

논문 2004-41TC-4-3

WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서 Call Admission Control을 이용한 호 차단확률 분석과 Queuing 모델링

(Analysis of call blocking probability and queuing modeling using call admission control in the CDMA system with the WLAN)

안 치 훈*, 기 영 민*, 김 동 구*, 류 승 문**

(Chi-Hun Ahn, Young-Min Ki, Dong-Ku Kim, and Seung-Moon Ryu)

요 약

본 논문은 WLAN의 AP(access point)가 연동된 CDMA 시스템에서 기지국과 AP의 영역에 따른 스트리밍 데이터 서비스의 호 차단확률을 분석하고 queuing을 모델링한다. 이러한 이중 모드 시스템은 WLAN 사이의 핸드오프를 가능하게 한다. 호 차단확률은 기지국과 AP 사이즈 율과 위치, 그리고 queue의 버퍼 수에 따라 계산된다. 결과적으로 호 차단확률은 기지국과 AP의 위치에 따라서는 영향을 받지 않고 주로 기지국과 AP의 사이즈 율에 따라 영향을 받는다. CDMA 시스템 기지국 영역 R 이 100m, queue의 buffer 수가 5, NR(Noise Rise)가 7dB일 때 WLAN hot spot AP 영역 r 이 20m인 경우는 60m인 경우와 비교하면 호 차단확률 1%에서 0.6Erlang을 더 수용할 수 있었다.

Abstract

Call blocking probabilities of streaming data service in CDMA system with access point(AP) of WLAN are analyzed for different cell geometry of base station and AP and queuing is modeled. The considered system leads to successful handoffs between the APs of WLAN. Blocking probabilities are enumerated as a function for ratio of base station and AP sizes, their locations and the number of buffer in the queue. Results show that blocking probability is not influenced by base station and AP locations but mainly by ratio of their sizes. For CDMA system of radius 100m, 5 buffers in the queue and 7dB noise rise(NR), in order to obtain 1% call blocking probability, a cell with hot spot of radius 20m has more 0.6Erlang than that of radius 60m.

Keywords : 3G-CDMA interworking, blocking probability, handoff, call admission control, queuing modeling

I. 서 론

최근 들어 홈 네트워킹과 텔레메틱스등 다양한 서비스의 등장과 디지털화로 인해 1Mbps 이상의 고속 데이터 전송 및 보행자 이상의 준 이동성을 보장하는 무선 인터넷 망에 대한 관심이 고조되고 있다. 많은 인터넷

서비스의 개발로 정지 및 이동환경에서 고속으로 인터넷 망에 접속하여 서비스를 이용하려는 수요가 증가하고 있다.

현재의 무선 인터넷 서비스는 실내에서 제한적으로 서비스를 제공하는 WLAN과 광역에서 서비스가 가능한 W-CDMA와 CDMA2000, 1xEV-DO를 통해서 이용할 수 있다. IEEE 802.11a, 802.11b의 표준을 이용한 WLAN은 고속의 전송속도를 제공하고 비용면에서 효율적이지만 서비스 이용지역의 제한으로 핸드오프 기술을 적용하기 힘든 문제가 있다. 그러나 W-CDMA와 CDMA2000, 1xEV-DO 기술은 광역 서비스를 제공할 수 있고 셀 구조상 서비스 영역의 중첩이 있어 핸드오

* 정희원, 연세대학교 전기전자공학과
(Yonsei University, Dept. of Electrical and Electronic Engineering)

** 정희원, (주)카서
(CASUH Corp.)

접수일자: 2004년1월2일, 수정완료일: 2004년4월6일

프 기술은 가능하지만 가격 효율면에서 단점을 지니고 있다.

기존 무선 인터넷 망들의 많은 이점들을 포함하고 음성, VoD, MoD, 메시지, VoIP 등과 같은 QoS 보장 서비스와 인터넷 서비스 같은 QoS 비보장 서비스, 또한 동일 서비스에 대해서도 고품질과 저품질로 구분할 수 있는 등 다양한 서비스를 제공할 수 있는 2.3GHz대역의 휴대 인터넷 망에 대한 기술들이 제안되고 있다^[1]. 이러한 휴대 인터넷 망을 통해서 PDA, 노트북, 스마트폰 등과 같은 휴대형 무선 단말기를 이용하여 고속 전송율로 다양한 정보와 콘텐츠를 이용할 수 있다. 이러한 휴대 인터넷 망의 다중접속 방식으로는 CDMA, TDMA, OFDM등의 방식들이 제안되고 있다^[1]. 또한 MP(Multi-phase)-CDMA와 PW(Pulse Width)-CDMA, CS(Code selection)-CDMA와 같은 정포락선 변조 방식을 이용한 CDMA 기술들이 저렴한 비용으로 보다 넓은 서비스 영역과 높은 데이터 전송속도를 제공하기 위해서 연구되고 있다^{[2][3]}.

이기종(heterogeneous) 네트워크간의 연계를 위한 핸드오프 기술들이 소개되고 있다. 특히 WLAN과 연동된 네트워크간 또는 WLAN간의 핸드오프 기술은 선행되어야 하는 핵심 기술로 등장하고 있다. WLAN과 광역 셀룰라 망간의 vertical 핸드오프를 통해 평균 처리율과 핸드오프 지연의 영향에 따라 성능이 연구되었다^[4].

WLAN과 GPRS 사이 네트워크 계층 IP 기반 핸드오프의 시나리오와 기술에 대해서 연구되었다^[5]. Local Positioning Network(LPN)에서 위치 정보를 이용한 이기종간 핸드오프 알고리즘이 제안되었다^{[6][7]}. 또한 이동 IPv6를 이용하여 IEEE 802.11과 EDGE/GPRS간 핸드오프 알고리즘이 연구되었다^[8].

본 논문에서는 WLAN이 광역 CDMA 시스템의 서비스 영역보다는 적은 영역의 서비스를 하는 CDMA 시스템과 연동되었을 때 CDMA 시스템간 soft/ hard 핸드오프와 WLAN AP간 핸드오프, 그리고 이기종간 핸드오프를 수행할 수 있는 이중모드(dual mode) 시스템을 가정한다.

본 논문은 WLAN과 연동된 CDMA 시스템에서 전력 기반 call admission control(CAC)를 이용해 핸드오프 호와 초기 호를 모델링하고 WLAN AP의 위치와 서비스 영역 그리고 queue의 버퍼 수에 따라 호 차단확률을 계산한다. 이때 CDMA 시스템에 연동된 WLAN은 hot spot으로 가정한다. 고려되는 이중모드 시스템은 적절한 셀 planning에 의해서 어느 정도 광역 서비스가 가능할

것이고 준 이동성을 보장하며 고속 전송도 가능할 것으로 기대된다. 또한 이기종간 핸드오프를 통해 비용면에서 효율적인 다양한 인터넷 정보 및 콘텐츠 등을 제공하게 될 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 CDMA 시스템과 WLAN간 핸드오프 시나리오를 소개하고 III장에서는 CDMA 시스템에서 새로운 호와 핸드오프 호를 모델링하고, CDMA 시스템에서 호 차단확률을 계산한다. IV장에서는 모의실험 결과들을 분석하고 V장에서는 결론을 논의한다.

II. CDMA 시스템과 WLAN간 핸드오프

CDMA 시스템과 WLAN이 연동된 이중모드 시스템은 WLAN 서비스를 이용하다가 핸드오프를 통해서 CDMA 시스템을 이용할 수 있으며 CDMA 시스템간 핸드오프도 가능한 시스템으로 정의한다.

그림 1은 WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서의 핸드오프 개념도이다. 먼저 사용자가 CDMA 시스템의 서비스를 이용하다가 WLAN 서비스 영역으로 이동시 핸드오프(2)에 따라서 WLAN 서비스를 이용한다. 다시 사용자가 CDMA 시스템으로 이동시 핸드오프(3)를 통해서 CDMA 시스템에 접속하게 되고 인접한 CDMA 시스템으로 이동시 hard 또는 soft 핸드오프(1)를 수행하여 서비스를 끊임없이 이용할 수 있다. 인접한 CDMA 시스템에 존재하는 WLAN AP 영역에 접근하면 핸드오프(2)를 통해서 다시 WLAN 서비스를 이용할 수 있다. 따라서 CDMA 시스템을 통하여 WLAN AP간 핸드오프 수행도 가능할 수 있다.

그림 2는 CDMA 시스템과 WLAN간 핸드오프 흐름도이다. 이때 두 시스템에서 기지국과 AP는 CAC(Call Admission Control) 기능을 할 수 있어 각 망에서의 핸드오프

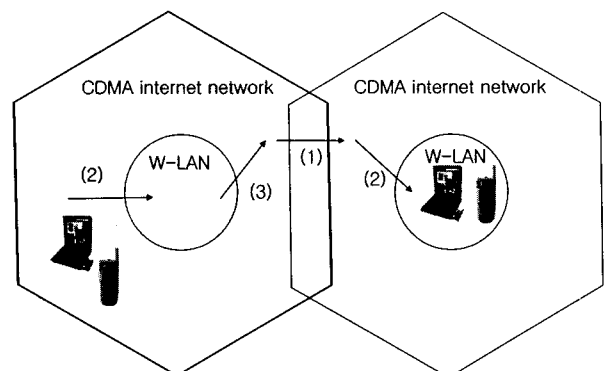


그림 1. CDMA 시스템과 WLAN간 핸드오프
Fig. 1. Handoff CDMA system and WLAN

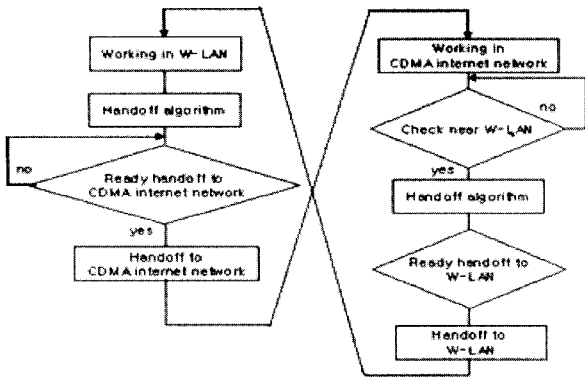


그림 2. CDMA 시스템과 WLAN간 핸드오프 흐름도
Fig. 2. Handoff flow CDMA system and WLAN

도오프 알고리즘에 의해서 이기종간 핸드오프를 수행한다. WLAN에서의 서비스 이용자는 WLAN 핸드오프 알고리즘에 의해 WLAN AP의 핸드오프 승인을 통해서 CDMA 시스템으로 핸드오프되고, CDMA 시스템의 서비스를 이용하다가 근접한 WLAN 영역으로 이동시 기지국의 승인을 통해서 WLAN으로 핸드오프 된다. 결과적으로 CDMA 시스템을 이용해서 WLAN 핸드오프 문제를 해결하고 사용자 요구에 따라 가격 효율면과 전송 속도 등을 고려해 무선 인터넷 접속을 선택할 수 있게 된다.

III. CDMA 시스템에서 Queuing 모델과 호 차단확률

3.1 CDMA 시스템에서 새로운 호와 핸드오프 호 모델링
WLAN이 연동된 CDMA 시스템은 기지국에서 목표 임계값을 넘지않게 하기 위해서 CDMA 전력 기반 CAC를 수행하고 사용자 근처에 WLAN이 있다면 가격 효율적이고 전송속도가 유리한 WLAN으로 핸드오프 한다고 가정한다.

그림 3은 CDMA 시스템에서 새로운 호와 핸드오프 호에 따른 상태도이다. 새로운 호와 핸드오프 호의 arrival은 Poisson 랜덤 프로세스라고 가정한다. λ_h 는 CDMA 시스템에서 CDMA 시스템과 WLAN으로 부터 핸드오프 호의 발생율이고 λ_n 은 CDMA 시스템으로부터 새로운 호의 발생율이다. μ 는 CDMA 시스템 기지국에서 서비스를 하고 시스템을 나오는 율이고 C 는 CAC에서 계산되는 채널의 수이며 N 은 서비스를 하는 사용자와 서비스를 이용하기 위해서 기다리는 사용자의 합이

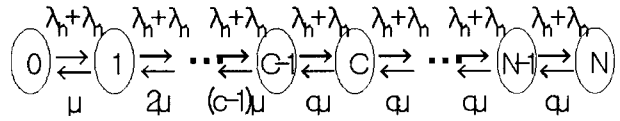


그림 3. 새로운 호와 핸드오프 호에 따른 상태도
Fig. 3. State diagram of new call and handoff call

다.
 j 번째 상태에서의 확률은 식 1과 같다.

$$p_j = \begin{cases} \frac{A^j}{j!} p_0 & j = 0, 1, \dots, C-1 \\ \frac{\rho^{j-C} A^C}{C!} p_0 & j = C, C+1, \dots, N \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 0번째 상태의 정상 상태(steady state) 확률 p_0 는 다음과 같다.

$$p_0 = \left\{ \sum_{j=0}^{C-1} \frac{A^j}{j!} + \frac{A^C}{C!} \left(\frac{1 - \rho^{N-C+1}}{1 - \rho} \right) \right\}^{-1} \quad (2)$$

이때 $A = \frac{\lambda_h + \lambda_n}{\mu}$ 이고 $\rho = \frac{\lambda_h + \lambda_n}{C\mu}$ 이다.

따라서 시스템에서 서비스를 하고 있는 사용자의 1차 모멘트와 2차 모멘트는 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$E[M] = \sum_{j=0}^{C-1} j \cdot \frac{A^j}{j!} p_0 + \sum_{j=C}^N C \cdot \frac{\rho^{j-C} A^C}{C!} p_0$$

$$E[M^2] = \sum_{j=0}^{C-1} j^2 \cdot \frac{A^j}{j!} p_0 + \sum_{j=C}^N C^2 \cdot \frac{\rho^{j-C} A^C}{C!} p_0 \quad (3)$$

3.2 WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서 호 차단확률

WLAN이 연동된 CDMA 시스템의 용량은 기존 CDMA 셀룰라 망처럼 역방향 링크에서 채널의 수가 고정되어 있지 않고 간섭량과 배경잡음에 따라 결정되는 soft 용량이라 가정한다. 고려된 CDMA 시스템의 CAC는 기존 CDMA 시스템의 전력 기반 CAC를 수행한다고 가정하여 서비스 셀과 다른 셀로부터의 간섭과 배경잡음이 임계값을 넘게되면 호를 승인하지 않게 된다^[9].

WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서 호 차단확률은 CDMA 시스템으로부터 새로운 호와 핸드오프 호, WLAN으로부터 핸드오프 호의 요구시 호를 허락하지 않는 경우를 의미한다. 이때 CDMA 시스템의 호 차단확률 P_b 는 기지국에서 수신된 전력인 랜덤 변수 Z 가

Gaussian 분포로 근사화될 때 식 4과 같이 표현할 수 있다^[10].

$$P_b = P_r \left\{ Z > Z_o = \frac{W}{R_b} (1 - \eta_o) \right\} = Q \left\{ \frac{Z_o - E[Z]}{\sqrt{Var[Z]}} \right\} \quad (4)$$

W 는 대역폭, R_b 는 데이터 율, η_o 는 loading factor이다.

다중 셀 환경을 고려하고 CDMA 시스템에서 사용자 분포가 WLAN 영역을 제외한 uniform 분포를 한다고 가정하면 다중 셀 간섭이 고려된 Z 의 평균과 분산은 식 5와 6처럼 나타낼 수 있다^[10].

$$E[Z] = \bar{M} e^{\beta m_{dB} + \frac{(\beta \sigma_{dB})^2}{2}} (1 + \xi) \quad (5)$$

$$Var[Z] = \left\{ \bar{M} Var[\rho_i] + Var[M] \{E[\rho_i]\}^2 \right\} (1 + \xi') \quad (6)$$

이때 CDMA 시스템 영역내 WLAN AP의 서비스 영역이 고려된 ξ 는 reuse fraction이고 ξ' 는 전력 자승 reuse fraction이다^[10]. i 번째 사용자 전력 ρ_i 가 dB 값에서 Gaussian 분포를 하고 G 가 평균과 분산이 각각 0과 1인 Gaussian 랜덤 변수일 때 식 7과 같이 표현할 수 있다. 또한 ρ_i 의 평균과 2차 모멘트는 식 8과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho_i = e^{\beta(m_{dB} + \sigma_{dB}G)}, \quad \beta = (\ln 10) / 10 \quad (7)$$

$$E[\rho_i] = e^{\beta m_{dB} + \frac{(\beta \sigma_{dB})^2}{2}}, \quad E[\rho_i^2] = e^{2\beta m_{dB} + (\beta \sigma_{dB})^2} \quad (8)$$

따라서 전력 기반 CAC를 수행하는 WLAN이 연동된 CDMA 시스템의 호 차단확률 $P_{blocking}$ 은 식 4를 만족하거나 queue에서 사용자 수가 N 이 될 경우의 확률을 의미한다. 결과적으로 식 9는 WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서의 호 차단확률이다.

$$\begin{aligned} P_{blocking} &= P\{(Z > Z_o) \text{ or } (the \text{ number of customer} = N)\} \\ &= P\{Z > Z_o\} + P_N - P\{(Z > Z_o) \cap (the \text{ number of customer} = N)\} \\ &= P\{Z > Z_o\} + P_N - P\{(Z > Z_o) | (the \text{ number of customer} = N)\} \cdot P_N \end{aligned} \quad (9)$$

P_N 은 N 번째 상태의 정상 상태 확률이다.

3.3 전력 기반 CAC

WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서의 queue와 호 차단확률에 전력 기반 CAC가 적용되었다^[9]. 기지국에서 수신된 전력을 통해서 상향링크 load를 추정할 수 있다. CDMA 시스템의 사용자들은 WLAN 영역을 제외한 uniform 분포를 한다고 가정한다. 또한 완전 전력 제어를 수행하고 2 tier의 다중 셀을 고려하였다. ξ 는 CDMA 시스템에서 WLAN AP의 크기와 위치에 따라서 계산되었다. 다중 셀을 고려한 상향 링크 load η_{UL} 을 식 10에 나타내었다.

$$\eta_{UL} = (1 + \xi) \cdot \sum_{j=1}^K \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b / N_o)_j R_b^j v_j}} \quad (10)$$

다중 셀과 다른 사용자 간섭이 고려된 ξ 를 고려하여 η_{UL} 이 임계값보다 적은 구간에서 최대값 K 를 계산하면 시스템이 허용하는 최대 채널 수가 된다. W 는 대역폭, $(E_b / N_o)_j$ 는 j 번째 사용자 E_b / N_o , R_b^j 는 j 번째 사용자의 전송률, v_j 는 j 번째 사용자의 activity factor이다.

IV. 모의실험 결과

4.1 모의실험 파라미터

표 1에 모의실험의 파라미터들을 요약하였다. CDMA 시스템의 대역폭은 4.608MHz, 사용자당 평균 전송율은 144kbps, E_b / N_o 는 4dB, 표준편차는 2.5dB를 고려하였다. 데이터 서비스를 가정하여 activity factor를 1로 하였다. 식 4에서 loading factor η_o 는 0.1로 하였다.

표 1. 모의실험 파라미터
Table 1. Simulation parameter

W	4.608MHz
R_b^j	144kbps
noise rise(NR)	7dB
activity(v_j)	1
$\eta_o = N_o / I_o$	0.1
$m_{dB}(E_b / N_o)_j$	4dB
σ_{dB}	2.5dB
number of buffers in queue	2, 5

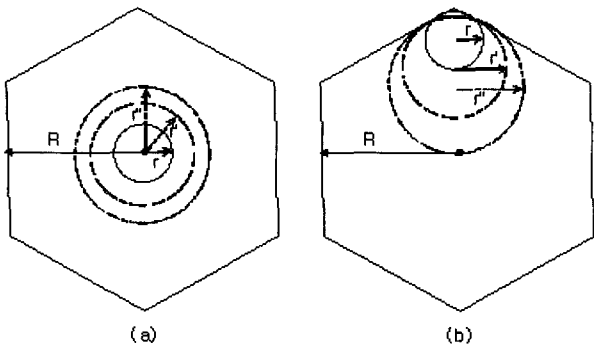


그림 4. CDMA 시스템과 연동된 WLAN
 (a) CDMA 시스템 중심에 WLAN AP가 있는 경우
 (b) CDMA 시스템 가장자리에 WLAN AP가 있는 경우

Fig. 4. CDMA interworking with WLAN
 (a) WLAN AP at the center of CDMA system
 (b) WLAN AP at the edge of CDMA system

표 2. CDMA 시스템 중심에 WLAN AP가 있는 경우
 Table 2. WLAN AP at the center of CDMA system

R	r		hot spot(r')=40m		hot spot(r'')=60m	
	ξ	ξ'	ξ	ξ'	ξ	ξ'
100			0.487	0.183	0.607	0.232
200	0.420	0.158			0.454	0.170
300	0.418	0.157	0.424	0.159		
400	0.418	0.157	0.421	0.158	0.425	0.160
500	0.417	0.157	0.419	0.157	0.422	0.158
600	0.417	0.157	0.418	0.157	0.420	0.158

그림 4처럼 CDMA 시스템 서비스 영역내에 연동된 WLAN AP의 크기와 위치에 따라 ξ 와 ξ' 를 모의실험을 통해서 계산하였다. 그림 4 (a)는 CDMA 시스템 중심에 WLAN이 있는 경우이고 그림 4 (b)는 CDMA 시스템 가장자리에 WLAN이 있는 경우이다. CDMA 시스템에서 CAC를 수행할 때 NR(Noise Rise)가 7dB인 경우를 고려했고 이때 시스템이 허락하는 최대 채널 수 C를 계산하였다. Queue의 buffer 수는 2, 5로 하였다.

4.2 모의실험 결과분석

표 2는 WLAN의 AP가 CDMA 시스템 중앙에 있을 때, 표 3은 WLAN의 AP가 CDMA 시스템 가장자리에 있을 경우 모의실험을 통해서 구한 ξ 와 ξ' 의 값이다. CDMA 시스템 기지국의 범위는 100m에서 600m, WLAN AP의 범위는 20m에서 60m인 경우를 고려하였다.

CDMA 시스템 기지국 영역 R이 100m, WLAN AP 영역 r이 20m인 경우와 R이 200m, r이 40m인 경우, R이 300m, r이 60m인 경우는 ξ 와 ξ' 가 거의 동일하였다.

표 3. CDMA 시스템 가장자리에 WLAN AP가 있는 경우
 Table 3. WLAN AP at the edge of CDMA system

R	r		hot spot(r')=40m		hot spot(r'')=60m	
	ξ	ξ'	ξ	ξ'	ξ	ξ'
100			0.492	0.187	0.608	0.232
200	0.413	0.156			0.447	0.171
300	0.414	0.156	0.413	0.156		
400	0.414	0.156	0.413	0.156	0.415	0.158
500	0.415	0.156	0.413	0.156	0.413	0.156
600	0.415	0.156	0.414	0.156	0.413	0.156

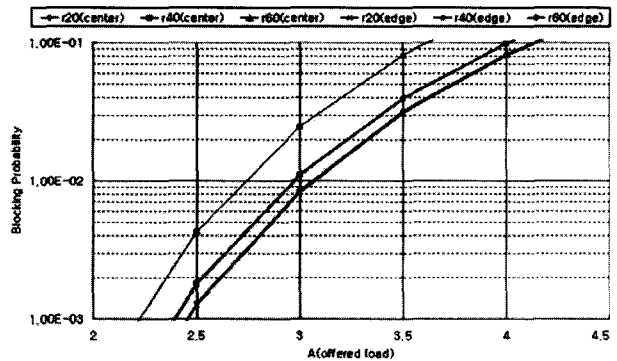


그림 5. (R=100m, buffer=5) r의 위치와 사이즈에 따른 호 차단확률

Fig. 5. (R=100m, buffer=5) Blocking probability for location and size of r

또한 R이 200m, r이 20m인 경우와 R이 400m, r이 40m인 경우, R이 600m, r이 60m인 경우도 ξ 와 ξ' 가 거의 동일하였다. 즉, R/r의 비가 동일한 경우는 ξ 와 ξ' 가 동일하였다. 또한 R/r 비가 증가하게 되면 사용자들의 분포가 CDMA 시스템 중앙 근처에 분포하게 되어 ξ 와 ξ' 는 감소하였다.

그림 5는 CDMA 시스템 기지국 영역 R이 100m, queue의 buffer 수가 5일 때 WLAN AP의 위치와 사이즈에 따른 호 차단확률이다. r이 동일하면 WLAN AP의 위치가 CDMA 시스템 중앙에 있는 경우와 가장자리에 있는 경우 호 차단확률은 동일하였다. WLAN의 위치에 따라서 ξ 와 ξ' 의 변화가 적어 호 차단확률이 동일하였다. 그러나 r이 20m인 경우는 60m인 경우와 비교할 때 새로운 호와 핸드오프 호가 CDMA 시스템 기지국 가까운 지역에 분포되어 호 차단확률 1%에서 0.6Erlang을 더 수용할 수 있었다.

그림 6은 CDMA 시스템의 서비스 반경 R이 600m, queue의 buffer 수가 5일 때 WLAN AP의 위치와 사이즈에 따른 호 차단확률이다. CDMA 시스템 기지국 영역이 WLAN 영역에 비해 상대적으로 크기 때문에 r이

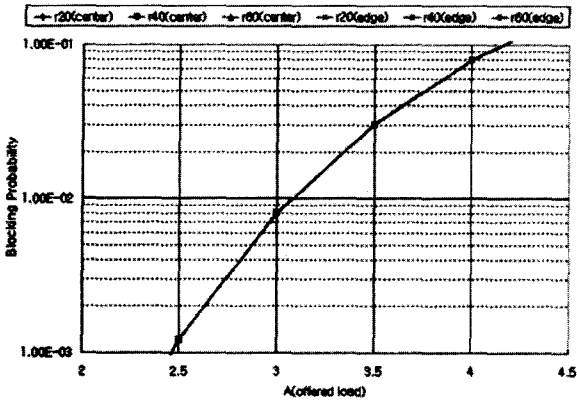


그림 6. ($R=600m$, $buffer=5$) r 의 위치와 사이즈에 따른 호 차단확률>

Fig. 6. ($R=600m$, $buffer=5$) Blocking probability for location and size of r >

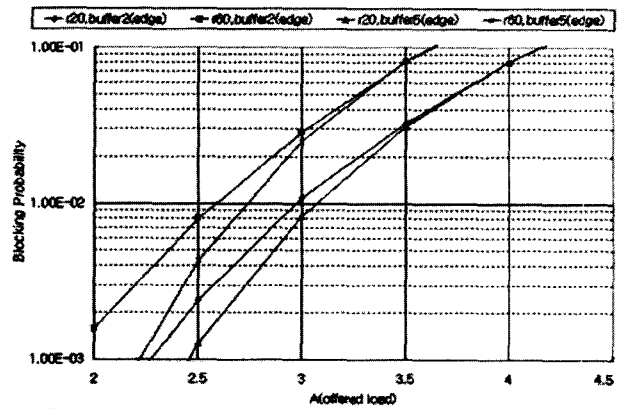


그림 8. ($R=100m$, $buffer=2, 5$) r 의 위치와 사이즈에 따른 호 차단확률

Fig. 8. ($R=100m$, $buffer=2, 5$) Blocking probability for location and size of r >

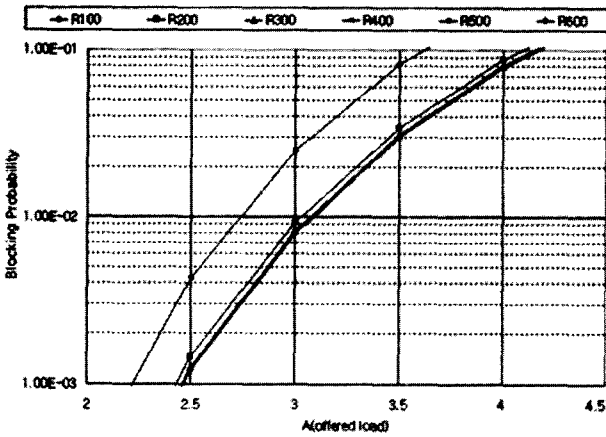


그림 7. ($r=60m$, $buffer=5$) R 에 따른 호 차단확률

Fig. 7. ($r=60m$, $buffer=5$) Blocking probability for R

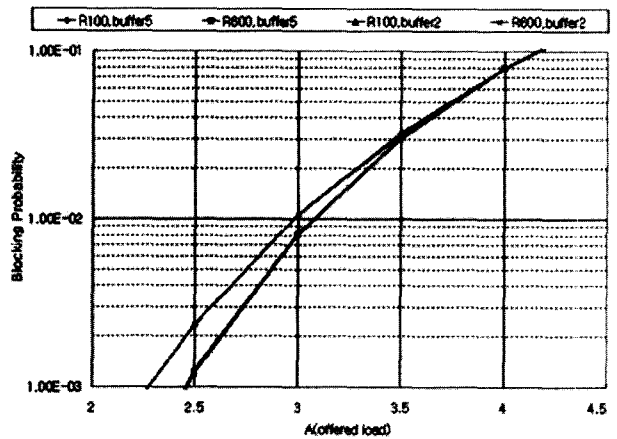


그림 9. ($r=20m$, $buffer=2, 5$) R 에 따른 호 차단확률

Fig. 9. ($r=20m$, $buffer=2, 5$) Blocking probability for R

20m, 40m, 60m인 경우 호 차단확률이 동일하였고 WLAN AP의 위치에 상관없이 호 차단확률이 동일하였다.

그림 7은 CDMA 시스템 가장자리에 위치한 WLAN AP 영역 r 이 60m, queue의 buffer 수가 5일 때 CDMA 시스템 AP 영역 R 에 따른 호 차단확률이다. R 이 600m인 경우는 R 이 100m인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.6Erlang을 더 수용할 수 있었다. 또한 R 이 300m 이상에서는 WLAN AP 영역 r 보다 CDMA 시스템 기지국 영역이 상대적으로 증가하여 호 차단확률이 거의 동일하였다.

그림 8은 CDMA 시스템 기지국 영역 R 이 100m, queue의 buffer 수가 2와 5인 경우에 대해서 비교한 결과이다. CDMA 시스템 가장자리에 위치한 WLAN AP 영역 r 이 20m일 때 buffer 수가 5인 경우는 2인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.1Erlang을 더 수용할 수 있

고, r 이 60m일 때는 buffer 수가 5인 경우가 2인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.2Erlang을 더 수용할 수 있었다. 따라서 시스템의 복잡도를 고려해서 queue의 buffer 수를 증가시키면 호 차단확률을 경감시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 9는 CDMA 시스템 가장자리에 위치한 WLAN AP 영역 r 이 20m이고 queue의 buffer 수가 2와 5인 경우를 비교한 결과이다. Queue의 buffer 수가 5인 경우 CDMA 시스템 기지국 영역 R 이 100m와 600m인 경우를 비교해 보면 WLAN AP의 영역 r 이 R 에 비해 상대적으로 작아 동일한 호 차단확률을 보이고 있다. 또한 Queue의 buffer 수가 2인 경우도 CDMA 시스템 기지국 영역 R 이 100m와 600m인 경우를 비교해 보면 WLAN AP의 영역이 R 에 비해 상대적으로 작아 호 차단확률이 동일하였다. Queue의 buffer 수가 5인 경우는 2인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.1Erlang을 더 수용할 수

있었다.

V. 결론

본 논문에서는 WLAN이 CDMA 기반 인터넷망과 연동되었을 때 WLAN AP들 사이 핸드오프가 가능하고 이기종간 핸드오프 또한 가능하게 하는 이중모드 시스템을 고려하였다. 준 이동성을 보장하고 고속의 전송과 다양한 인터넷 서비스 및 콘텐츠 등을 제공할 것으로 기대되는 WLAN이 연동된 CDMA 시스템에서 CAC를 이용해 핸드오프 호와 초기 호를 queuing 모델링하고 WLAN AP의 위치와 서비스 영역 그리고 queue의 버퍼 수에 따라 호 차단확률을 계산하였다.

CDMA 시스템에 공존하는 WLAN AP의 위치는 ξ 와 ξ' 에 영향을 주지 않고 WLAN의 서비스 영역에 비해 CDMA 시스템 서비스 영역이 증가할 수록 사용자들의 분포가 CDMA 시스템 기지국 근처에 분포하게 되어 ξ 와 ξ' 은 감소하게 된다.

CDMA 시스템 가장자리에 위치한 WLAN AP 영역 r 이 60m, queue의 buffer 수가 5일 때 R 이 600m인 경우는 R 이 100m인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.6Erlang을 더 수용할 수 있었다.

CDMA 시스템 기지국 영역 R 이 100m, CDMA 시스템 가장자리에 위치한 WLAN AP 영역 r 이 20m일 때 buffer 수가 5인 경우는 2인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.1Erlang을 더 수용할 수 있었고 r 이 60m일 때는 buffer 수가 5인 경우가 2인 경우에 비해 1% 호 차단확률에서 0.2Erlang을 더 수용할 수 있었다. 시스템의 복잡도를 고려해서 queue의 buffer 수를 증가시켜면 호 차단확률을 경감시킬 수 있게 된다.

참고 문헌

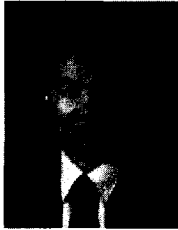
- [1] The Magazine of the IEEE, Aug. 2003.
- [2] J. K. Oh, S. P. Kim, M. J. Kim, H. S. Ahn, and S. M. Ryu, "Orthogonal Multi-code CDMA Systems with Constant Amplitude Transmission Based on Level Clipping and Pulse width Modulation," Proc. ICOIN'2002, Jan. 2002.
- [3] C. Y. Ahn, D. K. Kim, C. H. Ahn, and S. M. Ryu, "Multi Phased MC-CDMA System for Transmitting the High Rate Data," The 6th CDMA International Conference, Nov. 2001
- [4] M. Ylianttila, J. Mkel, and P. Mhnen, "Supporting resource allocation with vertical handoffs in multiple radio network environment," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications The 13th IEEE International Symposium on , Vol. 1, pp. 64-68, Sept. 2002.
- [5] M. Ylianttila, R. Pichna, J. Vallstrm, J. Mkel, A. Zahedi, P. Krishnamurthy, and K. Pahlavan, "Handoff procedure for heterogeneous wireless networks," GLOBECOM '99 ,Vol. 5, pp. 2783 -2787, 1999.
- [6] M. Ylianttila, J. Mkel, and K. Pahlavan, "Geolocation information and inter-technology handoff," ICC 2000 , Vol. 3 , pp. 1573 -1577, Jun. 2000.
- [7] W. Teerapabkajornet, P. Krishnamurthy, "Throughput consideration for Location-Aware handoff in mobile data networks," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications The 13th IEEE International Symposium on , Vol.5, pp. 2223 -2227, Sept. 2002.
- [8] M. Ylianttila, M. Pande, J. Mkel, and P. Mhnen, "Optimization scheme for mobile users performing vertical handoffs between IEEE 802.11 and GPRS/EDGE networks," GLOBECOM'01, Vol. 6, pp. 3439 -3443, Nov. 2001.
- [9] H. Holma, A. Toskala, WCDMA for UMTS, WILEY, 2000
- [10] J. S. Lee, L. E. Miller, "On the erlang capacity of CDMA cellular systems," GLOBECOM '95, Vol. 3, pp. 1877 -1883, Nov. 1995.

— 저 자 소 개 —



안 치 훈(정회원)
1996년 충북대학교
정보통신공학과 공학사
1998년 충북대학교
정보통신공학과 공학석사
1999년~현재 연세대학교
전기전자공학과 박사과정

<주관심분야: CDMA 이동통신시스템, 3G/4G 시스템, MIMO-OFDM, Mobile internet/ Wireless LAN>



김 동 구(정회원)
1983년 한국항공대학교
통신공학과 공학사
1985년 U.S.C. Dept. of Electrical
Engineering 공학석사
1992년 U.S.C. Dept. of Electrical
Engineering 공학박사

1999년~현재 연세대학교 공과대학
기계전자 공학부 부교수
<주관심분야: CDMA 이동통신시스템, 3G/4G 시스템, MIMO-OFDM, 오류정정부호>



기 영 민(정회원)
2000년 연세대학교
기계전자공학부 공학사
2002년 연세대학교
전기전자공학과 공학석사
2002년~현재 연세대학교
전기전자공학과 박사과정

<주관심분야: 패킷 스케줄링, 무선 자원 관리, 휴대인터넷, cdma2000 1xEV, 802.16, WLAN>



류 승 문(정회원)
1975년 서울대학교
전기공학과 공학사
1982년 한국과학기술원
전기전자공학과 공학석사
1985년 한국과학기술원
전기전자공학과 공학박사

1975년~1993년 국방과학연구소 책임연구원
1994년 ~1996년 SK Telecom 본부장
1996년~2000년 국가공무원 부이사관
2000년~현재: (주)카서 대표이사