

論文2003-40TC-6-1

무선 Ad Hoc 망에서 그룹 이동성을 지원하기 위한 호 수락 제어 방안

(Call Admission Control Approach to Support Group Mobility in Wireless Ad Hoc Networks)

徐周桓*, 李源烈**, 韓基俊*

(Joo-Hwan Seo, Won-Yeoul Lee, and Ki-Jun Han)

요약

무선 ad hoc 망은 고정된 인프라 망이 없기 때문에 이동 노드들의 그룹 이동성에 대한 호 수락 제어에 활용하기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성 때문에 발생하는 이동 노드들의 그룹 핸드오프를 지원하기 위한 호 수락 제어 방안을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 호 수락 제어 방안은 선택적 호 수락 제어 방식이며 ad hoc 라우팅 프로토콜을 이용한다. 이 방식은 확장된 Hello 메시지를 이용하여 그룹 이동성을 예측하며 능동적으로 버스트 핸드오프를 지원하기 위한 가드 채널의 수를 선택적으로 조정하여 핸드오프 블락킹 확률을 줄이고 QoS를 보장할 수 있는 방안이다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 핸드오프 블락킹 확률, 신규 호 블락킹 확률, 자원 이용율에 대해서 기존의 무선 방식에서 사용하는 호 수락 제어 방식과 비교하여 제안된 방식이 버스트 핸드오프 지원에 더 효율적임을 보였다.

Abstract

Because a wireless ad hoc network does not have fixed infrastructure, a call admission control approach researched in a wireless network is not feasible to this network. In this paper, we propose call admission control scheme to support this problem and the burst handoff traffic due to group mobility in a wireless ad hoc network. This scheme is an adaptive guard channel scheme which adapt the number of guard channels in each MBS(mobile base station) according to the current estimate of the potential handoff call rate derived from the number of ongoing calls within the coverage area of an MBS that initiate group handoff in a wireless ad hoc network. Our simulation studies are performed for comparisons of the proposed scheme with the other channel allocation schemes. Simulation results show that the proposed scheme efficiently reduces handoff call blocking probability in wireless ad hoc networks.

Keywords : Call admission Control, Burst handoff, Group mobility, ad hoc network

* 正會員, 慶北大學校 컴퓨터工學科

(Department of Computer Engineering, Kyungpook National University)

** 正會員, 영산대학교 컴퓨터정보공학부

(Department of Computer Information Engineering, Youngsan University)

接受日字:2003年1月28日, 수정완료일:2003年6月7日

I. 서론

Ad hoc 통신망은 기존 인프라가 필요치 않는 특성으로 인하여 임시 구성용 네트워크이나 지진, 태풍, 테러에 의한 재해/재난지역과, 특히 전쟁터와 같은 기반 시설이 없는 환경에서 적용 가능토록 주로 군사용 망에

중점을 두어 연구 개발되어 왔다. 그러나, 최근의 인터넷의 급속한 성장을 배경으로 ad hoc 통신망은 초기의 원거리 망에서 근거리 지역 망, 일반 대중의 가정 내 개인용 컴퓨터간 통신망 요구의 증대 및 IP에 이동성을 부여하기 위한 연구와 함께 이를 지원하기 위한 근거리 지역 망에서 상업적으로 주목받기 시작했다^[1-6].

무선 ad hoc 망은 고정된 백본망과 고정된 기지국이 없고 각각의 이동 노드들이 랜덤하게 이동성을 가진다는 것이 일반 무선망과 다른 점이다. 이러한 특성 때문에 무선 ad hoc 망에서는 이동 노드들에 대한 이동성 예측과 앞으로 발생할 수 있는 핸드오프 발생량을 예측하기 어렵다. 그리고 지금까지의 무선 ad hoc 망은 각각 이동 노드들의 단일 이동성을 고려하였으나 최근 무선 ad hoc 망에서는 그룹 이동성을 고려하여 무선 ad hoc 망에서 이동성 지원을 위한 연구가 대두되고 있다 [1-3, 5, 7].

DARPA에서는 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 효율적으로 지원할 수 있는 모델을 제안하였다. 이 모델들은 각 ad hoc 망의 특성에 따라 In-Place Mobility Model, Overlap Mobility Model, Convention Mobility Model로 구분하여 제안하고 있다^[1-3]. 그리고 BAHAMA에서는 기지국과 이동노드들로 구성된 ad hoc 망 구조를 제안하였으며 포터블(Portable) 특성을 가진 기지국과 이동 노드들로 망을 구성하였으며 기지국에 포터블한 개념에서 완전한 이동성을 부여하는 문제는 미래의 연구 과제로 남겨 두었다^[4].

무선 ad hoc 망에서 고정된 백본과 고정된 기지국이 없기 때문에 각 이동 기지국과 이동 노드들에 대한 이동성을 효율적으로 예측할 수 없다. 이러한 문제 때문에 기존의 무선망에서 기지국의 이동성을 고려하지 않은 많은 호 수락 제어 방식은 ad hoc 망에서 채널을 할당하기 위한 호 수락 제어에 유연하지 못하다. 기존의 무선망에서 핸드오프 방식은 이동 노드 중심으로 고려하였기 때문에 단일 채널 할당만을 고려하였고 단일 이동 노드 중심의 이동성을 고려하여 호 수락 제어를 연구하였다.

본 논문에서 Overlap Mobility Model을 기반으로 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 고려하기 때문에 그룹 이동성으로 인하여 버스트 핸드오프가 발생한다. 기존 무선망의 단일 이동 노드 환경에서 연구되어진 호 수락 제어 방식은 그룹 이동성으로 인하여 발생하는 버스트 핸드오프를 위한 호 수락 제어 방식에서는 유연하지 못

하며 버스트 핸드오프 발생을 예측하기에는 고정된 인프라가 없기 때문에 많은 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 그룹 이동성 예측 방안과 그룹 이동성으로 인하여 발생하는 버스트 핸드오프 호를 지원하기 위한 호 수락 제어 방안을 제안하였다. 무선 ad hoc 망에서 효율적인 호 수락 제어를 위해서 Hello 메시지를 확장하여 AODV(Ad Hoc On-Demand Distance-Vector) 라우팅 프로토콜을 이용함으로써 그룹 이동성에 대한 예측 방안을 제안하였다. 그리고 이동 노드들의 이동성 예측과 미래의 잠재적인 버스트 핸드오프 호 발생에 대한 예측 정보를 이용함으로써 이동 기지국에서 호 수락 제어 정책을 효율적으로 할 수 있는 방안을 제시하였다. 본 논문에서는 제안된 호 수락 제어 방안과 기존의 일반 무선망에서 사용되고 있는 호 수락 제어 방식을 비교하기 위한 시뮬레이션 모델을 제안하였으며 시뮬레이션을 통하여 핸드오프 블락킹율과 신규 호 블락킹율, 채널 이용률 등을 비교하였다.

본 논문의 II 장은 관련 연구 내용을 소개하고 III장에서는 본 논문에서 제안한 망 구조와 플로우 핸드오프에 대해서 소개한다. 제 IV장은 본 논문에서 제안한 호 수락 제어 방안의 모델링 및 메커니즘에 대해서 설명하고 V장에서는 시뮬레이션 모델 및 시뮬레이션 결과에 대해서 설명한다. 마지막으로 VI장에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 내용

BAHAMA는 Bell Lab에서 구현한 무선 ATM ad hoc LAN 시스템이다. BAHAMA는 이동 컴퓨터를 가진 사용자들을 지원하기 위해 임의의 형태로 이동 기지국(Portable Base-Station: PBS)을 배치할 수 있는 ad-hoc 개념의 망으로, 인접한 이동 단말기간에는 직접 접속할 수 있으며 그렇지 않은 경우는 PBS들로 구성된 백본망을 통해 접속이 가능하다. 하지만 BAHAMA에서는 PBS가 이동하는 상황에서는 통신 서비스를 지원하지 못하며 위치 추적을 하지 못한다. 단지 임의의 위치에서 다른 임의의 위치로 이동한 후 PBS를 고정시킨 후에 통신을 재개할 수 있다. BAHAMA에서도 PBS가 이동하는 ad hoc 환경에서 이동성을 지원하는 문제는 미래의 해결해야 할 과제로 남겨두고 있다^[4].

DARPA에서는 현재 군 작전 및 특수 재난 발생 시

ad hoc 망을 구성하고 특수 목적의 그룹의 이동성을 지원하기 위한 이동성 지원 모델을 크게 3가지로 분류하여 제안하고 있다. 그룹 이동성 지원 모델은 In-Place Mobility Model, Overlay Mobility Model, Convention Mobility Model 들이다. 본 논문에서는 그룹 이동성을 지원하기 위해서 두 번째 모델인 Overlay Mobility Model을 사용한다^[1-3].

현재 국내에서는 ad hoc 망에서 기존의 백본망에서 사용하고 있는 라우터를 사용하여 노드의 이동성을 지원할 수 있는 연구가 진행 중에 있다. 하지만 이러한 기존의 연구 내용들은 스위치 기능을 가진 노드에게 완전히 이동성을 부여하는 것이 아니라 포터블한 상태이거나 특정 위치에 이동 시켜서 고정시키는 조건에서 ad hoc 망의 이동 노드들에게 이동성을 관리 및 지원하는 내용들이다. 이런 연구에서 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 지원하기 위한 호 수락 제어 문제는 미래의 해결되어야 할 과제이다.

III. 제안된 망 구조 및 플로우 핸드오프

제안된 무선 ad hoc 망은 Overlap Mobility Model을 기반으로 하였으며, 구성 요소들로는 이동성 기능을 가진 기지국과 일반 이동 노드들로 구성된다. 이 망에서 기지국은 일반 이동성 기능을 가지며 일반 무선망의 스위치 기능을 가지고 자신의 무선 영역에 하나 이상의 이동 단말들로 구성되어 독자적인 그룹을 구성한다. 제안된 ad hoc 망 구조에서 이동성을 가진 기지국을 MBS(Mobile Base Station)이라 정의하며 각 MBS는 주위의 1 hop간에 존재하는 MBS와 주파수 영역이 Overlap 된다고 가정한다.

무선 ad hoc 망에서 각 이동 단말은 MBS를 통하여 다른 MBS 영역 내에 있는 상대 이동 노드와 통신을 수행한다. 또한, 각각의 MBS를 중심으로 이동 단말이 함께 로밍하는 이벤트를 그룹 이동성으로 정의한다. 무선 ad hoc 망에서 MBS가 로밍하는 경우에는 MBS영역 내에 포함되어 있는 이동 단말들도 함께 이동하는 것으로 가정한다.

무선 ad hoc 망에서 MBS의 이동으로 인하여 그룹 이동성이 발생하고 이 그룹 이동성으로 인하여 버스트 핸드오프 트래픽이 발생한다고 가정한다. 이러한 MBS의 이동성과 버스트 핸드오프 트래픽으로 인하여 그룹 이동성을 수행하는 각 이동 노드들은 패킷 손실 및 그

룹 핸드오프 시에 QoS를 보장 할 수 없게 된다.

무선 ad hoc 망에서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 기존의 ad hoc 망에서 사용하고 있는 AODV 라우팅 프로토콜의 확장된 Hello 메시지를 이용하였으며 형식은 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 처럼 확장된 Hello 메시지는 MBS의 이동으로 인하여 발생하는 그룹 핸드오프에 관한 정보 및 버스트 핸드오프 트래픽에 관련된 정보를 관리 및 예측하기 위해서 사용되었다. 확장된 Hello 메시지는 기존의 사용하고 있는 Hello 메시지 정보에서 MBS에 관련된 정보 및 MBS 내에서 호출을 유지하고 있는 미래의 잠재적인 버스트 핸드오프 호에 대한 정보를 추가적으로 포함한다. 이 정보를 바탕으로 각 MBS들은 이웃에 있는 MBS에게 TTL(Time To Live)을 2로 하여 2홉 내에 있는 이웃 MBS들에게 Hello 메시지를 전송한다.

Type=2	Length	Hello Interval	
Hello Interval(continued)		Hop Count(TTL)	Group Sequence Number
The number of ongoing calls	The group leader IP address		
....(Continued)			

그림 1. 확장된 Hello Message Format
Fig. 1. Extended Hello Message Format.

그 이유는 기존의 Ad Hoc 망의 플러딩(flooding) 방식으로 Hello 메시지를 전송할 경우에는 메시지 전송 시 발생할 수 있는 오버 헤드 및 메시지 전송 루프를 방지할 수 있다. 그리고 이웃 MBS에서 미래에 잠재적으로 발생할 수 있는 그룹 이동성 및 버스트 핸드오프 트래픽을 예측하여 호 수락 제어 정책을 수립 할 수 있으며 패킷 손실도 최소화 할 수 있다.

IV. 제안된 선택적 호 수락 제어 방안

1. 제안된 호 수락 제어를 위한 모델링

상용 무선망에서는 이동 단말의 핸드오프가 발생한 경우에 새로운 셀 중심으로 핸드오프 단말에게 이동성 보장과 QoS를 보장하기 위해서 자원(채널)을 할당한다. 기존의 상용 무선망에서는 non-priority, priority방식을 사용하며, priority 방식에는 static guard channel allocation, dynamic guard channel allocation, channel reservation 방식들을 보편적으로 사용한다^[7-9].

이러한 방식들은 고정된 기지국과 백본망에서 이동단말들에 대한 정보를 관리하고 특정 단말의 이동성을 예상하는 정보를 이용함으로써 가능하다. 하지만, 무선 ad hoc 망에서는 백본 망과 고정된 기지국이 없기 때문에 백본망의 특정 스위치 및 기지국이 이동 단말들의 그룹 이동성과 관련된 정보를 제공하고 예측하는 것은 불가능하다. 또한 그룹 이동성으로 버스트 핸드오프 트래픽이 발생하기 때문에 기존의 무선망에서 단일의 이동 단말에 대한 이동성 지원을 위하여 연구된 호 수락 제어 방안으로는 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 지원하기 위한 호 수락 제어에는 비효율적이며 유연하지 못하다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위해서 선택적 호 수락 제어 방식을 제안하였으며, 제안된 방식은 각 MBS가 확장된 Hello 메시지를 이용하여 이웃 MBS들에게 미래의 잠재적인 그룹 이동성에 대한 정보 및 버스트 핸드오프에 대한 정보를 주기적으로 제공한다. MBS의 이동으로 인하여 MBS 영역 내에서 호 서비스를 받고 있던 모든 이동 단말들도 함께 그룹 핸드오프를 수행하는데 이를 버스트 핸드오프(burst handoff)라 정의한다. 잠재적인 버스트 핸드오프 정보를 수신한 새로운 MBS는 이 정보를 바탕으로 하여 앞으로 발생 할 수 있는 잠재적인 핸드오프를 위해서 할당되어야 할 채널의 수를 예측한 다음 가드 채널(Guard Channel)의 수를 동적으로 조정한다.

본 논문에서 MBS 모델은 M/M/c/c 모델을 기반으로 한다. MBS 시스템 모델에서는 MBS 자신의 영역 내에서 발생하는 이동 단말의 신규 호와 MBS의 로밍으로 인한 그룹 이동성 때문에 발생하는 버스트 핸드오프 트래픽을 처리하며, 버스트 핸드오프 블락킹 확률을 줄이기 위해서 그룹 핸드오프가 발생할 때마다 예상되는 잠재적인 버스트 핸드오프의 정보를 이용하여 가드 채널의 수를 능동적으로 조정한다. 새로운 MBS에서 가드 채널의 수를 조정하는 상태 천이도 다이어그램은 <그림 2>와 같다.

본 논문에서 시뮬레이션의 모델은 큐잉 이론의 M/M/c/c 모델을 기반으로 하였으며, 각 채널 점유될 상태 확률은 아래의 수식과 같다. 여기서 신규 호 도착율(new call arrival rate)와 MBS의 핸드오프 호 도착율(handoff call arrival rate)은 포아송 분포(Poisson Process)를 따르며, 채널 점유 시간은 익스포넨셜 분포(exponential distribution)을 따른다.

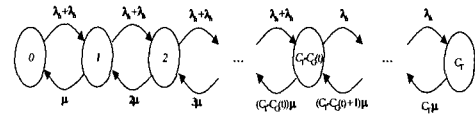


그림 2. 채널 할당을 위한 상태 전이도
Fig. 2. The state-transition-rate diagram for channel allocation.

C_T 는 전체 채널 개수이며, $C_G(t)$ 는 가변적인 임의의 시간 t 에 정해진 가드 채널의 수이다. $\lambda_n(t)$ 은 가변적인 임의의 시간 t 에 발생하는 신규 호 도착율이며 $\lambda_{bh}(t)$ 은 가변적인 임의의 시간 t 에 발생하는 MBS의 핸드오프 호 도착율이다. 여기서 $\lambda_{bh}(t)$ 는 $N_H(t)$ 만큼의 핸드오프 수를 가지며, $N_H(t)$ 는 임의의 시간에 그룹 이동성으로 인하여 발생하는 버스트 핸드오프 트래픽의 핸드오프의 수이다.

$$P_j(t) = \begin{cases} \frac{(\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t))^j}{j! \mu^j} * P_0(t) & \text{where, if } 0 \leq j \leq C_T - C_G(t) \\ \frac{(\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t))^{C_T - C_G(t)} \lambda_{bh}(t)^{j - (C_T - C_G(t))}}{j! \mu^j} * P_0(t) & \text{where, if } C_T - C_G(t) < j \leq C_T \end{cases} \quad (1)$$

본 논문에서는 새로운 MBS 영역 내에서 신규 호와 핸드오프 호 도착 프로세스는 각각 $\lambda_n(t)$ 와 $\lambda_{bh}(t)$ 에 의해서 포아송 분포(Poisson Process)로 모델링 되어진다. $N_H(t)$ 는 그룹 핸드오프를 수행 할 MBS 내에서 호 서비스를 받고 있는 잠재적인 버스트 핸드오프 호들이며 시간변화율에 따라 단일 분포(Uniform Process)로 모델링 되어진다. 이동 단말이 호를 점유하는 시간은 평균 $1/\mu$ 를 가지는 익스포넨셜 분포를 따른다. 주어진 전체 채널 C_T 중에서, 특정 시간에 $C_G(t)$ 는 $0 \leq C_G(t) \leq C_{G-max}$ 를 만족하는 범위 내에서 가드 채널을 설정하기 위한 제어 파라미터로 사용되어진다. C_{G-max} 는 가변적인 임의의 시간에서 버스트 핸드오프 호를 위한 가드 채널의 최대 수이다. $P_0(t)$ 는 모든 채널이 임의의 시간에 점유되지 않은 확률이다. $P_0(t)$ 는 임의의 시간에 정규화 조건인 $1 = \sum_{j=0}^{C_T} P_j(t)$ 로 부터 결정되어지며 식 (2)와 같다.

$$P_0(t) = \left[\sum_{j=0}^{C_T - C_G(t)} \frac{(\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t))^j}{j! \mu} + \sum_{j=C_T - C_G(t) + 1}^{C_T} \frac{(\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t))^{C_T - C_G(t)} \lambda_{bh}(t)^{j - (C_T - C_G(t))}}{j! \mu} \right]^{-1} \quad (2)$$

제안된 망에서 그룹 핸드오프를 지원하기 위한 가드 채널의 수는 MBS가 플로우 핸드오프를 수행하기 전에 미래의 예상되는 잠재적인 버스트 핸드오프 호 수를 예측하여 능동적으로 결정되어진다. 위의 식 (2)를 바탕으로 하여 그룹 이동성으로 인한 신규 호 블락킹 확률 (new call blocking probability)과 버스트 핸드오프 블락킹 확률(burst handoff call blocking probability)을 $B_N(t)$ 와 $B_H(t)$ 으로 표현하였다.

$$B_N(t) = P_0(t) \left[\left(\frac{\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t)}{\mu} \right)^{C_T - C_G(t)} \left(\sum_{j=C_T - C_G(t) + 1}^{C_T} \frac{\lambda_{bh}(t)^{j - (C_T - C_G(t))}}{j! \mu^j} \right) \right] \quad (3)$$

$$B_H(t) = P_0(t) \left(\left(\frac{(\lambda_n(t) + \lambda_{bh}(t))^{C_T - C_G(t)} \lambda_{bh}(t)^{C_G(t)}}{C_T! \mu^{C_T}} \right) \right) \quad (4)$$

핸드오프와 신규 호 블락킹 확률은 식 (3), (4)와 같다. 가변적인 임의의 시간에서 제안된 방식에서 정의된 호 수락 정책에 의해서 버스트 핸드오프는 전체 채널이 모두 점유되었을 경우에 블락 되어지며 신규 호는 가드 채널을 제외한 모든 채널이 점유되었을 경우에 블락 되어진다.

2. 제안하는 선택적 호 수락 제어 메카니즘

본 논문에서 제안한 선택적 호 수락 제어 메카니즘은 무선 ad hoc 망의 환경을 고려하고, MBS 단위의 그룹 이동성으로 인하여 발생한 버스트 핸드오프 블락킹 확률을 최소화하는 것을 목적으로 한다. 제안된 망에서 그룹 이동성이 발생할 때마다 현재의 예상되는 가드 채널 상에서 예상되는 핸드오프 호 블락킹 확률을 측정하고 이를 바탕으로 T_H 를 보장하는 가드 채널의 개수를 효율적이고 능동적으로 재조정한다. 제안한 호 수락 제어 메카니즘의 일 부분은 아래와 같다.

$N_H(t)$: MBS 영역 내에서 현재 호를 유지하고 있는 전체 호의 수

$C_i(t)$: 현재 다른 호에 사용할 수 있는 가용한 채널의 수

$R_N(t)$: new call 블락킹, $R_H(t)$: handoff call 블락킹, $C_B(t)$: 현재 사용 중인 채널의 수

$$\left. \begin{array}{l} \min\{N_H(t), C_i(t)\} \\ \text{and } R_H(t) = R_H(t) + (N_H(t) - C_i(t)) \\ \text{Else reject } R_H(t) = R_H(t) + N_H(t) \\ \end{array} \right\}$$

각 MBS는 이웃 MBS로부터 버스트 핸드오프 트래픽을 위한 Hello 메시지를 수신할 때마다 각 MBS는 $B_E(t)$ 를 측정하여 잠재적인 버스트 핸드오프 트래픽에 대한 가드 채널의 수를 능동적으로 재조정한다. 본 논문에서 $B_E(t)$ 는 각 MBS가 그룹 이동성과 관련된 Hello 메시지를 수신할 때마다 핸드오프 호 블락킹 확률을 측정함 값이며 수식 표현은 아래와 같다.

$$B_E(t) = \frac{\text{블락된 버스트 핸드오프 수}}{\text{전체 버스트 핸드오프 수}}$$

$B_E(t)$ 값이 핸드오프 스투쉬 홀드 값보다 작으면 최대 가드 채널의 개수 안에서 핸드오프 스투쉬 홀드를 만족하는 최대의 가드 채널의 개수를 재조정한다. $B_E(t)$ 값이 핸드오프 스투쉬 홀드 값보다 같거나 크면 이전의 가드 채널의 값을 그대로 적용한다. N_{G-max} 는 $B_H(t)$ 에 의해서 $B(\lambda_n(t), \lambda_{bh}(t), \mu, C_G(t)) \leq \alpha_{up} * T_H$ 를 만족하는 최대 값이며 N_{G-min} 은 $B_H(t)$ 에 의해서 $B(\lambda_n(t), \lambda_{bh}(t), \mu, C_G(t)) \leq \alpha_{down} * T_H$ 를 만족하는 최소 값이다. 본 논문에서 제안한 호 수락 제어 방식은 $B_H(t)$ 를 사용하여 아래의 조건들을 만족하는 가드 채널의 수를 결정하는 조건식은 아래와 같다.

여기서 α_{up} , α_{down} 은 핸드오프 블락킹 확률이 T_H 범위내에서 만족할 수 있도록 능동적으로 가드채널을 조정하기 위한 값으로 사용되었으며 1보다 적은 값을 가진다. α_{up} 은 핸드오프 블락킹 확률이 T_H 를 초과하기 전에 가드채널을 재조정하기 위한 T_H 의 상한 값으로 사용되었다. α_{down} 은 핸드오프 블락킹 확률이 T_H 의 범위내에서 만족하는 조건에서 핸드오프를 위하여 설정되어 있는 가드 채널의 개수를 감소시키기 위한 T_H 의 하한 값으로 사용되었다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{If group handoff call is requested (} \\ \text{If } C_B(t) < C_T(t) \text{ and } N_H(t) < C_i(t), \text{ then allocate} \\ \quad N_H(t) \text{ channels} \\ \text{and } C_B(t) = C_B(t) + N_H(t) \\ \text{Else if } C_B(t) < C_T(t) \text{ and } N_H(t) > C_i(t), \text{ then allocate} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{If } B_E(t) \leq \alpha_{up} * T_H, \\ \text{then } C_d(t) = \min\{N_{G-max}, N_{G-min}\}; \\ \text{If } B_E(t) \leq \alpha_{down} * T_H, \\ \text{then } C_d(t) = N_{G-min}; \end{array} \right\}$$

N_{G-max} 은 위의 수식 조건을 만족하는 최대 가드 채널의 갯수이고 위의 수식 조건을 만족하는 N_{G-min} 은 최소 채널의 갯수이다. 제안된 호 수락 제어 방식은 미래에 예상되는 핸드오프 호 블락킹 확률이 $B_E(t) > \alpha_{up} * T_H$ 조건 아래에 있다면 가드 채널의 수는 N_{G-max} 와 N_{G-min} 중에서 최소 값을 선택한다. 또한, 예상되는 핸드오프 블락킹 확률이 $B_E(t) < \alpha_{down} * T_H$ 조건 아래에 있다면 가드 채널의 수는 N_{G-min} 의 값을 선택한다. 이와 유사한 방식은 유선 백본 망을 가진 무선망에서 적용되고 있다. 하지만 이 방식을 적용하기 위해서 일반 무선망에서는 고정된 기지국 혹은 백본 망의 고정된 스위치에서 이동 단말에 대한 이동성을 예측하여 수행한다.

무선 ad hoc 망은 고정된 백본 망을 가질 수 없기 때문에 AODV 라우팅 프로토콜의 확장된 Hello 메시지를 이용하여 이동성 예측 및 버스트 핸드오프를 예측하여 가드 채널의 수를 선택적이면서 능동적으로 조정하는 것이 차이점이다. 그리고 가드 채널의 이용율의 효율적인 사용을 위해서 핸드오프 블락킹 스레쉬 홀드의 조건을 검사하여 이 조건들을 만족하자마자 가드 채널의 수를 증가 혹은 감소시키게 된다.

본 논문에서는 MBS가 확장된 Hello 메시지를 사용하여 이웃 MBS의 이동성을 예측하며, 잠재적으로 발생할 수 있는 버스트 핸드오프 호를 예측하여 가드 채널의 수를 능동적으로 재조정한다. 또한, 핸드오프 블락킹 스레쉬 홀드의 조건을 체크하여 가드 채널의 수를 재조정함으로써 채널의 이용율을 높이고 버스트 핸드오프 호 블락킹 율을 감소시킬 수 있다는 점에 주목한다.

V. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 시뮬레이션을 위해서 각 MBS가 갖는 채널의 전체 수는 50개로 정하였으며 임의의 시간에 예상되는 버스트 핸드오프 호를 대비하기 위한 가드 채널의 수는 $0 \leq B_E(t) \leq C_{G-max}$ 조건을 만족하는 범위 내에서 결정되어 진다. 핸드오프 스레쉬 홀드는 0.2로 정하였다. 시뮬레이션에서 신규 호 도착 시간과 핸드오프 호 도착 시간은 평균 $\lambda_n/\lambda_h = 5/1$ 과 $1/\mu = 180$ seconds를 가지는 포아송 분포로 모델링 되어졌다. 전체 시뮬레이션 시간은 10시간으로 선택하였다.

시뮬레이션 환경에서 call arrival rate를 5 calls/minutes에서 35 calls/minutes로 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였으며 신규호 블락킹 확률과 핸드오프 호

블락킹 확률은 시뮬레이션 전체 시간동안 측정되었다. 여기서 핸드오프 블락킹 확률은 MBS가 이동할 때마다 발생하는 버스트 핸드오프 호의 블락킹 율(blocking rate)을 의미한다. 본 논문의 시뮬레이션에서 제안한 호 수락 제어방식과 비교할 호 제어 수락 방식은 no-priority 방식, static guard channel 방식과 dynamic guard channel 방식이다.

시뮬레이션 결과에서 제안한 호 제어 수락 방안과 기존에 무선망에서 사용하고 있는 방식을 비교한 그래프는 <그림 3, 4, 5>와 같다. 시뮬레이션 결과 그래프에서 No_Priority는 no_priority channel 할당 방식, S_G는 static_guard 채널 할당 방식, D_G는 dynamic_guard 채널 할당 방식을 의미하며 P_D_G는 제안된 호 제어 방식을 의미한다. <그림 3>에서 P_D_G 방식이 기존의 무선 방에서 사용하고 있는 방식과 비교하였을 경우 핸드오프 블락킹 확률이 적은 것을 알 수 있으며, 신규 호 블락킹 확률은 기존의 방식 보다 더 높다는 것을 보여 주고 있다. <그림 3>은 신규 호 도착율이 증가 할 경우에 핸드오프 블락킹 확률을 나타내고 있다. 시뮬레이션 분석 결과, 제안한 선택적 호 수락 제어 방식이 일반적인 호 제어 방식보다 핸드오프 블락킹 확률이 더 낮음을 그래프에서 보여 주고 있다.

<그림 4>는 신규 호 도착 율이 증가할 때 발생하는 신규 호 블락킹 확률을 보여주고 있다. 본 논문에서 제안한 방식은 버스트 핸드오프 트래픽에 대비하여 가드 채널을 능동적으로 조정하기 때문에 신규 호 블락킹이 일반적인 호 제어 방식 보다 많이 발생한다. 이것은 핸드오프 블락킹이 신규 호 블락킹 보다 더 나쁘기 때문에 핸드오프 가 신규 호 보다 더 호를 수락할 수 있는 우선권을 가진다. <그림 4>에서 신규 호 블락킹 확률은

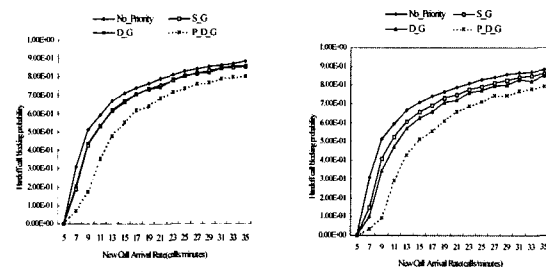


그림 3. 핸드오프 블락킹 율

(왼쪽: $T_H = 0.2$, 오른쪽: $T_H = 0.1$)

Fig. 3. Handoff call blocking Ratio

(left side: $T_H = 0.2$, right side: $T_H = 0.1$).

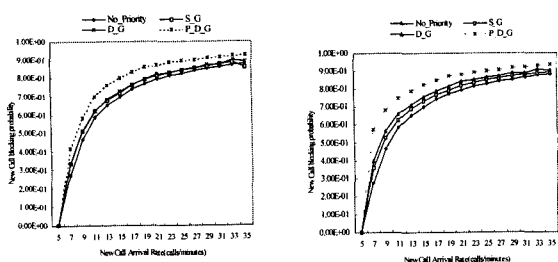


그림 4. 신규 호 블락킹 율
(왼쪽: $T_H = 0.2$, 오른쪽: $T_H = 0.1$)
Fig. 4. New Call Blocking Ratio
(left side: $T_H = 0.2$, right side: $T_H = 0.1$).

신규 호 도착 율이 증가할수록 비슷해지는 경향을 보여 주고 있다.

<그림 5>에서는 자원의 이용율에 관한 그래프를 보여주고 있다. MBS의 이동으로 인하여 버스트 핸드오프가 발생하기 때문에 신규 호 도착 율이 적을 경우에는 제안한 방식이 자원 이용율이 높으나 신규 호 도착 율이 높아질 수록 자원 이용율은 비슷한 결과를 보였다.

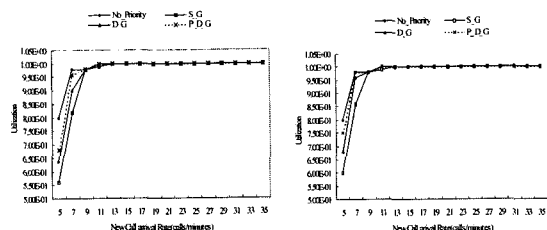


그림 5. 채널 이용율
(왼쪽: $T_H = 0.2$, 오른쪽: $T_H = 0.1$)
Fig. 5. Channel Utilization
(left side: $T_H = 0.2$, right side: $T_H = 0.1$).

VI. 결 론

본 논문에서는 무선 ad hoc 망에서는 기존의 무선망과는 달리 고정된 인프라가 없기 때문에 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 지원하기 위한 호 제어 수락 정책에서 발생할 수 있는 문제점들을 분석하였으며, 무선 ad hoc 망에서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 선택적 호 수락 제어 방식을 제안하였다.

우리가 제안한 호 수락 제어 방식이 기존의 호 수락 제어 방식들 보다 더 효율적으로 무선 ad hoc 망에서 그룹 이동성을 지원하고 잠재적인 버스트 핸드오프를 예측할 수 있다. 또한, 제안한 호 수락 제어 방안이 그룹 핸드오프로 인하여 발생하는 버스트 핸드오프 블락

킹 확률을 기존 무선망의 호 수락 제어 보다 더 효율적으로 감소시킴을 시뮬레이션을 통하여 보였으며 신규 호 발생 량이 적을 때 자원의 활용도를 높일 수 있음을 보였다. 하지만 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 Hello 메시지를 확장하여 TTL을 2까지 하여 2 홉까지 이동성 예측과 잠재적인 버스트 핸드오프 정보를 별도로 관리하는 데 발생하는 트레이드 오프도 발생한다.

참 고 문 헌

- [1] Guangyu, P., Gerla, M., Xiaoyan Hong, "LANMAR: landmark routing for large scale wireless ad hoc networks with group mobility," *Mobile and Ad Hoc Networking and Computing, MobiHOC. 2000 First Annual Workshop on*, Page(s): 11~18, 2000.
- [2] Wang, K.H., Baochun Li, "Group mobility and partition prediction in wireless ad-hoc networks, Communications," *ICC 2002. IEEE International Conference on*, vol.2, Page(s): 1017~1021, 2002.
- [3] Pei, G., Gerla, M., Hong, X., Chiang, C.-C., "A wireless hierarchical routing protocol with group mobility," *Wireless Communications and Networking Conference, 1999. WCNC. 1999 IEEE*, vol.3, Page(s): 1538~1542, 1999.
- [4] Veeraraghavan M, Karol M.J, Eng K.Y, "Mobility and Connection management in a Wireless ATM LAN," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 15 Issue:1, Page(s): 50~68, 1997.
- [5] Toh, C.-K, Shih C.-K, Vassiliou V., Delway M, "Emerging and Future Research Directions for Mobile Networks," *Wireless Communications and Networking Conference*, vol.1, Page(s): 363~367, 1999.
- [6] Charles Perkins, *Ad Hoc Networking*, Addison-Wesley, Inc. 2000.
- [7] William Su, Gerla M, "Ipv6 flow handoff in ad hoc wireless networks using mobility prediction," *Global Telecommunications Conference*, vol: 1a, Page(s):271, 1999.
- [8] Yi Zhang and Derong Liu, "An Adaptive

- Scheme for Call Admission Control in Wireless Networks," *Global Telecommunications Conference*, vol. 6, Page(s): 3628~3632, 2000.
- [9] O. T. W. Yu and V. C. M. Leung, "Adaptive Resource Allocation for Prioritized Call Admission over ATM-based wireless PCN," *IEEE Journal on Selected Areas in Com-*
- munications*, vol. 15, Page(s). 1208~1225, 1997.
- [10] M. H. Chiu and M. A. Assiouni, "Predictive Schemes for Handoff Prioritization in Cellular Networks Based on Mobile Positioning," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.18, Page(s).510~522, Mar. 2000.

 저 자 소 개



徐周桓(正會員)

1996년 : 경일대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1998년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 1998년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정.
 <주관심분야 : 무선 Ad Hoc 네트워크, All IP 네트워크, 이동성지원,

李源烈(正會員) 第38券 TC編 第9號 參照

韓基俊(正會員) 第38券 TC編 第9號 參照

QoS 등임>