_n + \lambda_{nrn})(1 - P_B)} \quad (14)$$

지금 T_n 과 T_h 가 평균이 각각 $\bar{T}_n = 1/\mu_n, \bar{T}_h = 1/\mu_h$ 인 지수분포를 갖는다고 가정하면 T_H 의 누적분포함수와 확률밀도함수는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} F_{T_n}(t) &= [1 - \exp^{-\mu t}] \\ &+ \exp^{-\mu t} \left[1 - \frac{\exp^{-\mu t} + \gamma_c \exp^{-\mu t}}{1 + \gamma_c t} \right] \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{T_n}(t) &= \frac{\mu + \mu_n}{1 + \gamma_c} \exp^{-(\mu + \mu_n)t} \\ &+ \frac{\gamma_c}{1 + \gamma_c} (\mu + \mu_h) \exp^{(\mu + \mu_h)t} \quad (16) \end{aligned}$$

$F_{T_n}(t)$ 의 complementary 함수를 취하면

$$F^{c}_{T_n}(t) = 1 - F_{T_n}(t) = \begin{cases} \exp^{-\mu} \left[1 - \frac{\exp^{-\mu t} + \gamma_c \exp^{-\mu_H t}}{1 + \gamma_c t} \right], & t \geq 0 \\ 1, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (17)$$

T_H 는 평균에 의해서 표시되는 지수분포를 가지므로 평균채널 점유시간 $\bar{T}_H (\equiv 1/\mu_H)$ 는 다음과 같은 조건을 만족하는 식으로부터 구할 수 있다.

$$\int_0^{\infty} (F^{c}_{T_n}(t) - \exp^{-\mu_H t}) dt = 0 \quad (18)$$

따라서 \bar{T}_H 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{T}_H = \frac{1}{1 + \gamma_c} \left(\frac{1}{\mu + \mu_n} + \frac{1}{\mu + \mu_h} \right) \quad (19)$$

3. 성능 파라메타

멀티미디어 트래픽 특성에 따른 채널 할당 시스템 모델의 상태 천이도(state transition diagram)는 그림 2와 같다. 하나의 셀에 존재하는 전체 채널 C 개 중에서 핸드오프 트래픽을 위한 전용채널로 $C_h (C \geq C_h)$ 개 할당하여 임계치로 사용한다. 현재 채널의 사용량이 임계치 이하이면 발생하는 모든 트래픽을 서비스하지만 채널의 사용량이 임계치가 되면 실시간과 비실시간의 핸드오프 트래픽만을 서비스한다. 이것은 신규 트래픽의 블로킹보다 핸드오프 트래픽의 강제 절단이 시스템의 성능에 많은 영향을 미치기 때문이다. 그리고 사용 가능한 채널이 없으면 비실시간 트래픽은 시간지연에 둔감한 특성을 이용하여 버퍼에 대기 시킨 후에 사용 가능한 채널이 발생하면 처리함으로써 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 최소화할 수 있다. 위에서 언급한 것에 따른 Birth and Death 프로세스의 균형 방정식으로부터 상태 확률(state probability)은 다음과 같이 주어진다.

$$P_0 = \left[\sum_{l=0}^{c-c_h} \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^l}{l! \mu_H^l} + \sum_{l=c-c_h+1}^c \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{c-c_h}}{l! \mu_H^l} (\lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{l-(c-c_h)} + \sum_{l=c+1}^k \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{c-c_h} \lambda_{nrh}^{l-(c-c_h)}}{c! \mu_H^c \prod_{i=1}^{l-c} [c\mu_H + i\mu_Q]} \right] \quad (20)$$

여기서 P_0 는 다음과 같은 정규화 조건에 의해서 결정된다.

$$\sum_{j=0}^k P_j = 1 \quad (21)$$

$$P_j = \begin{cases} \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^j}{j! \mu_H^j} P_0, & 1 \leq j \leq c - c_h \\ \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{c-c_h}}{j! \mu_H^j} (\lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{j-(c-c_h)} P_0, & c - c_h + 1 \leq j \leq c \\ \frac{(\lambda_{rn} + \lambda_{nm} + \lambda_{rh} + \lambda_{nrh})^{c-c_h} \lambda_{nrh}^{j-(c-c_h)}}{c! \mu_H^c \prod_{i=1}^{j-c} [c\mu_H + i\mu_Q]} P_0, & c + 1 \leq j \leq k \end{cases} \quad (22)$$

실시간 이든 비실시간 이든 신규 트래픽에 대한 블로킹 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$P_B = \sum_{j=c-c_h}^k P_j \quad (23)$$

실시간 핸드오프 트래픽의 실패 확률 즉, 강제 절단 확률, P_{Frh} 는 다음과 같다.

$$P_{Frh} = \sum_{j=c}^k P_j \quad (24)$$

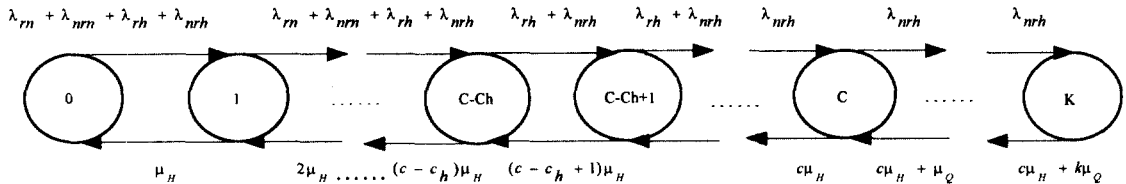


그림 2. 상태 천이도
Fig. 2 The state transition diagram

비실시간 트래픽이 버퍼에 대기하는 시간을 나타내는 랜덤변수 T_Q 는 평균이 $\frac{1}{\mu_Q}$ 인 지수분포를 따른다고 가정하고, 랜덤변수 T_D 는 트래픽이 핸드오프를 수행하는 하나의 셀에 도착하여 머무를 시간(dwell time)이라 정의한다. 이 랜덤변수는 셀의 크기, 가입자의 이동 속도 및 방향 같은 시스템 파라메타에 관련된 것으로 평균이 $\frac{1}{\mu_D}$ 을 갖는 지수분포를 따른다고 가정하면 비실시간 핸드오프 트래픽의 실패율 즉, 강제 절단 확률, P_{Fnrh} 는 다음과 같다[5].

$$P_{Fnrh} = \sum_{j=0}^K P_{c+j} P_{fj} \quad (25)$$

여기서 P_{fj} 는 $j+1$ 번째 대기 상태에서 채널을 할당받기 위해서 그전 j 번째 대기 상태로 가는데 실패할 확률을 말하며 다음과 같이 주어진다.

$$P_{fj} = 1 - \left[\prod_{i=1}^j \left(1 - \left(\frac{\mu_Q}{c\mu_H + \mu_Q} \right) \left(\frac{1}{2} \right)^i \right) \right] \left(\frac{c\mu_H}{c\mu_H + \mu_Q} \right) \quad (26)$$

따라서 실시간 및 비실시간을 포함한 전체 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률, P_F 는 식(24)와 (25)에 의해서 다음과 같이 주어진다.

$$P_F = (1 - \beta) P_{Frh} + \beta P_{Fnrh} \quad (27)$$

여기서 β 는 $[0, 1]$ 사이의 값을 가지며 이것은 핸드오프 트래픽의 실시간과 비실시간 트래픽의 상대적인 발생 비율을 나타낸다.

트래픽 설정을 요구한 모든 신규 트래픽에 대해서 채널 할당에 실패한 트래픽 불완료(non-completion) 확률, P_{nc} 는 신규 트래픽의 블록킹 확률 P_B 와 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률 P_F 에 의해서 다음과 같이 주어진다.

$$P_{nc} = P_B + P_F(1 - P_B) \quad (28)$$

III. 채널 할당 기법

멀티 미디어 트래픽을 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분할 수 있으며, 실시간 트래픽은 시간 지연에 매우 민감하며 신속하게 처리되지 않으면 트

래픽 서비스의 연속성과 최소요구 QoS를 제공할 수 없는 새로운 셀로 이동 가입자가 이동하면 해당 트래픽은 강제 종료되는 반면 비실시간 트래픽은 시간 지연에 매우 둔감하고, QoS 파라메타는 일시적으로 재조정 되어도 서비스에 큰 영향을 미치지 않는 특성을 갖는다[8][9]. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 사용 가능한 채널의 수에 따라 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분하여 처리 하는 기법이다.

그림 3은 본 논문에서 제안한 트래픽 처리요구 시에 채널 할당 절차를 나타낸 것이다. 우선, 채널의 사용량이 임계치에 도달하지 않으면 신규 트래픽과 핸드오프 트래픽 모두 공통채널에 할당하여 처리하지만 채널의 사용량이 임계치에 도달하여 공통채널이 없으면 핸드오프 트래픽만을 전용채널에 할당하여 처리하고 신규 트래픽은 블록킹 시킨다. 그리고 전용채널을 모두 사용하게 되면 핸드오프 트래픽중 실시간 트래픽은 강제 절단 시키고, 비실시간 트래픽은 버퍼에 대기 시켜서 사용 가능한 채널이 발생 할 때에 처리한다. 이것은 비실시간 트래픽이 실시간 트래픽에 대해 채널 할당 처리 시간에 덜 민감하여 실시간 트래픽을 버퍼에 대기하여 처리하는 것 보다 비실시간 트래픽을 버퍼에 대기하여 처리하는 것이 핸드오프 요구에 대한 성공률을 향상 시킬 수 있기 때문이다[7].

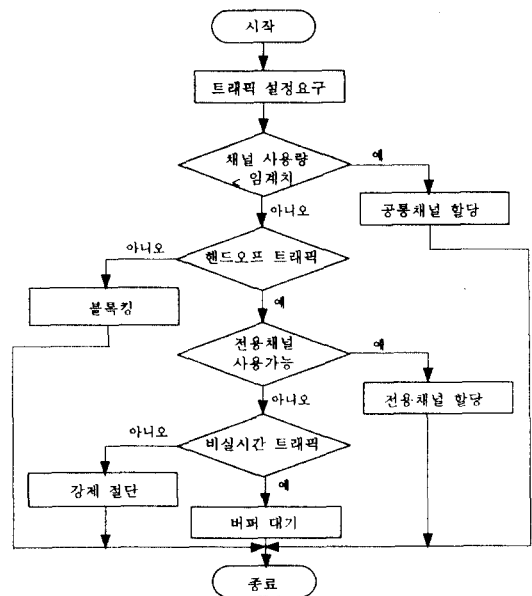
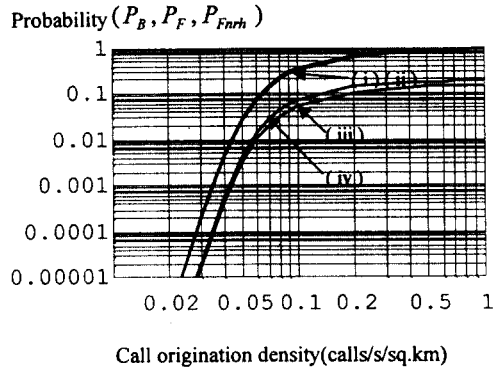


그림 3. 트래픽 요구에 대한 채널 할당 절차도
Fig. 3 The diagram of channel assignment

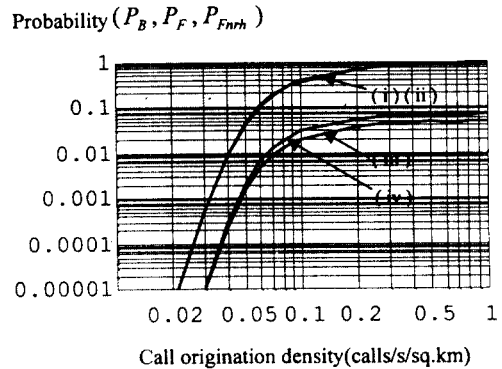
IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 논문에서 제안한 채널 할당 기법에 대한 성능을 분석하기 위하여 다음과 같은 가정을 한다. 신규 트래픽과 핸드오프 트래픽은 균등하게 발생하고, 이동 가입자의 속도와 방향은 서로 독립인 랜덤변수로서 구간이 각각 $[0, V_{max}]$, $[0, 2\pi]$ 인 균일 분포로 한 호 동안에 변하지 않고 일정하게 유지한다고 가정한다. 평균 호 지속 시간 $1/\mu$ 은 120 sec, 비실시간 트래픽의 최대 버퍼 대기 시간 $T_Q(=1/\mu_Q)$ 는 채널 점유시간 $T_H(=1/\mu_H)$ 와 동일하게, 최대 셀 반경 R_{eq} 는 2km, 이동 가입자의 최대 속도 V_{max} 는 100km/h로 가정하였다. 그리고 한 셀에는 전체 채널 수, C 는 20개로 가정하며 이중 실시간과 비실시간의 모든 핸드오프 트래픽이 사용할 수 있는 전용채널은 C_h 개 있으며, 실시간과 비실시간 모든 신규 트래픽과 핸드오프 트래픽이 같이 사용할 수 있는 $C - C_h$ 개의 공통채널이 있고 비실시간 핸드오프 트래픽을 위한 크기, $K(K \geq C)$ 가 25인 버퍼가 있다고 가정하고 셀 반경과 전용채널 수는 균일하게 변화 시키면서 시뮬레이션을 수행 하였다.

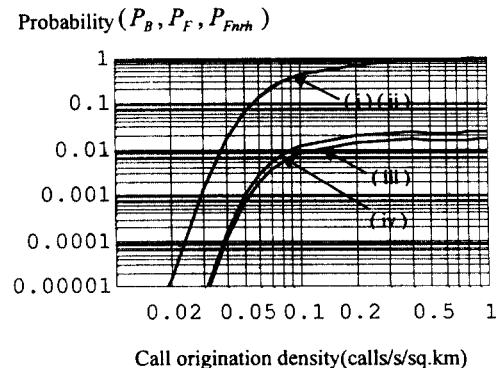
그림 4는 핸드오프 트래픽을 실시간과 비실시간으로 구분하지 않고 처리하는 기존의 채널할당 기법과 본 논문에서 제안한 기법 즉, 핸드오프 트래픽을 실시간과 비실시간으로 구분하여 채널을 할당하는 기법에 대한 신규 트래픽의 블로킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 나타낸다. 두 기법에서 전체 신규 트래픽과 핸드오프 트래픽 발생률을 균등하게 하기 위하여 전체 트래픽에 대한 핸드오프 트래픽의 발생비율, α 를 0.5로 가정 하였으며 또한 핸드오프 트래픽의 발생률에 대해서 동일한 조건을 만들기 위하여 전체 핸드오프 트래픽에 대한 비실시간 핸드오프 트래픽의 발생비율, β 도 0.5로 가정하였다. 그림 4(a) (b) (c)에서는 전용채널의 수, C_h 는 각각 1~3개로 가정 하고 기존의 기법은 전체 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률 P_F 를, 본 논문에서 제안한 기법은 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률 P_{Fnrh} 을 나타내었다. 이 결과는 본 논문에서 제안한 기법이 실시간과 비실시간으로 구분하지 않고 처리하는 기존의 기법보다 블로킹 확률은 거의 변화 없지만 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률은 동일한 조건에서 낮아짐을 보여주고 있다. 특히 전용채널의 수, C_h 가 증가함에 따라서 두 기법에서 블로킹 확률은 조금씩 증가



(a) $C_h = 1$ 일 때, (i)(iii): 제안한 기법의 (P_B, P_{Fnrh}) , (ii)(iv) : 기존 기법의 (P_B, P_F)



(b) $C_h = 2$ 일 때, (i)(iii): 제안한 기법의 (P_B, P_{Fnrh}) , (ii)(iv) : 기존 기법의 (P_B, P_F)



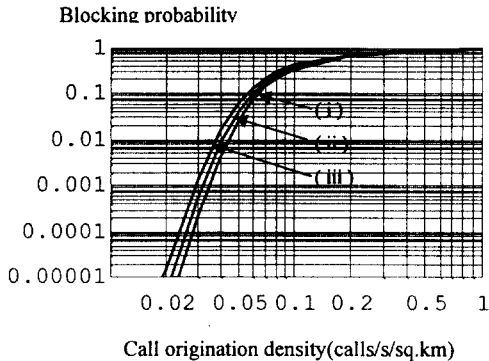
(c) $C_h = 3$ 일 때, (i)(iii): 제안한 기법의 (P_B, P_{Fnrh}) , (ii)(iv) : 기존 기법의 (P_B, P_F)

그림 4. 기법에 따른 블로킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률

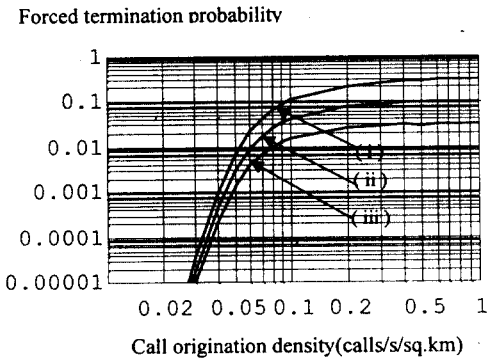
Fig. 4 The blocking and forced termination probability according to the scheme

하지만 핸드오프 트래픽의 강제절단 확률은 급격히 감소함을 보여주고 있다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 기법을 이용하여 α, β 가 각각 0.5일 때 전용채널의 수, C_h 에 따른 신규 트래픽의 블로킹 확률과 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 나타낸다. 그림 5(a)에서는 전용채널의 수가 많아질수록 신규 트래픽의 블로킹 확률은 커지고, 그림 5(b)에서는 전용채널의 수가 많아 질수록 핸드오프의 강제 절단 확률은 작아 짐을 보여주고 있다. 그림 5는 핸드오프 트래픽에게 우선순위가 주어지는 기법에서는 전용채널수가 증가하면 비실시간 트래픽의 강제절단 확률은 감소하지만 상대적으로 신규 트래픽의 블로킹 확률은 그만큼 증가함을 보여주고 있다.



(a) (i) : $C_h = 1$, (ii) : $C_h = 2$, (iii) : $C_h = 3$

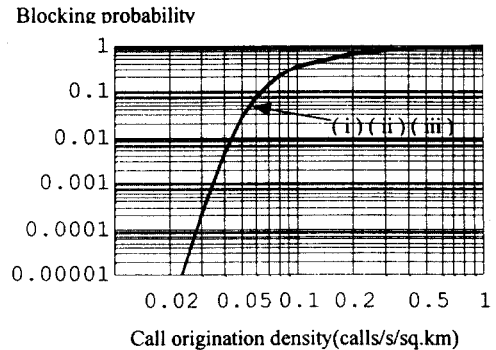


(b) (i) : $C_h = 1$, (ii) : $C_h = 2$, (iii) : $C_h = 3$

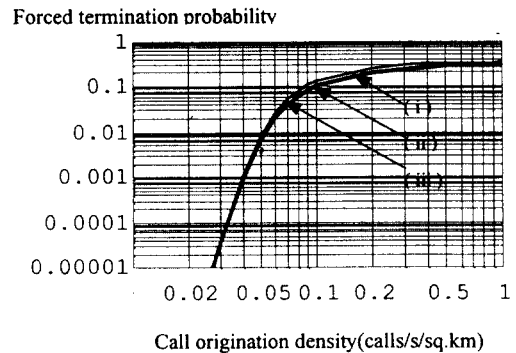
그림 5. 전용채널의 수에 따른 블로킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률

Fig. 5 The blocking and forced termination probability according to the number of dedicated channels

그림 6은 α 가 일정하고 전체 채널 수 $C = 20$, 전용채널 수 $C_h = 1$ 로 가정 했을때 β 의 변화에 따른 신규 트래픽의 블로킹 확률과 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 나타낸다. 그림 6(a)와 (b)는 α 가 0.5일 때 β 의 변화에 따른 블로킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 각각 나타낸다. 그림 6(a)와 (b)에서는 β 가 증가하면 즉, 비실시간 트래픽이 실시간 트래픽에 비해서 많이 발생하면 신규 트래픽의 블로킹 확률은 거의 변화 없지만 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률은 조금 증가함을 보여준다. 이것은 β 가 신규 트래픽의 블로킹 확률보다 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제절단 확률에 영향을 많이 주는 것을 의미한다.



(a) (i) : $\beta = 0.1$, (ii) : $\beta = 0.5$, (iii) : $\beta = 0.9$



(b) (i) : $\beta = 0.1$, (ii) : $\beta = 0.5$, (iii) : $\beta = 0.9$

그림 6. β 의 변화에 따른 블로킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률

Fig. 6 The blocking and forced termination probability according to the changes in β

그림 7은 α, β 가 각각 0.5일 때 식 (28)에 의해서 표현되는 신규 트래픽에 대한 불완료 확률, P_{nc} 를 전용 채널 수의 변화에 따라서 나타내고 있다. 여기서 전용 채널 수 C_h 의 변화에 따른 불완료 확률은 그림 4와 그림 5에서 나타난 신규 트래픽의 블록킹 확률 P_B 와 거의 비슷하게 표현됨을 알 수 있다. 이것은 일반적으로 블록킹 확률 P_B 가 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률 P_F 보다 훨씬 크고, 전용 채널 수는 신규 트래픽의 블록킹 확률보다 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률에 영향을 많이 주기 때문에 전용 채널 수가 변하더라도 신규 트래픽에 대한 불완료 확률에는 크게 영향을 주지 않는다는 것을 의미한다.

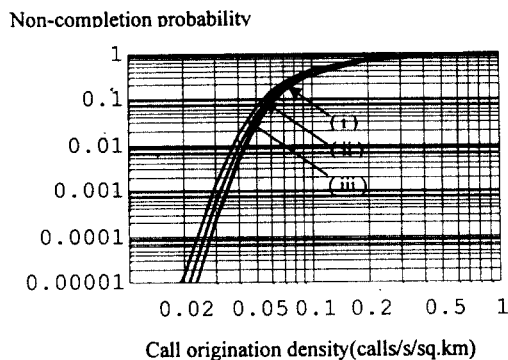
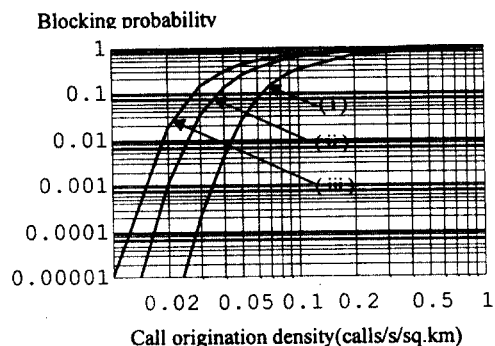


그림 7. 신규 트래픽의 불완료 확률
Fig. 7 The non-completion probability of new traffics

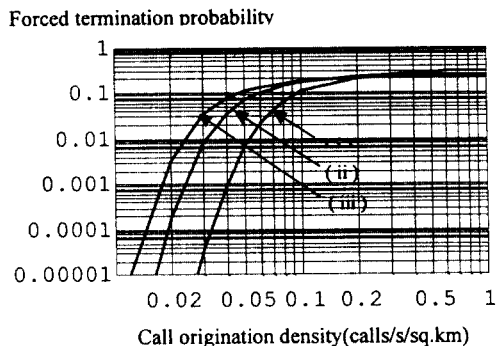
그림 8은 α, β 가 각각 0.5이고 전용채널 수 $C_h = 1$ 일 때, 셀 반경 R 의 변화에 따른 신규 트래픽의 블록킹 확률과 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률을 나타낸다. 셀 반경은 $R_{eq}, 1.3R_{eq}$ 그리고 $1.5R_{eq}$ 로 변화 시키면서 수행 하였다. 그림 8(a)와 (b)에서는 셀 반경이 클수록 신규 트래픽의 블록킹 확률은 증가하지만 비실시간 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률은 낮아짐을 각각 보여 주고 있다. 이것은 신규 트래픽은 셀 반경에 비례해서 증가하지만 핸드오프가 일어날 확률은 셀 반경에 비례해서 감소함을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 지원하는 이동



(a) (i): $R = R_{eq}$, (ii): $R = 1.3R_{eq}$, (iii): $R = 1.5R_{eq}$



(b) (i): $R = R_{eq}$, (ii): $R = 1.3R_{eq}$, (iii): $R = 1.5R_{eq}$

그림 8. 셀 반경에 따른 블록킹 확률과 핸드오프 트래픽의 강제 절단 확률

Fig. 8 The blocking and forced termination probability according to the cell radius

통신 환경에서 트래픽 특성에 따른 효율적인 채널 할당을 위한 트래픽 모델을 제안 하였고, 성능 분석을 위한 여러가지 파라메타 즉, 전체 트래픽에 대한 핸드오프 트래픽 비율 α , 핸드오프 트래픽에 대한 비실시간 트래픽의 비율 β , 전용채널의 수 C_h 그리고 반경 R 등의 변화에 따른 성능 척도 $P_B, P_{Fnh}, P_F, P_{nc}, P_{Fnh}$ 에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행 함으로써 본 논문에서 제안한 기법의 타당성을 확인 하였다. 다양한 종류의 멀티미디어 트래픽을 긴급성을 요하는 정도에 따라서 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분하여 채널 할당을 함으로써 실시간과 비실시간으로 구분하지않고 처리하는 기존의 기법보다 채널 할당의 효율을 향상 시킬 수 있었다. 특히, 한 셀에서

채널 사용량이 임계치에 도달했을 때 본 논문에서 제안한 기법이 핸드오프 트래픽에 대한 강제 절단 확률을 줄일 수 있었다. 따라서 다양한 특성을 갖는 멀티미디어 트래픽에 따른 채널 할당을 함으로써 사용자가 요구하는 QoS를 만족시키고 시스템의 성능도 향상 되었음을 확인할 수 있었다.

References

1. Yi-Bing Lin and Seshadri Mohan, "Queueing Priority Channel Assignment Strategies for PCS Hand-Off and Initial Access", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.43, No.3, pp. 704-712, August 1994.
2. E.Del R et al., "Handover and Dynamic Channel Allocation Techniques in Mobile Cellular Networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 44, No.2, pp. 229-237, May 1995.
3. M. Zhang and T.P. Yum, "Comparison of Channel-Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.38, No.4, pp.211-215, November 1989.
4. S. S. Rappaport, "Models for call handoff schemes in cellular communication network", *Third generation wireless information networks, Kluwer academic publishers: Boston*, pp. 163-185, 1992.
5. Hong, D. and Rappaport, S.S. "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. VT-35, No.3, pp.77-92, Aug. 1986.
6. Hong, D. and Rappaport, S.S. "Priority oriented channel access for cellular systems serving vehicular and portable radiotelephones", *IEEE Proc.*, vol. 136, pt.1, No.5, pp.339-346, Oct. 1989.
7. Yoon, C. and Un, C, "Performance of personal portable radio telephone systems with and without guard channel", *IEEE Journal on selected areas in communications*, vol. 11, No.6, pp.911-917, August 1993.
8. S.K. Kwon, H.G. Jeon and K.R. Cho, "A Channel Assignment Scheme for Integrated Service in DS-CDMA Cellular Systems", *IEICE Trans.on Commun.*, vol. E81-B, No 5, May 1998.

9. 권수근, 전형구, 조무호, 안지환, 조경록, "트래픽 특성을 고려한 CDMA 셀룰러 시스템의 채널 할당 방법", 한국통신학회 논문지, 제21권, 11호, pp. 2817-2827, 1996.



최 성 구(Sung Gu Choi) 정회원
1986년 2월:경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년 2월:경북대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
1988년 2월~1993년 7월:대우통신(주) 종합연구소 주임연구원

1993년 8월~현재: 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 선임연구원

<연구분야> 이동통신시스템, 트래픽 모델링 및 성능 분석, 핸드오프제어, 채널코딩, ATM 시스템, 트래픽제어

권 수 근(Soo Kun Kwon)정회원
한국통신학회논문지 제22권 제5호 참조



유 영 갑(Young Gap You) 정회원
1975년:서강대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981년:미시간대학교(미국) 전기전산공학과(공학석사)
1986년:미시간대학교(미국) 전기전산공학과(공학박사)
1975년 8월~1979년 8월:국방과학연구소 연구원

1986년 2월~1988년 2월:(주)LG 반도체 책임연구원
1988년 3월~현재:충북대학교 정보통신공학과 교수
1988년 10월~1989년 12월:(주)한국실리콘 기술고문
1993년 1월~1994년 12월:대한전자공학회 충북지부장
1993년 8월~1994년 8월:아리조나대학교(미국) 객원 교수

1994년 5월~1995년 4월:Radiance Communication, Inc.,(미국) 기술고문

<연구분야> Computer architecture, memory testing, 고속시스템설계, HDTV, ATM, 이동통신시스템