

論文2003-40TC-12-7

무선 랜 환경에서의 QoS 보장형 고속 핸드오프 알고리듬 (QoS Guaranteed Fast Handoff Algorithm for Wireless LAN)

申 一 熙 * , 李 塚 羽 *

(Il-Hee Shin and Chae-Woo Lee)

要 約

본 논문에서 제안하는 CCRSVP (CandidateCasting RSVP) 알고리듬은 IEEE 802.11 무선 랜 환경에서 기존의 Mobile IP에 자동적인 멀티캐스팅 기법과 RSVP를 도입하여 고속 핸드오프의 성능을 지원하면서, QoS를 보장하고 B/W 효율성 측면에서 뛰어난 성능을 보이는 새로운 핸드오프 방법이다. 이 알고리듬은 무선 랜의 L2 정보 (BSSID)를 이용, L2 핸드오프가 발생하기 전 미리 자원 예약을 시도하며 멀티캐스팅 기법을 이용해 L3 핸드오프 지연을 타 방법에 비해 획기적으로 줄인다. 성능의 증명을 위해 RSVP 동작 과정의 특성을 이용하여 핸드오프 과정을 모델링 한다. 본 논문에서 제안한 핸드오프 모델은 RSVP를 이용한 각각의 핸드오프 알고리듬을 구별할 수 있는 파라미터를 정의하고 이를 응용한다. 또한 이들 파라미터를 적용하여 마코프 체인과 반복 접근법을 이용한 분석 방법을 소개한다. 핸드오프 모델의 분석을 통해 제안된 알고리듬이 타 알고리듬보다 자원의 효율성면에서 더 성능이 우수함을 보인다. 자원의 효율성을 비교하기 위해 각 알고리듬의 예약될 자원이 없을 경우 블로킹 되는 세션에 대한 차단 확률, 셀 내 세션 발생률에 따른 자원이 예약되는 정도를 보여주는 자원 사용률, 실질적으로 자원을 사용하고 있는 능률 세션 수 그리고 예약된 자원의 사용 효율을 나타내는 자원 효율을 비교 분석한다. 각각의 비교 항목에서 CCRSVP 알고리듬이 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있다.

Abstract

Proposed CCRSVP (CandidateCasting RSVP) algorithm is a new fast handoff method which uses advanced multicasting method and RSVP for IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN) environments. The proposed algorithm shows good performance in the handoff latency and the B/W efficiency aspect and guarantees QoS because it uses L2 information (BSSID) of WLAN and starts to reserve resources and multicast packets before L2 handoff completes. We also propose a Markov chain performance analysis model in which we can analyze the handoff performance of various handoff algorithms. Using the model, we compare bandwidth efficiency of the proposed algorithm with existing handoff algorithms which use RSVP by analyzing blocking probability of session, resource usage, and the average number of ongoing session in a cell. The results show that the proposed algorithm shows better performance than the existing algorithms in the above three performance aspects.

Keywords : Handoff, RSVP, QoS, Mobile IP, WLAN

* 正會員, 亞州大學校 電子工學科

(School of Electrical and Computer Engineering Ajou University)

※ 본 연구는 정보통신연구진흥원 기초기술연구지원사

업의 지원(과제번호: 03-기초-0078)으로 수행되었습 니다.

接受日字: 2003年11月8日, 수정완료일: 2003年12月3日

I. 서 론

유비쿼터스 네트워크를 실현하기 위한 한 방법으로 조만간 대부분의 유선망에서 무선 이동사용자들을 수용하기 위한 액세스 포인트 (Access Point: AP)을 제공할 것이다. 이동 사용자들이 접속점을 바꾸더라도 현재 진행 중인 통신 세션을 계속 유지하기 위해서는 Mobile IP (MIP)를 사용해야 한다. MIP의 주요 목적은 네트워크가 바뀌더라도 통신 세션을 계속 유지시켜 주는 것인데, 세션의 유지관점에서 볼 때 현재의 MIP에는 여러 가지 문제점들이 있다. 그중에서도 긴 핸드오프 지연 때문에 패킷 손실이 많아지고, 그에 따른 서비스의 질이 떨어지는 것은 매우 심각한 문제가 아닐 수 없다. 특히 실시간 서비스에 대한 QoS를 보장하기 위해서 핸드오프 지연은 반드시 최소화되어야 한다.

무선 데이터 접속기술에는 여러 가지가 있지만, 비용, 속도 등을 고려할 때, IEEE 802.11 무선 랜이 특히 주목을 받고 있는 상황이다. 그러나 무선 랜에도 개선되어야 할 문제점들이 있으며, 특히 유선 통신망에 비해 낮은 전송률, ISM 대역사용에 의한 전파 간섭 문제, 핸드오프 지연, 보안 등이 시급한 해결 과제로 남아 있다. 전송률 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로 각 셀의 크기를 작게 배치할 수 있다. 그러나 셀의 크기를 작게 하면 사용자의 이동에 의한 핸드오프가 더 빈번하게 발생하여 잦은 핸드오프로 인한 서비스 질 저하문제가 발생한다. 무선 랜에서 핸드오프는 무선링크만 바뀌는 MAC계층 (L2)의 핸드오프와 MIP가 필요한 네트워크 계층 (L3)의 핸드오프로 나눌 수 있다. 네트워크 계층의 핸드오프에는 반드시 MAC계층의 핸드오프가 수반되는 데, 기존의 MIP를 사용하여 네트워크 계층의 핸드오프를 지원할 경우 MAC계층의 핸드오프 지연에 네트워크 계층의 핸드오프 지연이 더해지기 때문에 실시간 서비스에 QoS를 제공하는데 상당한 문제점이 있다. 현재 이 문제를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다^[1-5]. 또한 핸드오프 지연뿐만 아니라 근본적인 QoS를 보장하기 위한 연구도 활발하다^[6-8].

본 논문에서는 무선 랜 환경에서 RSVP를 이용하여 QoS가 보장되는 고속 L3 핸드오프 방법인 Candidate Casting Resource reSerVation Protocol (CCRSVP) 알고리듬을 소개한다. 이 방법은 기존의 방법이 L3의 핸드오프 지연을 줄이기 위해 주로 L3 정보만을 이용하였던 것에서 탈피하여, 무선 랜에서 L3 핸드오프가 진행되기 전 반드시 선행되는 L2 핸드오프의 정보를 이용하여 빠르고 효율적인 핸드오프가 되도록 도와준다. 또한, 단순한 멀티캐스팅 기법을 사용한 핸드오프 방법들에서는 지역은 단축할 수 있으나, 이동 호스트 (Mobile Host: MH) 주위의 많은 셀에 대해 멀티캐스팅을 함으로써 B/W의 낭비가 매우 크다는 단점이 있었다^[9]. 특히 MH가 네트워크의 위치에 상관없이 멀티캐스팅 기법을 이용하는 핸드오프 방법^[10]이나, L3 핸드오프가 일어날 수 있는 셀 (boundary cell)에 MH가 존재할 경우에 계속적으로 멀티캐스팅하는 기법^[11]은 자원의 효율성을 떨어뜨린다. 그러나 본 논문에서 제안하는 알고리듬은 현재의 Access Point (AP)와 이동할 새로운 AP 단 두 곳으로 짧은 시간 동안 이루어지는 멀티캐스팅 기법을 사용함으로써 B/W 낭비를 최소화한다. 또한 자원 예약 과정을 L2 핸드오프가 시작되기 전에 시도함으로써 추가적으로 요구되는 지연이 최소화 된다.

본 논문의 나머지 부분에서는 본 논문에서 제안하는 알고리듬의 이해를 돋기 위해 2절에서 무선 랜에서 RSVP를 응용한 기존의 핸드오프 알고리듬에 대해 소개한다. 3절에서 본 논문에서 제안하는 CCRSVP 알고리듬을 설명한 후, 4절에서는 성능 분석을 위한 모델을 제시하고 수학적 분석을 함으로써 기존의 알고리듬과 성능을 비교한다. 그리고 5절에서 본 논문을 정리한다.

II. 자원 예약 프로토콜 (RSVP)을 응용한 핸드오프 기술의 연구 동향

무선인터넷에서 인터넷 전화와 같은 실시간 서비스의 질을 보장하기 위해 네트워크의 자원을 예약하는 방법으로 RSVP (Resource Reservation Protocol)를 적용한 많은 연구가 진행되고 있다. RSVP를 응용한 통신은 서비스의 질을 보장하는 반면 자원 예약에 필요한 복잡한 컨트롤 메시지의 요구, 할당된 자원의 반납 등이 문제가 된다. 특히 유선뿐만 아니라 무선을 이용한 접속점에서의 응용에서 MH의 셀 간 이동은 기본적인 핸드오프 과정에 자원 예약 단계가 추가되므로 지연의 증가로 이어진다. RSVP에 의해 부가적으로 늘어나는 지연은 서비스의 질 (QoS)을 오히려 악화 시킬 위험이 있다. 이런 위험성을 낮추기 위해 RSVP를 이용하지만 성능을 떨어뜨리지 않는 핸드오프 기법들이 연구되고 있다^[7-8, 16-17].

기본적인 Mobile IP 위에 RSVP를 구현한 방법

(Basic MIP-RSVP)은 L3 핸드오프 후 세션을 위한 자원 예약을 새롭게 시도한다^[7]. 이 방법은 L3 핸드오프가 종료되고 자원 예약이 끝난 후에 받던 트래픽을 이어서 받을 수 있기 때문에 순수한 L2와 L3 핸드오프 지연에 자원 예약을 위한 지연이 추가된다. COA (Care-of-Address)의 등록뿐만 아니라 자원 예약도 MH의 HA (Home Agent) 혹은 CH (Correspondent Host)까지 이루어져야 하기 때문에 그 지연은 특히 길다. 또한, 똑같은 하나의 세션에 대해서 백본망을 가로지르는 경로 (path)에 걸쳐 자원이 두 배로 할당되므로 자원 이용이 매우 비효율적이다. RSVP는 소프트 스테이트 방식을 따르기 때문에 예약된 자원은 종단간의 예약 상태를 주기적으로 갱신하는 메시지가 오지 않을 경우에 반납된다. Basic MIP-RSVP는 이처럼 핸드오프 지연이 길고 핸드오프 세션에 대해 또 다른 자원을 할당하며 자원 반납에 있어서 지연을 갖는 점 등을 단점으로 들 수 있다.

Hierarchical MIP를 이용하여 RSVP를 구현한 핸드오프 방법 (RSVP-MP: Mobility Proxy)은 도메인 내에서 변경된 경로에만 새롭게 자원을 예약한다^[7]. Hierarchical MIP은 도메인 내에서의 이동은 지역적인 주소 등록을 이용하기 때문에 Basic MIP에서 문제였던 진주소 등록 시간을 줄일 수 있어 고속 핸드오프를 지원한다. RSVP-MP는 도메인 내에 MH의 이동과 자원 예약을 담당하는 MP (RSVP Mobility Proxy)를 중심으로 도메인과 HA, 또는 CH로의 자원 예약과 도메인 내에서의 이동 경로에 따른 자원 예약을 독립적으로 시행한다. RSVP-MP는 Hierarchical MIP를 이용하기 때문에 비교적 빠른 L3 핸드오프를 지원하며, 이동 후 새로운 자원 예약과 동시에 기존 경로의 자원 예약을 제거하는 메시지를 함께 보냄으로써 자원을 효율적으로 이용할 수 있다. 하지만 L2, L3 핸드오프 후 자원을 예약하기 위한 시간이 추가로 고려되어야 하기 때문에 전체적인 핸드오프 지연은 비교적 길다.

HOPOVER (Handoff Protocol for Overlay Networks)는 Hierarchical MIP를 이용하여 QoS를 보장하는 핸드오프 알고리듬으로서 앞의 방법들과는 달리 L2, L3 핸드오프에 돌입하기 전에 새로운 접속점이 될 만한 경로들로 자원을 미리 예약한다^[8]. 핸드오프에 앞서서 자원 예약을 하기 때문에 핸드오프 직후부터 트래픽을 계속해서 받을 수 있으며 RSVP에 의한 추가적인 지연도 작다. 또한 이 알고리듬은 기존의 접속점에서부

터 시작되는 멀티캐스팅 기법을 이용한 핸드오프 방법이기 때문에 L3 핸드오프 지연 시간도 줄일 수 있는 장점이 있다. HOPOVER 알고리듬을 간단히 설명하면 다음과 같다. MH는 핸드오프를 위한 준비 단계로써 자신이 접속할 새로운 접속점 (New AP: NAP)을 찾는다. 인증 단계를 거친 후, 새로운 접속점은 MH로부터 받은 정보를 이용하여 도메인의 게이트웨이와의 새로운 경로에 대한 자원을 예약한 후 기존의 접속점 (Old AP: OAP)으로 자신의 주소를 알려준다. OAP는 이 순간부터 각 NAP들로 MH를 향하는 트래픽을 멀티캐스팅하며, NAP들은 이 패킷들을 작은 버퍼에 저장한다. MH는 L2 핸드오프가 완료된 직후부터 버퍼에 저장되어 있던 패킷을 받을 수 있다. 즉 L3 핸드오프 및 자원예약에 필요한 추가적인 지연이 발생하지 않는다. 그러나 HOPOVER 알고리듬은 1) 복잡한 컨트롤 메시지 2) 핸드오프 시 패킷을 일시 저장할 버퍼 공간과 프로세싱에 필요한 오버헤드, 3) 직접 이동하지 않는 이웃 셀까지 자원을 예약함에 따라 생기는 자원의 비효율성, 4) NAP를 통한 자원 예약 단계가 시작됨에 따라 인증을 위한 지연 필요 등의 단점이 있다.

III. CandidateCasting RSVP 알고리듬

본 논문에서 제안하는 CCRSPV (CandidateCasting Resource reSerVation Protocol)는 무선 랜 환경에서 핸드오프가 발생하기 전에 무선 랜의 L2 정보 (BSSID)를 이용하여 현재의 DFA (Domain Foreign Agent)에서 앞으로 접속하게 될 AP까지의 자원 예약을 미리 시도한다. 이 방법은 핸드오프 과정에서 요구되는 자원 예약 시간을 절약한다. 또한 데이터 링크 계층의 정보 (BSSID)를 이용해 OAP와 NAP로 짧은 시간동안만 멀티캐스팅하여 L2 핸드오프가 끝난 직후 바로 패킷을 이어서 받을 수 있기 때문에 네트워크 계층의 핸드오프에서 지연 시간 자체를 줄이며, 자원의 효율성을 극대화 한다. 즉, CCRSPV는 멀티캐스팅을 이용한 핸드오프의 장점을 최대한 살리면서 자원의 비효율성을 최소화하고, 자원 예약을 통한 서비스의 질을 보장할 수 있는 핸드오프 알고리듬이다.

1. 가정 (Assumption)

1) Hierarchical MIP의 이용

CCRSVP 알고리듬은 Hierarchical MIP를 전제로 한

다^[11-13]. Hierarchical MIP는 캠퍼스 네트워크 같은 하나의 독립적인 도메인을 기본으로 한다. 하나의 도메인은 여러 개의 서브넷으로 나뉘며 또한 각각의 서브넷은 많은 액세스 포인트 (AP)등의 L2 장비로 구성된다. 각각의 도메인은 DFA (Domain Foreign Agent)에 의해 관리되며 도메인 내의 서브넷은 SFA (Subnet Foreign Agent)에 의해 관리된다. MH가 동일한 SFA가 관리하는 서브넷 내에서 이동할 경우 이동 정보는 SFA에만 생신되며, 서로 다른 SFA가 관리하는 서브넷 간에 이동할 경우 DFA까지 이동정보가 생신된다. 이렇게 함으로써 호스트가 도메인 내에서 이동할 때 HA (Home Agent)로의 바인딩 정보 생신은 불필요하게 된다. 다시 말하자면, 도메인간의 이동에 있어서만 HA로 바인딩 정보 생신이 필요하다. 특히 MH와 HA와의 거리가 멀수록 바인딩 정보 생신에 필요한 시간은 커지게 되며 그 만큼 핸드오프 지연은 커지게 된다. Hierarchical MIP는 호스트의 이동 시 매번 HA에 등록 하는 것을 불필요하게 만들어, 빠른 L3 핸드오프의 지원뿐 아니라, HA 부근의 혼잡함을 피할 수 있는 등의 여러 가지 장점이 있다.

2) DFA와 SFA의 또 다른 기능

본 논문에서 제안하는 CCRSVP 알고리듬은 도메인을 관리하는 일종의 게이트웨이인 DFA와 서브넷을 관리하는 SFA의 기본적인 기능에 몇 가지 추가적인 기능을 가정한다. 첫째, DFA와 SFA는 RSVP를 적용하기 위한 기능이 구현되어 있다. 이 기능은 각 세션의 수신자 주소, 트랜스 포트 계층의 프로토콜 타입 그리고 포트 번호 등을 참고하여 적절한 자원을 예약한다. 둘째, 멀티캐스팅의 주체인 DFA는 자신의 도메인 내에 있는 모든 AP의 ID (BSSID)와 L3 정보가 바인딩된 테이블을 갖고 있다. 이는 AP의 BSSID를 알았을 때 해당 AP로 트래픽을 멀티캐스팅하기 위해 사용된다. 셋째, 각각의 DFA는 자신의 도메인에서 핸드오프 할 가능성이 있는 타 도메인의 DFA에 대한 정보 (IP address)를 갖고 있음을 전제로 한다. 또한, 각각의 SFA는 DFA와 비슷한 기능으로 자신의 서브넷 내에 있는 모든 AP의 BSSID 정보를 갖고 있다. 위의 추가적인 기능들은 현재 개발되고 있는 네트워크 장비에 비교적 간단한 기능 개선을 통해 구현될 수 있다.

2. CCRSVP 알고리듬

무선 랜 환경 (IEEE 802.11)에서 MH는 자신이 현재

접속되어 있는 AP (Current AP: CAP)로부터 오는 신호의 세기가 어느 일정한 경계선 (cell search threshold) 이하로 떨어지면 탐색 단계 (Scanning Phase: SP)를 통해서 자신이 이동할 AP를 찾는다^[14]. 이 탐색 단계 (SP)에서 MH는 AP의 물리 주소인 BSSID를 알며, 신호의 세기나 신호대잡음비 (SNR) 등의 정보를 이용하여 어떤 AP가 자신의 다음 접속점 (New AP: NAP)이 될 것인지를 판단한다. BSSID는 각 AP에 부여된 일종의 물리주소로써 도메인 내에서 각각의 AP를 나타내는 유일한 식별자이다. CCRSVP 알고리듬은 이렇게 얻어진 AP의 BSSID를 이용하여, 실질적인 L2 핸드오프가 발생하기 전에 자원 예약을 미리 시도하게 된다. MH는 재인증 단계에 들어가기 전, NAP와 CAP와의 SNR의 차가 어느 일정 수준 (BSSID_Margin) 이상이 되면, 현재 자신이 접속중인 AP (CAP)로, 자신이 이동할 새로운 AP (NAP)의 식별자인 BSSID를 알리는 컨트롤 메시지 (BSSID_notification_message)를 보낸다. CAP는 이 메시지를 자신이 접속된 SFA로 전달하고, 전달받은 BSSID의 AP가 자신의 서브넷 내의 AP인지 확인한다. 자신의 서브넷 내의 AP인 경우는 MH의 L2 핸드오프를 의미하며, SFA는 NAP까지의 경로에 대한 자원 예약을 시도한다. 경로가 확보된 순간부터 CandidateCasting에 들어간다.

전달받은 BSSID가 자신의 서브넷 내에 있는 AP가 아닐 경우, SFA는 즉시 DFA로 메시지를 포워딩 (forwarding)한다. DFA는 도메인 내의 모든 AP에 대한 BSSID 정보를 알고 있기 때문에 전달 받은 BSSID가 자신의 도메인 내의 AP인지 알 수 있다. 도메인 내 AP로 판단될 경우 DFA는 즉시 NAP까지의 새로운 경로에 대한 자원 예약 단계 (RRP)에 들어간다. 자원 예약이 완료된 후 DFA는 NAP와 CAP로 MH를 향해 들어오는 트래픽을 멀티캐스팅한다. CAP와 NAP로만 멀티캐스팅하는 기법을 MH의 접속점이 될 후보지역에 국한된다는 점에서 CandidateCasting 기법이라 정의 한다. NAP에서는 아직 인증 받지 못한 호스트를 향하는 트래픽을 재 인증단계 (RP) 시간동안 버퍼에 저장하고 인증 단계 후에 저장된 패킷을 호스트로 전송한다. 이러한 방법은 L2 핸드오프 (재 인증 단계)가 끝난 직후 트래픽을 바로 받을 수 있게 한다. MH는 재 인증 단계 (RP)에 돌입하기 전에는 CAP로부터 트래픽을 받으며, 재 인증 단계가 끝난 직후에는 NAP로부터 전송 받는다. 재 인증 단계가 완료된 후 NAP는 L2 핸드오프의 완료

를 알리는 메시지 (L2_END_MESSAGE)를 DFA로 보낸다. 이 메시지를 받은 DFA는 멀티캐스팅을 NAP로만 보내는 유니캐스팅으로 변환하며, 동시에 기존의 CAP 까지 예약된 자원을 반납하기 위한 메시지를 CAP로 보낸다 (release_message). 따라서 새로운 경로의 예약된 자원이 사용됨과 동시에 기존 경로의 자원이 다른 세션을 위한 자원으로 반납되기 때문에 효율적인 자원 관리가 이루어진다. 이후 MH가 에이전트 공지 메시지 (Agent Advertisement message)를 듣고 L3 핸드오프 (L3P)가 진행된다. <그림 1>은 도메인 내에서 서브넷 간의 이동시 CCRSVP의 시그널링과 트래픽 경로를 나타낸 것이다. 여기서 자원 예약의 완료 시점은 MH의 속도와 밀접한 관련이 있다. 자원 예약 단계 (RRP)는 각 장비에서의 프로세싱 지연 수준에 따라 어느 정도 고정된 시간을 요구한다. 호스트의 이동 속도는 재 인증 단계 (RP) 돌입 시간을 결정하며, 이동 속도가 빠를 경우 자원 예약 완료 시간은 재 인증 단계 이후가 될 수 있다. 이 경우 DFA는 CandidateCasting 대신에 바로 유니캐스팅을 이용해 NAP로 패킷을 보낸다.

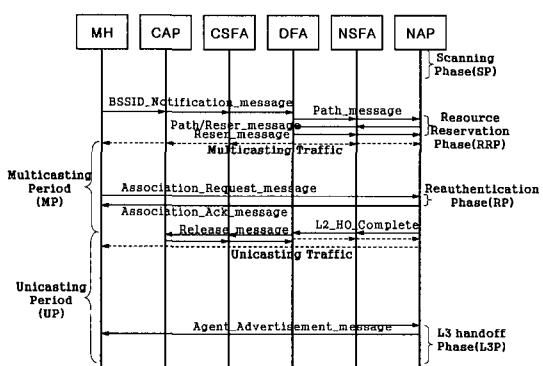


그림 1. CCRSVP에서 자원 예약을 위한 시그널링 (실선)과 트래픽 (점선) 경로.

Fig. 1. Signaling (solid line) messages and Traffic path (dotted line) of CCRSVP.

MH의 도메인 간 이동에 있어서도 위의 알고리듬은 확장될 수 있다. 자신의 도메인 내 AP가 아닌 것을 확인한 DFA (current DFA: CDFA)는 이웃 DFA로 BSSID를 확인하는 메시지 (BSSID_HO_Notification message)를 브로드캐스트한다. 이 메시지를 받은 이웃 DFA들 중에서 NAP가 속한 DFA (new DFA: NDFA)만 응답 (ACK_HO_Notification message)함으로써 CDFA는 NAP까지 경로의 자원 예약 단계를 시작한다.

자원 예약 후의 과정은 도메인 내 서브넷 간 이동하는 경우와 동일하다. 여기서 DFA에 한 가지 기능을 더할 수 있다. MH가 다른 도메인으로 이동했을 때 얻은 정보 즉 새로운 AP의 BSSID와 그 AP의 DFA의 L3 주소를 바인딩한 정보를 기존의 DFA가 계속적으로 갱신해 나가는 기능이다. 이 기능은 도메인 간의 이동시 이동할 DFA를 찾는 과정을 생략시킨다.

IV. 알고리듬의 성능분석

많은 연구에서 멀티캐스팅 기법을 이용한 핸드오프 방법은 지역 측면에서 매우 우수한 성능을 나타내는 것으로 알려졌다^[9-11]. 특히 본 논문에서 제안하는 CCRSVP 알고리듬은 대부분의 경우 스캐닝 단계와 재 인증 단계만을 지역 시간으로 포함되며, 이것은 다른 멀티캐스팅 기법을 이용한 핸드오프 방법들 중에서도 최적의 성능이라 할 수 있다. 본 절에서는 멀티캐스팅 기법의 핸드오프 방법에서 취약점으로 여겨졌던 자원의 효율성 측면에서 성능을 비교, 분석 한다. 이를 위해 간단한 핸드오프 모델과 트래픽 파라미터를 제시하고 마코프 체인 (Markov Chain)을 이용한 모델의 분석 방법을 설명한다.

1. 핸드오프 모델

RSVP를 응용한 핸드오프 알고리듬의 성능을 분석하기 위해 <그림 2>의 핸드오프 모델을 이용한다. 핸드오프 모델은 i) 자원 예약 요청, ii) 자원의 할당 및 유지, iii) 자원의 반납으로 구성된다. 자원 예약 요청은 할당될 자원이 없을 경우 바로 차단 (blocking)된다. 이 핸드오프 모델은 M개의 자원을 가지고 있으며, 세션당 자원 1개가 할당된다. 즉 이 핸드오프 모델에서는 M개의 세션에 대해 QoS를 보장하며 세션이 종료하거나 핸드오프 했을 때 자원을 반납한다. 여기서 자원의 반납은 각 알고리듬마다 다른 지역 시간을 갖는다. 이 지역 시간 동안 반납될 자원은 실질적으로 사용되고 있지 않지만 예약되어 있으므로 다른 세션에 의해 사용될 수 없다. 모델에는 세션에 의해 사용되지 않는 예약된 자원을 만드는 또 다른 요소가 있다. 그것은 실질적으로 핸드오프 해 오진 않지만 자원 예약을 요청하는 허위 핸드오프 세션이다. 이 요소에 의해 예약된 N개의 자원은 일정시간 후 반납된다. 예를 들어 HOPOVER에서는 이동하려는 셀의 이웃 셀까지 자원을 예약하는데, 여기서 발생하는 이웃 셀의 예약 자원 양이 N이다. 다음은 핸드오프

모델에 대한 세부적인 설명이다.

- 하나의 세션에 하나의 자원이 할당된다.
- 핸드오프 모델은 M개의 세션에 대한 QoS를 지원한다. M은 셀 내의 총 자원을 나타낸다.
- 자원 할당을 요구하는 세션은 다음의 세 종류로 구분된다.

① 셀 내에서 발생하는 세션 (Originating session, $\lambda_{originating}$) : 핸드오프 모델에서 자원 할당을 하는 중심 셀 내에서 발생하여 직접 자원 예약을 요구하는 세션을 의미한다. 이 세션은 (M-N)개의 자원 중에 1개의 자원 예약을 요구하며 할당 받을 자원이 모두 예약되었을 경우 차단된다.

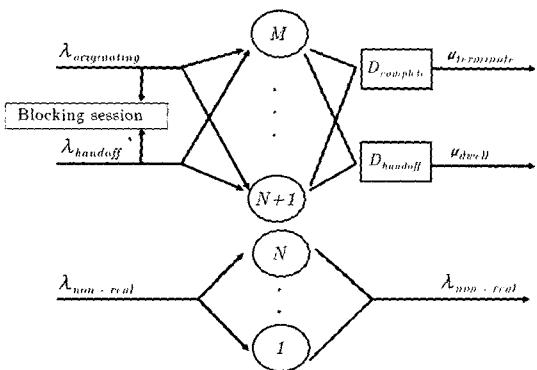


그림 2. 알고리듬 분석을 위한 핸드오프 모델
Fig. 2. Handoff model to analyze algorithm.

② 핸드오프에 의한 세션 (Handoff session, $\lambda_{handoff}$) : 자원 할당 셀 주변의 이웃 셀에서 핸드오프 하여 중심 셀로 넘어 오는 세션을 의미한다. 이 세션은 (M-N)개의 자원 중에 1개의 자원 예약을 필요로 하며 할당 받을 자원이 모두 예약되었을 경우 차단된다.

③ 허위 핸드오프 세션 (non-real handoff session, $\lambda_{non-real}$) : 이웃 셀에서 중심 셀로 세션이 핸드오프 되어 오진 않지만 알고리듬에 의해 자원이 예약되는 세션이다. 고정된 발생률로 요청하여 고정된 시간으로 자원을 점유하기 때문에 평균 N개의 자원을 점유하고 있는 것으로 가정한다. 허위 핸드오프 세션은 이동 할 셀의 이웃 셀 까지 자원 예약을 하는 HOPOVER 알고리듬에서 나타난다. 그 이유는 MH가 비콘 메시지 (beacon message)를 듣는 모든 AP로 자원 예약을 요청하기 때문이다.

- N은 허위 핸드오프 세션에 의해 예약되는 자원의 양을 의미한다. 자원의 예약 시간을 나타내는 자원 예약 갱신 시간 (T_{renew})을 일정한 값으로 가정하면 다음과 같이 계산된다.

$$N = T_{renew} \cdot \lambda_{non-real} \quad (1)$$

- $D_{handoff}$, $D_{complete}$ 은 각각 핸드오프와 세션 종료 후 자원을 반납할 때까지 소요되는 평균 지연 시간이다. RSVP는 Soft state 알고리듬이기 때문에 자원 예약 갱신 메시지를 이용하여 세션에 대한 자원 예약을 유지한다. 따라서 세션이 종료되거나 핸드오프 후에 바로 자원의 반납은 이루어지지 않으며 이 시간을 자원 반납의 평균 지연 시간으로 본다. 각 알고리듬에 따라 이 시간은 다른 값을 갖는다.
- $\mu_{terminal}$ 는 한 세션의 종료율이며, 평균 세션 유지 시간의 역수로 계산된다.
- 블로킹 세션 (Blocking session)은 중심 셀에서 자원 하는 자원이 모두 사용되고 있을 경우 자원 예약 요청이 거절되는 세션을 의미한다.

2. 트래픽 파라미터

① MH의 셀 내 평균 존재 시간 (T_{dwell})과 셀 밖 이동율 (μ_{dwell}) : 셀 내 존재 시간은 랜덤 변수로써, $1/\mu_{dwell}$ 을 평균값으로 갖는 exponential distribution으로 가정한다. 간단한 이동 환경 모델을 만들기 위해 호스트의 이동은 지역적으로 동일한 밀도 (uniform density)를 가지며 임의의 방향으로 움직이는 'fluid flow model'을 사용한다. 2차원 평면 모델에서 MH의 평균 셀 내 존재 시간 (T_{dwell})은 셀 내에서 셀 변두리까지의 평균 거리 (r)에 비례하고 MH의 속도에 반비례한다. r 은 셀의 면적과 둘레의 비로 나타낼 수 있다. 따라서 MH가 한 셀 내에 평균 존재 시간 (T_{dwell})은 다음과 같다[15]. $E[v]$ 는 MH의 평균 속도, L 은 셀의 둘레 길이, A 는 셀의 넓이이다.

$$T_{dwell} = \frac{1}{\mu_{dwell}} = \frac{\pi A}{E[v]L} \quad (2)$$

또한, MH의 셀 내 존재 시간의 역수는 셀 밖 이동률 (outgoing rate: μ_{dwell})로 표현된다. 셀 밖 이동률은 시간당 한 셀에서 셀 밖으로 이동하는 세션 수로 볼 수 있다.

② 평균 세션 유지 시간 ($T_{session}$) : 이 시간은 하나의 세션이 유지되는 시간을 의미하며, 평균 $T_{session} = 1/\mu_{terminate}$ 을 갖는 exponential distribution으로 가정한다. $\mu_{terminate}$ 은 한 세션의 종료율을 의미한다.

③ 한 셀에서의 세션 발생률 ($\lambda_{origination}$) : 한 셀에서 발생하는 세션은 발생률이 $\lambda_{origination}$ 인 푸아송 프로세스 (Poisson process)로 정의한다.

④ 한 셀에서의 핸드오프 발생률 ($\lambda_{handoff}$) : 한 셀에서 이웃 셀로 핸드오프를 요청하는 세션은 발생 속도가 $\lambda_{handoff}$ 인 푸아송 프로세스로 정의한다. $\lambda_{handoff}$ 는 한 셀 내에서 자원을 점유하고 있는 세션의 평균 수 (S)와 셀 밖 이동률 (μ_{dwell})의 곱으로 정의된다.

$$\lambda_{handoff} = S \cdot \mu_{dwell} \quad (3)$$

⑤ 평균 자원 점유 시간 (T_{occupy}) : 평균 자원 점유 시간은 종료 세션, 핸드오프 세션 그리고 허위 핸드오프 세션의 자원 점유 시간 (T_C, T_H, T_N)과 각 세션이 발생 할 확률 (p_C, p_H, p_N)의 곱들을 합하여 계산된다. 각 세션에 따른 자원 점유 시간에는 알고리듬에 따라 다른 값을 갖는 자연 시간이 포함되며, 세션의 총 발생률과 각 세션의 발생률의 비로써 각 세션이 발생할 확률을 구할 수 있다. 평균 자원 점유 시간은 수식 (5)~(10)을 수식 (4)에 대입하여 구할 수 있다.

$$T_{occupy} = p_C \cdot T_C + p_H \cdot T_H + p_N \cdot T_N \quad (4)$$

$$p_C = \frac{\lambda_{origination}}{\lambda_{origination} + \lambda_{handoff} + \lambda_{non-real}} \quad (5)$$

$$p_H = \frac{\lambda_{handoff}}{\lambda_{origination} + \lambda_{handoff} + \lambda_{non-real}} \quad (6)$$

$$p_N = \frac{\lambda_{non-real}}{\lambda_{origination} + \lambda_{handoff} + \lambda_{non-real}} \quad (7)$$

$$T_C = T_{session} + D_{complete} \quad (8)$$

$$T_H = T_{dwell} + D_{handoff} \quad (9)$$

$$T_N = T_{new} \quad (10)$$

채널당 자원의 반납율 (μ_{return})은 예약되었던 자원이 반납되는 속도를 의미한다. 채널당 자원의 반납율 (μ_{return})은 자원의 평균 점유 시간 (T_{occupy})의 역수로써 계산된다. 즉,

$$\mu_{return} = \frac{1}{T_{occupy}}. \quad (11)$$

3. 핸드오프 모델 분석

핸드오프 모델의 분석은 <그림 3>에서 보이는 마코프 체인 (Markov Chain)의 간단한 형태인 Birth-Death Chain을 이용한다. 각 상태는 자원의 사용량을 나타내며, 각 셀은 총 M 개의 세션을 지원한다. 한 셀에서 세션의 총 도착율 ($\lambda_{arrival}$)은 셀 내에서 새롭게 발생하는 세션의 발생률 ($\lambda_{origination}$)과 핸드오프에 의해 다른 셀에서 이동해 오는 핸드오프 발생률 ($\lambda_{handoff}$), 그리고 허위 핸드오프 발생률 ($\lambda_{non-real}$)의 합과 같다.

$$\lambda_{arrival} = \lambda_{originating} + \lambda_{handoff} + \lambda_{non-real} \quad (12)$$

i 상태에서 예약된 자원의 반납율은 채널당 자원의 반납율 (μ_{return})을 $i \cdot \mu_{return}$ 이용하여 나타낸다. 각 상태에 있을 확률을 구하기 위해 마코프 체인에서 다음 식들을 유도할 수 있다.

$$\sum_{i=0}^M p(i) = 1 \quad (13)$$

$$p(0)\lambda_{arrival} = p(1)\mu_{return} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} p(i)(\lambda_{arrival} + i\mu_{return}) \\ = p(i-1)\lambda_{arrival} + p(i+1)(i+1)\mu_{return} \\ , (1 \leq i \leq M-1) \end{aligned} \quad (15)$$

$$p(M-1)\lambda_{arrival} = p(M)M \cdot \mu_{return} \quad (16)$$

위 수식 (13)~(16)을 이용하여 각 상태의 확률을 $p(0)$ 으로서 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} p(i) &= \frac{\rho^i}{i!} p(0), \\ (p(0) &= [\sum_{i=0}^M \frac{\rho^i}{i!}]^{-1}, \rho = \frac{\lambda_{arrival}}{\mu_{return}}) \end{aligned} \quad (17)$$

세션 발생률 ($\lambda_{origination}$)에 따른 핸드오프 발생률 ($\lambda_{handoff}$)과 각 상태의 확률을 구하기 위해 $p(i)$ 의 수식을 이용한 반복 접근법 (Iteration method)을 이용한다 [15]. 각 상태의 확률은 세션 발생률과 핸드오프 발생률

에 의해 구해진다. 하지만 핸드오프 발생률은 각 상태의 확률에 의해 구해지는 셀 내의 평균 활성 세션 수 (S)로 계산되므로 세션 발생률이 정해졌을 때 핸드오프 발생률이 바로 계산되지 않는다. 반복 접근법은 이처럼 입력으로 요구되는 값이 출력에 의해 결정되는 시스템에서 일정한 범위내의 값을 구할 때 유용하다. 이 방법을 이용하여 한 셀 내의 세션 발생률이 정해졌을 때 그에 해당하는 각 상태의 확률과 핸드오프 발생률을 허용 오차 범위 (ϵ) 안에서 구할 수 있다. 핸드오프 발생률은 반복 접근법을 이용하여 계산의 반복이 진행되는 동안 처음 입력된 임의의 핸드오프 발생률보다 차값에 근접하게 된다. 반복 접근법을 이용함에 있어서 세션 발생률은 일정한 것으로 가정하며 구체적으로 다음의 과정을 따른다.

- Step 1

임의의 핸드오프 발생률 ($\lambda_{handoff}$)을 선택.

- Step 2

모든 상태의 확률 $p(i)$ 를 구한다.

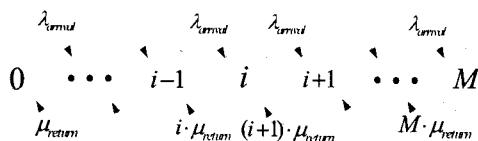


그림 3. 핸드오프 모델 분석을 위한 마코프 체인
Fig. 3. Markov chain to analyze handoff model.

- Step 3

다음 식을 이용하여 셀 내의 평균 세션 수 (S)를 구한다. 이 값을 구하기 위해 예약된 모든 자원의 평균 크기는 1) 세션에 의해 실제로 사용되는 자원 (S)과 2) 세션의 종료 ($S \cdot \mu_{terminate} \cdot D_{complete}$), 또는 핸드오프 ($S \cdot \mu_{dwell} \cdot D_{handoff}$) 발생시 반납 지역에 의해 아직 반납되지 않은 자원, 3) 그리고 허위 핸드오프 세션에 의한 예약 자원 (N)의 합 관계식을 이용한다. 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \sum_{i=0}^M i \cdot p(i) \\ & = S + S \cdot \mu_{terminate} \cdot D_{complete} \\ & + S \cdot \mu_{dwell} \cdot D_{handoff} + N \end{aligned} \quad (18)$$

수식 (1)에 의해서

(726)

$$N = T_{renew} \cdot \lambda_{non-real} = \alpha \cdot \mu_{dwell} \cdot T_{renew} \cdot S$$

(단, $\alpha = \lambda_{non-real}/\lambda_{handoff}$), \quad (19)

와 같다. 셀 내의 평균 세션 수 S 를 구하기 위해 수식 (18), (19)를 이용한다.

- Step 4

수식 (3)을 이용하여 새로운 핸드오프 발생률 ($new \lambda_{handoff}$)를 구하고 Step 1의 핸드오프 발생률 ($old \lambda_{handoff}$)과 비교한다. 만약 $|old \lambda_{handoff} - new \lambda_{handoff}| \leq \epsilon$ 이면 정지, 그렇지 않다면 Step 2로 가서 과정을 반복한다. 여기서 ϵ 은 허용 오차 범위이다.

앞에서 제시한 핸드오프 모델을 이용하여 1)세션의 차단 확률과 2)평균 자원 예약률, 그리고 3)평균 활성 세션 수를 계산할 수 있다. 각각의 결과는 핸드오프 알고리듬의 성능을 비교하는 지표가 된다.

① 세션의 차단 확률(Blocking probability : $p_{Blocking}$)

세션의 차단은 RSVP에 의한 자원 예약이 이루어 질 수 없을 경우 발생한다. 다시 말해, 셀에서 지원하는 자원이 모두 쓰이고 있을 경우 세션은 차단된다. 이 차단 확률은 앞에서 제시한 마코프 체인에서 'M' 상태에 있을 확률과 동일하다. 'M' 상태는 자원이 세션을 위해 모두 점유되어 있는 상태로써 더 이상의 자원이 제공되지 않으며 이 상태에서 자원을 요청하는 세션이 발생할 경우 차단시킨다.

$$p_{Blocking} = p(M) \quad (20)$$

② 평균 자원 사용률(Resource usage : ρ_{usage})

한 셀에서 평균적인 자원의 사용률은 앞에서 제시한 마코프 체인을 이용하여 구할 수 있다. 자원의 예약량은 각 세션이 실제로 자원을 사용하기 위한 예약 외에 사용 완료 후 반납 전의 자원, 그리고 허위 핸드오프 세션에 의해 예약된 자원 모두를 포함한다. 평균 자원 사용률은 예약된 평균 자원량과 자원의 총량의 비로 구해진다.

$$\rho_{usage} = \frac{\sum_{i=0}^M i \cdot p(i)}{M} \quad (21)$$

③ 평균 활성 세션 수(average number of ongoing sessions : S)

평균 활성 세션 수는 한 셀에서 실질적으로 통신되고 있는 세션의 수를 의미한다. 즉, 현재 데이터 전송이 실제로 일어나는 세션의 수를 말하며, 수식 (18)에 의해 구해진다. 이 값은 동일한 조건하에 어떠한 핸드오프 알고리듬이 보다 많은 활성 세션 수를 지원하는가에 대한 성능을 측정하는 기준이 된다.

4. 성능 분석

아래와 같은 시나리오를 통해 각 알고리듬들의 성능을 비교하면 다음과 같다.

① 가정

각 셀의 반지름은 50(m), MH의 평균 이동 속도 ($E[v]$)는 3(km/h), 평균적인 세션 유지 시간 ($T_{session}$)은 600(s), 한 셀에서 지원 가능한 세션 수(M)은 10개, 반복 접근법에 쓰이는 허용 오차범위 $\epsilon = 10^{-15}$, 자원 예약 갱신 시간 (T_{new})은 90(s)로, 각각의 셀은 여섯 개의 이웃 셀을 갖고 최대 세 개의 셀이 겹칠 수 있음을 가정한다. <표 1>은 위의 가정을 바탕으로 각 알고리듬별 적용 파라미터 값을 정리한 것이다. 여기서 $\lambda_{non-real}$ 은 α 와 핸드오프 발생률 ($\lambda_{handoff}$)의 곱과 같다. α 는 허위 핸드오프 발생률과 핸드오프 발생률의 비 ($\alpha = \lambda_{non-real}/\lambda_{handoff}$)로써 핸드오프 발생시 허위 핸드오프 발생 정도를 나타낸다. HOPOVER의 허위 핸드오프는 MH가 두개의 이웃 셀들이 겹쳐진 지역 (Overlapped Area : OA)으로 이동할 경우 각 셀로 중복된 자원 예약을 발생시킨다. 즉 셀 중심으로부터 이동 가능한 모든 방향의 범위(360°)와 OA로 이동할 방향의 범위(63.108°)비로 구한다.

$$\alpha = \frac{63.108^\circ}{360^\circ} = 0.1753 \quad (22)$$

또한, Basic MIP-RSVP의 $D_{handoff}$ 는 예약 반납 메시지의 부재로 T_{new} 의 평균값인 45(s), RSVP-MP의 $D_{handoff}$ 는 L3 핸드오프 직후에 예약 반납 과정이 이루어지므로 1(s)로, 그리고 CCRSVP와 HOPOVER 알고리듬에서는 L2 핸드오프 직후에 예약 반납과정이 이루어지므로 $D_{handoff}$ 는 0.3(s)로 가정한다.

<그림 4>는 각 알고리듬에서 셀 내 세션 발생률에 따라 세션의 차단 확률의 변화를 나타낸 그래프이다. 이 결과는 CCRSVP의 세션 차단 확률이 가장 작음을 보여준다. 그 이유는 다른 알고리듬들 보다 자원 반납에 필

표 1. 각 알고리듬에 따른 세션의 도착율, 세션 종료율, α , 자원 반납 지연 시간에 대한 비교표.

Table 1. Blocking probability, terminating rate ($\mu_{terminate}$), α , latency of resource return of each algorithm.

구분	CCRSVP	Basic MIP-RSVP	RSVP-MP	HOPOVER
$\lambda_{arrival}$ (session/s)	$\lambda_{origination} + \lambda_{handoff} + \lambda_{non-real}$			
$\mu_{terminate}$ (session/ms)			1.667	
α	-	-	-	0.1753
$D_{complete}$ (s)			45	
$D_{handoff}$ (s)	0.3	45	1.0	0.3
μ_{send} (session/m s)			10.61	

② 세션의 차단 확률 비교 및 분석(Blocking probability : $p_{Blocking}$)

요한 지역 시간이 짧고 핸드오프 시 불필요한 자원 예약을 하지 않기 때문이다. 여기서 RSVP-MP 방법이 CCRSVP와 비슷한 세션 차단 확률을 보인다. 하지만 RSVP-MP는 CCRSVP에서 보여주는 빠른 핸드오프 지역 시간 성능을 갖추지 못하고 있다. 반면 HOPOVER는 고속 핸드오프를 위한 알고리듬으로 개발되었으나 CCRSVP의 성능에 비해 세션 차단 확률이 매우 높다.

③ 평균 자원 사용률 (Resource usage : ρ_{usage})

<그림 5>는 각 알고리듬에서 셀 내 세션 발생 속도에 따라 평균 자원 사용률의 변화를 나타낸 그래프이다. 이 그래프는 CCRSVP가 동일한 셀 내 세션 발생률을 처리해 주기 위해 평균적으로 가장 작은 자원을 사용한다는 사실을 보여준다. 이 결과는 앞 절에서 보였던 세션 차단 확률과 같은 순서를 보이며, 결과의 원인도 이미 설명한 바와 같다. 결론적으로 CCRSVP는 어떠한 알고리듬보다 빠른 고속 핸드오프를 지원하면서 자원의 효율성 역시 뛰어남을 보인다.

④ 평균 활성 세션 수(The average number of ongoing sessions : S)

평균 활성 세션 수는 실제로 통신을 유지하고 있는 세션의 수를 나타낸다. 동일한 셀 내 세션 발생률에서

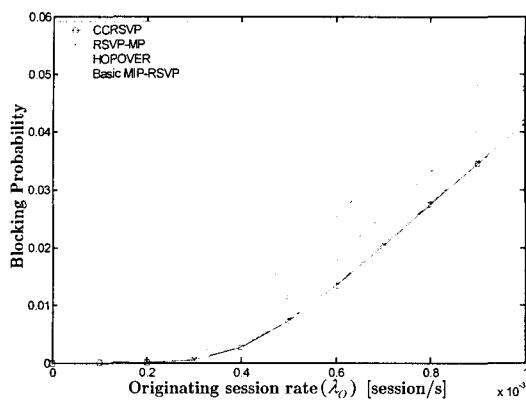


그림 4. 셀 내 세션 발생 속도에 따른 세션 차단 확률
Fig. 4. Blocking probability and originating session rate.

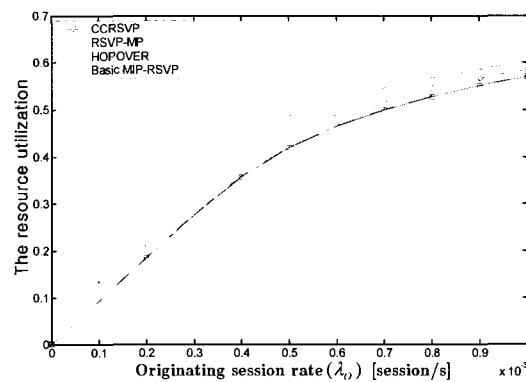


그림 5. 셀 내 세션 발생률에 따른 평균 자원 사용률.
Fig. 5. The resource usage and originating session rate.

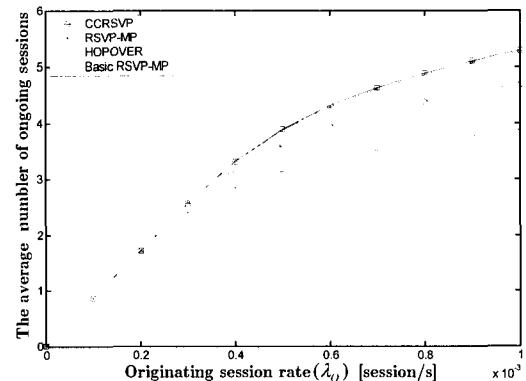


그림 6. 셀 내 세션 발생률에 따른 셀 내 평균 능동 세션 수
Fig. 6. Average number of ongoing sessions and originating session rate.

표 2. 알고리듬에 따른 평균 자원 효율 ($\rho_{utilization}$).

Table 2. Resource utilization of each algorithm ($\rho_{utilization}$).

구분	CCRSVP	Basic MIP-RSVP	RSVP-MP	HOPOVER
평균 자원 이용률 ($\rho_{utilization}$)	0.9275	0.6441	0.9211	0.8028

CCRSVP는 보다 많은 활성 세션을 유지한다. 이것은 다른 조건이 동일했을 때, RSVP를 이용하는 핸드오프 알고리듬에 따라 셀 내의 세션 유지 능력이 다름을 보여준다. <그림 6>에서 세션 발생률이 대략 0.2×10^{-3} session/s 이상부터 셀 내 능동 세션 수가 알고리듬에 따른 차이를 보이는데, 그것은 이 순간부터 차단 세션이 발생하기 때문이다. 차단된 세션은 셀 내 활성 세션 수를 줄인다. 또한 평균 활성 세션 수와 평균 자원 사용률의 비를 이용하여 자원의 효율 ($\rho_{utilization} = S / \rho_{usage}$)을 구할 수 있다. 각 알고리듬의 자원 효율 ($\rho_{utilization}$)은 <표 2>와 같다.

V. 결론

본 논문에서는 QoS를 보장하면서 고속 핸드오프를 지원하는 새로운 알고리듬을 제안했다. 또한, 핸드오프 모델을 제시했고 수학적인 분석을 통해 새로운 알고리듬의 성능을 확인했다. CCRSVP는 데이터 링크 계층의 정보를 이용하여 짧은 시간 동안만 멀티캐스팅 기법을 이용하기 때문에 고속 핸드오프를 지원하는 동시에 자원의 낭비를 최소화한다. 또한 세션에 대한 자원 예약이 핸드오프가 일어나기 전부터 시도되기 때문에 자원 예약에 필요한 추가적인 시간 지연이 줄어든다. 따라서 QoS를 보장하면서 고속의 핸드오프를 지원할 수 있다.

핸드오프 모델을 이용한 성능분석은 QoS를 보장하기 위해 개발된 알고리듬과의 비교를 통하여 CCRSVP 성능의 우수함을 보여준다. 이를 위해 RSVP의 동작에서 자원예약을 요구하는 세션에 일정한량의 자원을 할당해 주는 것으로 가정하고, 각 알고리듬에 따른 지연요소 및 자원예약량이 다름을 이용한 핸드오프 모델을 제시했다. 모델 분석에 사용될 트래픽 파라미터를 정의하고

마코프 체인을 이용하여 핸드오프 모델을 분석하여, 세션의 차단률, 자원 예약률, 평균 활성 세션 수와 이용률을 비교함으로써 각 알고리듬의 성능을 비교했다. CCRSVP는 위의 각 비교 항목에서 뛰어난 성능을 보였고 본 논문에서 보이지 않았던 짧은 핸드오프 지연을 고려한다면, 제안된 알고리듬은 IEEE 802.11 무선 랜에서 QoS를 지원하는 고속 핸드오프 알고리듬으로써 적용 가능하다.

본 논문에서는 CCRSVP 알고리듬을 단지 IEEE 802.11에만 적용시켜 성능을 확인했다. 하지만 CCRSVP 알고리듬의 기본 개념은 다른 무선 접속기술에 충분히 응용될 수 있으며, 이를 위한 앞으로의 계속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Dong-yun Shin, Ki-soo Chang, "A efficient handoff method to support real-time services in Mobile IP environment", Proceedings of ICII 2001, Vol. 2, Oct. 29 - Nov. 1, 2001, pp. 615-620.
- [2] Youngsong Mun, Jong in Park, "Layer 2 Handoff for Mobile-IPv4 with 802.11 <draft-mun-mobileip-layer2-handoff-mipv4-00.txt>", INTERNET-DRAFT Expires April 2003. Soongsil University, Oct. 2003.
- [3] Jon Chiung-Shien Wu, Chieh-Wen Cheng, Nen-Fu Huang, Gin-Kou Ma, "Intelligent Handoff for Mobile Wireless Internet", Mobile Networks and Applications 6, 2001, pp. 67-79.
- [4] Janise McNair, Ian F.Akyildiz, Michael D. Bender, "Handoffs for Real-Time Traffic in Mobile IP Version 6 Networks", Global Telecommunications Conference, 2001, GLOBECOM'01. IEEE, Vol. 6, pp. 3463-3467.
- [5] Perkins, C.E., Kuang-Yeh Wang, "Optimized smooth handoffs in Mobile IP", IEEE International Symposium, 1999, pp. 340-346.
- [6] Xiaoming Fu, Holger Karl, Cornelia Kappler, "QoS-Conditionalized Handoff for Mobile IPv6", Networking 2002, Lecture Notes in Computer Science 2345, May 2002, pp. 721-730.
- [7] S. Paskalis, A. Kaloxylos, E. Zervas, and L. Merakos, "An Efficient RSVP-Mobile IP Interworking Scheme", ACM Journal for Special Topics in Mobile Networks and Applications (MONET), Vol. 8, No. 3, June 2003.
- [8] Fan Du, Ni L.M., Esfahanian A.H., "HOPOVER: A New Handoff Protocol for Overlay Networks", ICC 2002, IEEE International Conference on Communications, Vol. 5, 2002, pp. 3234-3239.
- [9] Eunsoo Shim, Hung-ju Wei, Yusun Chang, Gitlin, R.D., "Low Latency Handoff for wireless IP QOS with NeighborCasting", ICC 2002, IEEE International Conference on Communications, Vol. 5, 2002, pp. 3245-3249.
- [10] Cheng Lin Tan, Kin Mun Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks", the Second ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia (WoW -MOM'99), 20 Aug. 1999.
- [11] Antone stephone, Andrej Mihailovic, and A. Hamid Aghvam, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover In Wireless IP Networks", IEEE Communications Magazine, Nov. 2000.
- [12] Sasikanth Avancha, Dipanjan Chakraborty, Dhiral Gada, Tapan Kamdar, and Anupam Joshi, "Fast and effective wireless handoff scheme using forwarding pointers and hierarchical foreign agents", SPIE International Symposium on Convergence of IT and Communications, Aug. 20-24, 2001.
- [13] M. Ergen, S. Coleri, B. Dundar, A. Puri, J. Walrand, P. Varaiya, "Position Leverage Smooth Handover Algorithm for Mobile IP", World Scientific, 6 Jun. 2002.
- [14] Arunesh Mishra, Minho Shin, William Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Handoff Process", Dept. of Computer Science University of Maryland College Park, MD, U.S.A.
- [15] Qing-An Zeng, Agrawal, D.P., "Modeling and Analysis of Preemptive Priority Based Handoffs

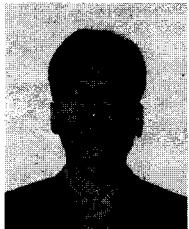
- in Integrated Wireless Mobile Networks”, Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Fall. IEEE VTS 54th, Vol. 1, 2001, pp. 281-285.
- [16] 고광신, 차우석, 안재영, 조기환, “단말의 마이크로 이동성을 고려한 자원예약 메커니즘의 설계”, 정 보처리학회논문지 C 제9-C권 제5호 : 10. 2002 pp. 733-742
- [17] 한승진, 이정현, “이동 노드의 계층적인 자원 예약 프로토콜”, 한국통신학회논문지 ‘01-10 Vol. 26 No. 10A, pp. 1684-1694

저자 소개



申一熙(學生會員)

2003년 : 아주대학교 전자공학과 학사. 2003년 3월~현재 : 아주대학교 대학원 전자공학과 석사과정. <주 관심분야 : Internet QoS, Ubiquitous networking.>



李塨羽(正會員)

1985년 : 서울대학교 제어계측 학사. 1988년 : 한국과학기술원 전자공학과 석사. 1995년 : University of Iowa 박사. 1985년 1월~1985년 12월 : (주)금성통신 연구원. 1988년 9월~1999년 3월 : 한국통신 선임연구원. 1999년 3월~2001년 9월 : Lucent Technologies Korea 이사. 2001년 9월~2002년 2월 : 한양대학교 겸임교수. 2002년 3월~현재 : 아주대학교 전자공학과 조교수. <주관심분야 : 광대역 통신망, Ubiquitous networking, Traffic Engineering.>