

종단간 끊김없는 연결과 TCP 성능의 향상을 위한 무선 홈네트워크 플랫폼에 관한 연구

김병훈[†], 탁성우^{††}

요 약

인프라스트럭처 모드 기반의 무선랜(Wireless Local Area Networks)을 사용하는 무선 홈네트워크에서는 모든 무선 단말간의 통신이 액세스포인트를 통하여 이루어진다. 따라서 무선 단말이 음영 지역(Dead Zone)으로 이동하면 이동한 무선 단말과 액세스포인트간의 통신이 불가능하여 끊김없는 연결(Seamless Connection)을 제공하지 못하는 문제점이 있다. 기존의 무선 홈네트워크 플랫폼에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 애드 혹 모드로 동작하는 무선 홈네트워크 구조에 대하여 연구하고 있지만, 애드 혹 모드 기반의 무선랜은 인프라스트럭처 모드 기반 무선랜에 비하여 네트워크 용량이 제한되는 문제가 있다. 그리고 무선 단말의 이동성을 지원하기 위해서는 애드 혹 라우팅 기법이 필요하다. 그러나 기존의 AODV 및 DSR 라우팅 기법은 무선 채널 정보를 참조하지 않고 네트워크 계층에서 독립적으로 라우팅을 수행하기 때문에 무선 채널의 상황에 빠르게 대처할 수 없어 끊김없는 연결을 제공할 수 없다. 이에 본 논문에서는 종단간 끊김없는 데이터 전송을 보장하기 위한 ESCOD(End-to-end Seamless multi-hop Connection based on Dual network mode) 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼과 VLR(Virtual Link Routing) 기법을 제안하였다. 구현된 시스템의 성능을 평가한 결과, VLR을 탑재한 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼은 기존의 AODV 및 DSR 라우팅 보다 낮은 패킷 전송의 실패율과 빠른 패킷의 평균 전송시간을 제공함과 동시에 기존 인프라스트럭처 모드만을 제공하는 무선 홈네트워크 플랫폼보다 넓은 통신 범위와 향상된 TCP 성능을 확인하였다.

A Study on Wireless Home Network Platform for End-to-End Seamless Connection and TCP Performance Improvement

Byounghoon Kim[†], Sungwoo Tak^{††}

ABSTRACT

A wireless access point is used for all communications in the infrastructure mode wireless home networking, including communication between mobile nodes in the same service area. When a mobile station in the infrastructure mode wireless home networking moves into a dead zone, the communication between the mobile station and the access point is disconnected. To solve this problem, the existing wireless home network platforms focus on the ad hoc mode wireless home networking. However, the performance of an ad hoc network is poorly decreased when the number of mobile participating in the ad hoc network increases. In addition, although the ad hoc routing technique is necessary to support seamless communication of mobile nodes, the existing routing protocols, such as AODV and DSR, do not consider that a wireless channel state could affect performance significantly. Therefore, we propose a wireless home networking platform based on the ESCOD (End-to-end Seamless multi-hop Connection based on Dual network mode) technique incorporating the VLR (Virtual Link Routing) scheme that supports end-to-end seamless connections. Extensive experiments show that the proposed wireless home networking platform incorporating the VLR scheme outperforms wireless home networking platforms based on the AODV and the DSR routing protocols respectively in terms of low packet transmission failure rate, fast packet transmission time, high TCP performance, and a wider coverage area of wireless home networks.

Key words: Wireless Home Networks(무선 홈네트워크), Wireless Local Area Networks(WLAN), TCP/IP(TCP/IP), Seamless Connection(끊김없는 연결성)

1. 서론

인프라스트럭처 모드로만 동작하는 무선 홈네트워크 환경에서는 무선 단말이 음영 지역(Dead Zone)으로 이동하면 이동한 무선 단말과 액세스포인트간의 통신이 불가능하여 끊김없는 연결(Seamless Connection)을 제공하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 무선 단말이 음영 지역으로 이동하는 경우에는 주변의 무선 단말과 애드혹 네트워크를 구성하여 끊김없는 통신 연결을 수행해야 한다.

무선 단말간의 끊김없는 통신 연결을 제공하기 위하여 기본적으로 고려될 수 있는 세 가지 무선 홈네트워크 플랫폼을 살펴보면 다음과 같다. 그림 1과 같이 첫 번째 무선 홈네트워크 플랫폼에서는 음영 경계에 있는 무선 중계 단말(그림 1의 단말 B)이 주기적으로 인프라스트럭처 모드와 애드혹 모드로 전환하여 음영 지역에 있는 무선 단말(그림 1의 단말 C)과 액세스포인트간의 통신 중계 역할을 수행한다. 그러나 음영 지역의 경계가 불명확하기 때문에 무선 중계 단말의 검색과 애드혹 네트워크의 구성이 매우 어렵다. 또한 현재 사용되고 있는 IEEE 802.11 기반의 무선랜 카드는 인프라스트럭처 모드와 애드혹 모드를 동시에 실행시킬 수 없기 때문에 모드 전환에 대한 오버헤드가 발생한다. 기존 무선랜 카드들은 모드 전환과 핸드오프까지 적어도 1초 이상의 시간이 요구된다[1]. 따라서 무선 중계 단말의 주기적인 모드 전환을 통하여 끊김없는 서비스를 제공하는 것은 어렵다. 그림 2와 같이 두 번째 무선 홈네트워크 플랫폼에서는 두 개의 무선랜 인터페이스를 탑재한 무선 단말이 각각의 무선랜 인터페이스를 통하여 인프라스트럭처 네트워크와 애드혹 네트워크의 끊김없는 통신을 제공한다. 이러한 방법은 하나의 무선랜 인터페이스만을 가지는 기존의 무선 단말에서는 적용이 불가능하다. 그리고 마이크로소프트 윈도우 또는 리눅스 시스템과 같은 기존의 운영체제는 무선랜 인터페이스마다 다른 IP 주소를 가지고 있기 때문에 인프라스트럭처 모드로 동작하는 무선 단말이 음영 지역으로 이동하면 애드혹 모드로 동작하는 무선랜 인터

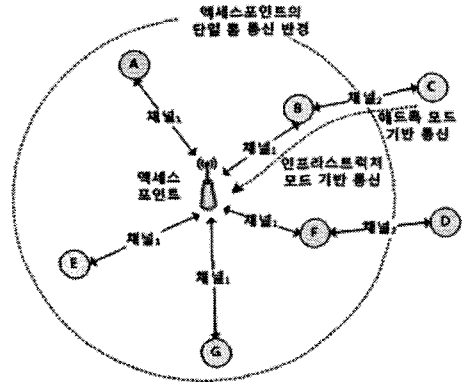


그림 1. 무선 홈네트워크 플랫폼 I

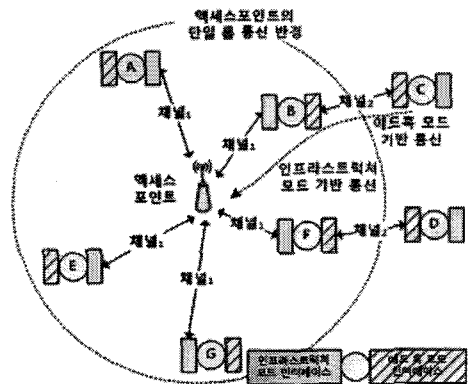


그림 2. 무선 홈네트워크 플랫폼 II

페이스의 IP 주소를 사용하게 된다. IP 주소의 변경으로 인한 기존 단말과의 통신이 끊기는 현상을 막기 위해서는 Mobile IP가 필요하지만, 이를 제공하기 위해서는 기존의 상용 액세스포인트와 무선 단말의 통신 플랫폼이 변경되어야 한다. 그림 3과 같이 세 번째 무선 홈네트워크 플랫폼은 무선 홈네트워크의 모든 단말과 액세스포인트가 애드혹 모드로 동작하여 끊김없는 통신을 제공할 수 있다. 그러나 애드혹 기반 다중 홉(Hop) 라우팅에서는 통신 연결에 필요한 홉수가 증가할수록 인프라스트럭처 모드로 동작하는 무선 홈네트워크에 비하여 가용 네트워크 용량(Available Network Capacity)이 급격히 감소된다 [2]. 참고 문헌 [2]에서는 홉 수가 3 이상일 경우에는

* 교신저자(Corresponding Author): 탁성우, 주소: 부산시 금정구 장전 2동 산 30번지(609-735), 전화: 051)510-2387, FAX: 051)510-2208, E-mail: swtak@pusan.ac.kr
접수일: 2007년 6월 27일, 완료일: 2007년 10월 1일

† 준회원, 부산대학교 정보컴퓨터공학부
(E-mail: bhkim81@gmail.com)

** 중신회원, 부산대학교 정보컴퓨터공학부

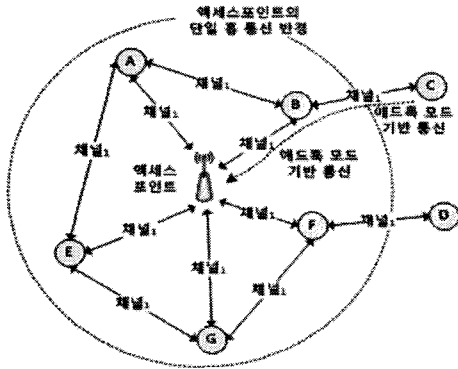


그림 3. 무선 홈네트워크 플랫폼 III

전체 가용 네트워크 용량의 14% 이하로 줄어든다고 분석하였다. 따라서 세 번째 홈네트워크 플랫폼은 기존의 무선랜에 비하여 성능이 저하되는 문제가 있다. 이에 무선 단말의 이동성을 제공하고 전체 가용 네트워크 용량의 저하를 방지할 수 있는 인프라스트럭처 모드 기반 무선랜과 애드 혹 모드 기반 무선랜의 연동 기법에 대한 연구가 필요하다.

기존의 인프라스트럭처 모드 기반 무선랜과 애드 혹 모드 기반 무선랜의 연동 기법에 관한 연구로는 M²-WLAN(Mixed-Mode Wireless LAN)과 WIANI(Wireless Infrastructure and Ad-hoc Network Integration)가 있다. M²-WLAN은 인프라스트럭처 모드로 동작하는 무선 네트워크 플랫폼의 액세스포인트에서 트래픽 병목현상이 발생하면 무선 단말간의 통신을 애드혹 모드로 수행하게 한다[3]. M²-WLAN에서는 송신 단말이 목적지 단말과 통신 연결을 설정하기 전에 액세스포인트에게 먼저 목적지 단말의 정보를 알려준다. 트래픽 병목현상이 발생하고 있는 액세스포인트는 목적지 단말과 송신 단말이 같은 무선랜 내에 존재하면, 두 단말에게 애드혹 모드 전환 메시지를 전송한다. 애드혹 모드로 전환한 송신 단말과 목적지 단말은 단일 홉 기반의 애드혹 네트워크를 구성한다. 두 단말간의 통신이 완료되면 두 단말은 다시 인프라스트럭처 모드로 전환한다. 그러나 M²-WLAN 구조에서는 액세스포인트를 통해 통신이 가능한 인프라스트럭처 네트워크와 무선 단말간의 애드혹 네트워크간의 연동 기능이 없기 때문에 두 네트워크간의 통신 단절 현상이 발생된다. 또한 M²-WLAN에서의 애드혹 네트워크는 단일 홉 통신만을 고려하기 때문에 통신 중에 무선 단말이 이동할

경우 통신이 끊어지는 문제점이 있다. 한편 WIANI에서는 인프라스트럭처 모드 기반의 무선랜에서 발생하는 음영지역과 관련된 문제점을 해결하기 위하여 액세스포인트를 포함한 모든 무선 단말이 애드혹 모드로만 동작하는 플랫폼을 제안하였다[4]. 그러나 앞서 기술한 바와 같이 애드혹 기반 무선 네트워크의 용량은 통신 연결에 필요한 홉 수가 증가할수록 인프라스트럭처 기반의 무선 네트워크에 비하여 급격히 감소한다[2].

무선 단말이 음영 지역으로 이동하는 경우에도 끊김없는 통신 연결을 수행하기 위해서는 무선 단말간의 자율 통신을 기반으로 동작하는 애드 혹 라우팅 기법이 필요하다. 대표적인 애드혹 라우팅 기법으로는 AODV (Ad hoc On demand Distance Vector)와 DSR (Dynamic Source Routing)이 있다[5-6]. DSR은 무선 단말의 이동이 적고 작은 네트워크에 적합하고, AODV는 무선 단말의 이동이 빈번하며 큰 네트워크에 적합한 것으로 알려져 있다[7]. 그리고 무선 채널의 품질이 계속 변화하는 무선 네트워크에서 통신 프로토콜의 성능을 향상시키기 위해서는 독립 계층 간의 의존성이 있는 정보의 교환이 필요하다 [8-10]. 그러나 이 두 애드혹 라우팅 기법은 하위 계층인 데이터 링크 계층과 물리 계층의 무선 채널 정보를 상호 참조하지 않고 네트워크 계층에서 독립적으로 라우팅을 수행한다.

한편, 모든 무선 단말의 IP 주소는 무선 홈네트워크 환경 내에서 유일해야 한다. 일반적으로 무선 단말은 액세스포인트에서 실행되는 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 서버로부터 동적 주소를 할당 받기 때문에 액세스포인트와 무선 단말간의 라우팅이 설정되어 있지 않으면 IP 주소의 할당, 혹은 유지 및 관리가 어렵다. 그러나 WIANI를 포함한 기존 무선랜 플랫폼에서는 추가되는 새로운 무선 단말의 IP 주소와 기존 무선단말간의 IP 주소 충돌 문제를 고려하지 않았다.

이에 본 논문에서는 지금까지 언급한 무선 홈네트워크 플랫폼의 문제점을 해결할 수 있는 ESCOD (End-to-end Seamless multi-hop CONnection based on Dual access mode) 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼을 제안하였다. 그리고 제안한 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼에서 VLR(Virtual Link Routing) 기법을 적용하여 끊김없는 데이터 전

송의 보장과 TCP의 성능을 향상시켰다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크를 기술하였고, 3장에서는 VLR 라우팅 기법에 대하여 기술하였다. 그리고 4장에서는 제안한 기법을 적용한 무선 네트워크 플랫폼의 성능을 분석하였으며, 5장에서는 결론을 기술하였다.

2. ESCOD 기반 무선 홈네트워크 구조

무선 단말 간에 끊김없는 통신 연결을 제공하는 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 환경은 그림 4와 같다. 그림 4에서 보는 바와 같이 액세스포인트는 두 개의 무선랜 인터페이스를 탑재하여 인프라스트럭처 모드와 애드혹 모드를 동시에 지원하며, 하나의 무선랜 인터페이스를 가지고 있는 무선 단말은 사용자 및 응용 서비스의 요구 사항, 그리고 무선 채널 상태와 종단간 단말의 연결 상태를 고려하여 인프라스트럭처 모드와 애드혹 모드 중 하나를 선택하여 무선 홈네트워크에 참여한다. 따라서 액세스포인트는 인프라스트럭처 모드로 동작하는 무선랜 인터페이스를 통해 인프라스트럭처 기반의 무선 단말과 단일 홉 통신을 수행하고, 애드혹 모드로 동작하는 무선랜 인터페이스를 통해 애드혹 기반의 무선 단말과 다중 홉 통신을 한다. 또한 액세스포인트는 인프라스트럭처 네트워크와 애드혹 네트워크간의 연동을 지원하여 두 네트워크간의 끊김없는 서비스를 제공한다. ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 환경의 장점은 다음과 같다. 첫째, 애드혹 기반의 다중 홉 통신을 통하여 무선 홈네트워크의 통신 반경을 확대할 수 있다. 따라서 음영 지역의 최소화와 끊김없는 통신을 제공할 수 있다. 둘째, 인프라스트럭처 네트워크와 애드혹 네트워크가 같이 공존하기 때문에 애드혹 네트워크에서 가용 네트워크의 용량이 저하되는 문제점을 해결함과 동시에 전체 무선 홈네트워크의 용량을 증가시켰다. 셋째, 인프라스트럭처 모드를 제공하기 때문에 기존의 무선 홈네트워크 플랫폼과 호환성이 유지된다.

ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 구조에서 끊김없는 통신 연결을 제공하기 위한 무선 단말의 동작은 그림 5와 같다. 그림 5에서 보는 바와 같이 무선 단말은 통신 범위를 최대화하기 위하여 초기에는 애드혹

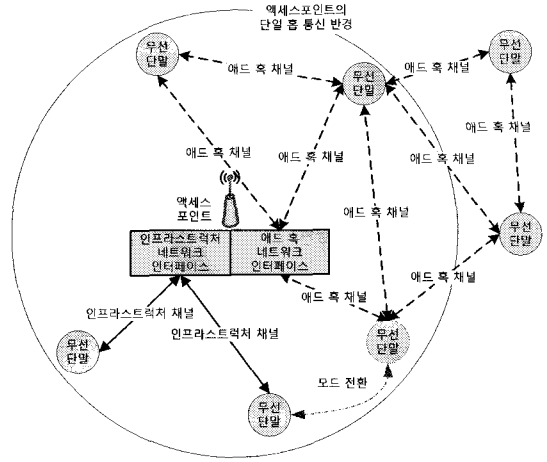


그림 4. ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 구조

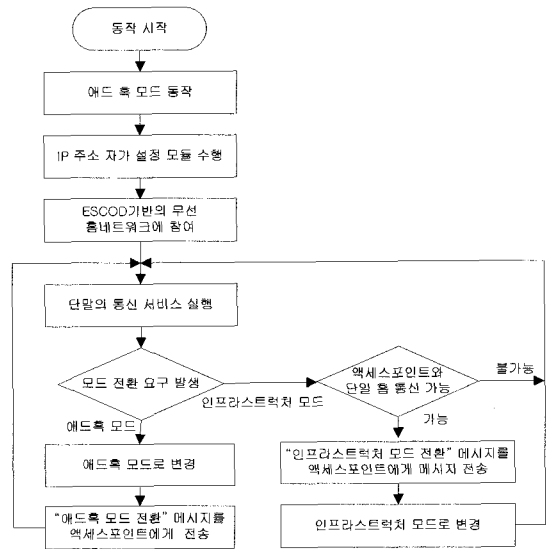


그림 5. 무선 단말의 동작 흐름

모드로 동작하며, 홈네트워크에서 유일한 IP 주소를 설정하기 위해 IP 주소 자가 설정(IP Self-Configuration)을 수행한다. IP 주소 설정이 성공적으로 끝나면 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크에 참여한다. 그리고 무선 단말은 모드 전환 이벤트가 발생하면 그림 5와 같은 과정을 통해 무선랜 인터페이스의 동작 모드를 전환한다. 그림 5에서 무선 단말이 모드 전환 메시지를 액세스포인트에게 전달하는 목적은 외부 네트워크에서 수신한 IP 패킷을 해당 목적지 무선 단말이 참여하고 있는 네트워크로 전송하기 위함이다

다. 예를 들어 외부 인터넷으로부터 수신한 패킷의 목적지 단말이 ESCOD기반 무선 홈네트워크에서 애드혹 모드로 동작하고 있으면, 액세스포인트는 애드혹 모드로 동작하고 있는 무선랜 인터페이스를 통하여 해당 목적지 단말에 패킷을 전송해야 한다. 따라서 모든 무선 단말의 동작 모드 정보는 액세스포인트에서 관리된다. 또한 액세스포인트는 인프라스트럭처 모드로 동작하는 기존의 무선 홈네트워크 단말과 호환성 유지를 위해 DHCP 서버 기능을 수행한다.

본 논문에서 제안한 IP 주소 자가 설정 기법은 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 내에서 기존 무선 단말이 사용 중인 IP 주소와의 충돌을 방지하여 유일성을 보장해준다. 또한 무선 단말이 모드 전환을 수행하여 참여하고 있는 물리 네트워크의 위상 변경이 발생하더라도 IP 주소 재설정 과정이 필요 없다. ESCOD 기반 무선 홈네트워크에 참여하는 무선 단말간의 IP 주소 충돌을 방지하기 위한 기법에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다. 애드혹 네트워크에 참여하는 무선 단말이 IP 주소 자가 설정을 할 때 인프라스트럭처 모드로 동작하는 기존 무선 단말이 DHCP 서버로부터 할당받은 IP 주소와 중복되어서는 안 된다. 이에 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크에서는 IP 주소 영역을 2개의 부 클래스 C 주소로 구분하였다. 클래스 C 주소 영역에서 호스트 ID가 2에서 127사이인 IP 주소는 IP 주소 자가 설정 기법에 의해 사용되며 128부터 253사이의 IP 주소는 인프라스트럭처 네트워크에 참여하고 있는 기존 무선단말에서 사용하기 위해 DHCP 서버가 관리한다. IP 주소 자가 설정 기법의 수행 절차는 다음과 같다. IP 주소 자가 설정 과정을 수행하는 무선 단말은 IP 주소 192.168.17.2부터 192.168.17.127사이에서 임의의 주소를 하나 선택한다. 그리고 IP 주소 자가 설정 메시지를 생성하여 이웃 단말에게 전송한다. IP 주소 자가 설정 메시지는 플러딩(Flooding)을 통해 애드혹 네트워크에 참여하고 있는 무선 단말에게 전송됨과 동시에 액세스포인트까지 전달된다. IP 주소 자가 설정 메시지를 수신한 단말은 IP 주소 자가 설정 메시지의 IP 필드와 자신이 사용하는 IP 주소가 같으면 IP 충돌 메시지를 생성하여 플러딩 한다. IP 주소 자가 설정 메시지를 생성한 무선 단말은 일정 시간 내에 IP 충돌 메시지를 받지 않을 경우 초기에 선택한 IP 주소를 자신의 IP 주소로 설정한다. 한편, 애드혹

모드에서 자가 설정된 IP 주소를 가진 무선 단말이 모드 전환을 통해 인프라스트럭처 네트워크에 참여하면 애드혹 네트워크에서 플러딩 되는 IP 주소 자가 설정 메시지를 수신할 수 없기 때문에 인프라스트럭처 네트워크에 참여하는 무선 단말의 IP 주소를 관리하고 있는 액세스포인트가 대신하여 처리를 한다. 따라서 애드혹 모드에서 자가 설정된 IP 주소를 가진 무선 단말이 모드 전환을 통해 인프라스트럭처 네트워크에 접속하더라도 이전 애드혹 모드에서 설정된 IP 주소를 그대로 사용하여 모드 전환 이전에 연결되어 있는 다른 무선 단말과의 통신 연결이 끊기는 현상을 방지할 수 있다. IP 주소 자가 설정 및 모드 전환에 사용되는 메시지의 형식은 그림 6과 같다.

3. VLR(Virtual Link Routing)의 설계

VLR은 애드혹 네트워크와 인프라스트럭처 네트워크가 공존하는 ESCOD 기반 무선 홈네트워크 플랫폼에서 무선 단말간의 끊김없는 통신 연결을 보장하는 라우팅 기법이다. VLR 기법은 데이터 링크 계층과 IP 네트워크 계층 사이에서 동작하는 2.5 계층 기반의 라우팅 프로토콜로 설계하였으며, 가상 장치 구동 프로그램 (Virtual Device Driver) 형태로 리눅스 환경에서 구현하였다. 따라서 VLR 기법은 리눅스 커널의 수정 없이 TCP/IP 프로토콜 스택에 동적인 적재 및 해제가 가능하다. 또한 2.5 계층에서 라우팅이 수행되기 때문에 IPv4 및 IPv6 네트워크 계층뿐만 아니라 IP 네트워크 계층이 아닌 이종 네트워크 계층도 수용이 가능하며, IP 기반의 라우팅에서 필요한 IP 주소 및 서브넷 마스크 값 대신 데이터 링크 계층의 MAC 주소와 가상 링크 식별자를 사용한다.

VLR 라우팅 경로 설정에서 사용되는 가상 링크 및 해당 가상 링크를 구별하기 위한 식별자에 대한 내용은 다음과 같다. 일반적으로 애드혹 네트워크에

TYPE 1 바이트	LEN 1 바이트	TTL 1 바이트	Reserve 1 바이트	MID 8 바이트	IP 4 바이트
Type 필드 값: 1이면 인프라스트럭처 모드에서 애드혹 모드로 전환 2이면 애드혹 모드에서 인프라스트럭처 모드로 전환 3이면 IP 주소 자가 설정 메시지 4이면 IP 주소 충돌 메시지					
LEN 필드 값: 메시지의 전체 길이					
TTL 필드 값: 전송 가능한 메시지의 횟수					
Reserve 필드 값: 예약 필드					
MID 필드 값: 메시지 식별자 (Message Identification)					
IP 필드 값: Type 필드가 1 또는 2이면 모드 전환을 하는 무선 단말의 IP 주소 Type 필드가 3 또는 4이면 무선 단말이 임의로 선택한 IP 주소					

그림 6. ESCOD 기반 무선 홈네트워크에서 사용하는 메시지

서 종단간의 다중 홉 통신은 IP 주소 기반의 홉 대 홉 (Hop-by-Hop) 포워딩을 통하여 이루어지며, 각각의 중계 단말은 IP 주소 기반의 라우팅 테이블을 유지하고 있어야 한다. 그러나 2.5 계층 기반의 VLR에서는 송신자와 목적지 단말간의 포워딩 경로에 위치하고 있는 여러 물리 채널 링크에 동일한 식별자를 부여하고, 중계 무선 단말은 IP 네트워크 계층의 도움 없이 부여받은 식별자가 동일한 물리 채널 링크를 통해서만 종단간의 통신을 수행한다. 따라서 송신자와 목적지 단말간의 데이터 포워딩 경로는 동일한 가상 링크 식별자를 가진 물리 채널 링크들의 집합체인 논리적인 하나의 가상 링크로 표현된다. 즉 IP 네트워크 계층의 관점에서 보면, 종단간의 통신은 IP 주소 기반의 홉 대 홉 포워딩이 아니라 논리적인 단일 홉 기반의 가상 링크로 연결되어 있는 것으로 간주된다. 그림 7은 VLR 기능이 포함된 네트워크 프로토콜 스택의 구성도를 보여준다.

VLR은 적응 부계층과 라우팅 부계층으로 구성된

다. VLR 적응 부계층은 VLR 기능을 TCP/IP 프로토콜 스택에 쉽게 이식할 수 있도록 상위 통신 계층간의 인터페이스 역할을 지원한다. VLR 적응 부계층은 상위 네트워크 계층의 인터페이스를 담당하는 3 계층 적응 모듈과 하위 데이터 링크 계층간의 인터페이스를 담당하는 2 계층 적응 모듈로 구성된다. 3 계층 적응 모듈은 상위 네트워크 계층으로부터 패킷을 받아서 VLR 라우팅 부계층에게 전달하고, 하위 데이터 링크 계층으로부터 받은 패킷을 다시 상위 네트워크 계층으로 전달한다. 2 계층 적응 모듈은 VLR 라우팅 부계층으로부터 전달받은 패킷을 하위 계층에 보내고, 데이터 링크 계층으로부터 수신한 패킷이 VLR 라우팅과 관련되어 있으면 VLR 라우팅 부계층으로 전달하고 상위 IP 네트워크 계층과 관련되어 있으면 3 계층 적응 모듈에 전달한다. VLR 라우팅 부계층은 가상 링크를 설정하는 라우팅과 데이터를 해당 목적지 단말까지 중계하는 포워딩 역할을 수행한다. VLR 라우팅 부계층은 라우팅 메시지 생

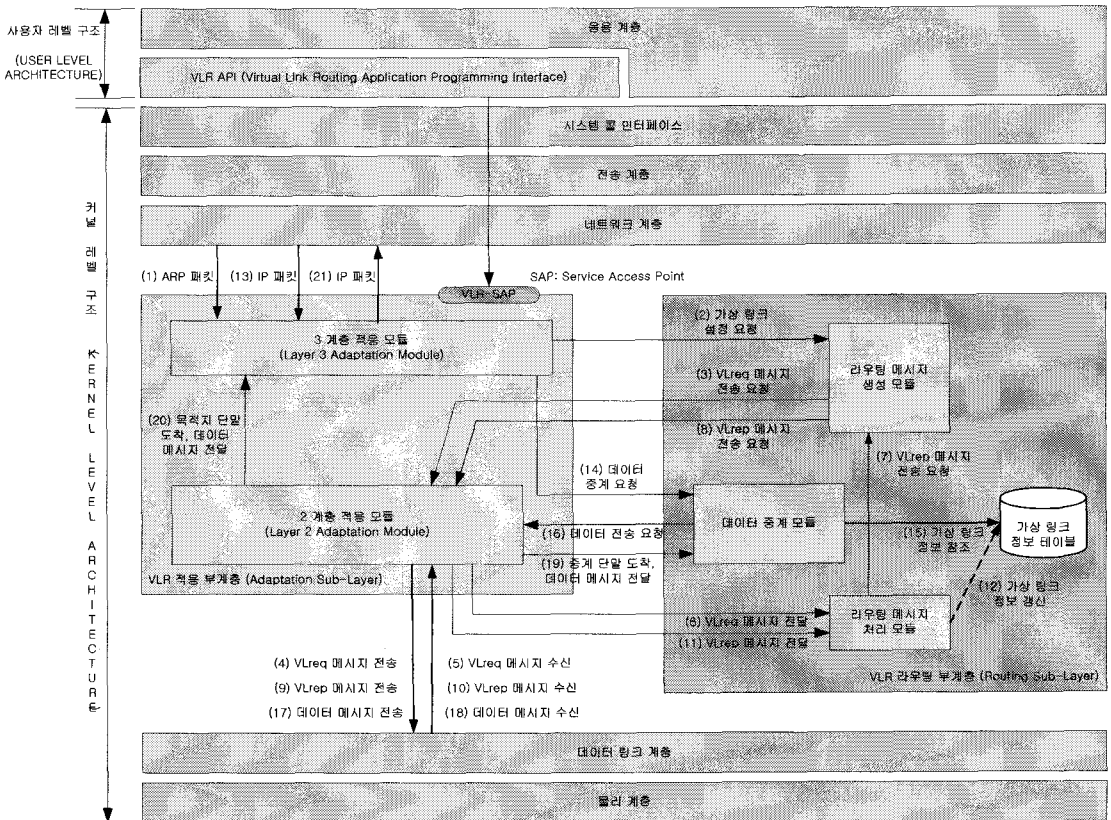


그림 7. VLR 기능이 포함된 네트워크 프로토콜 스택의 구성도

성 모듈과 라우팅 메시지 처리 모듈, 그리고 데이터 중계 모듈로 구성된다. 그리고 가상 링크 정보 테이블은 가상 링크의 정보를 저장하는 데이터 구조이다. 그림 8은 가상 링크 라우팅을 위해 사용되는 가상 링크 라우팅 메시지 헤더(Virtual Link Routing Protocol Header)의 형식이다.

가상 링크 라우팅 메시지 헤더에서 1바이트의 TYPE 필드는 메시지의 타입을 구분하기 위하여 사용된다. VLreq(Virtual Link request) 메시지는 TYPE 필드 값이 5이고 VLrep(Virtual Link reply) 메시지는 TYPE 필드 값이 6이며, 메시지가 데이터인 경우에는 TYPE 필드 값이 7이다. 1 바이트의 LEN 필드는 메시지의 길이를 4바이트 단위로 나타낸 값이다. 그리고 1바이트의 TTL 필드는 메시지가 중계 가능한 홉 수이다. 1바이트의 HOP 필드는 메시지가 지나온 홉 수를 나타낸다. 1바이트의 QoL (Quality of Link) 필드는 메시지가 지나온 라우팅 경로의 링크 채널 품질을 나타내는 값으로, 지나온 라우팅 경로를 구성하는 홉들의 링크 채널 품질 중에서 최소값이 저장된다. QoL 필드는 라우팅 경로를 설정하는 TYPE 필드가 6인 VLrep 메시지와 TYPE 필드가 7인 데이터 메시지에서 설정된다. QoL 필드는 기준 값인 255 기반의 정규화된 값으로 나타내며, 초기 값은 255이다. 8바이트의 VLI(Virtual Link Identifier) 필드는 가상 링크의 식별자를 나타낸다. 상위 2바이트는 초기에 임의로 선택한 값이며, 하위 6바이트는 메시지를 생성한 무선 단말의 MAC 주소 값이다. Src_IP 필드와 Dest_IP 필드는 메시지를 생성한 소스 단말과 목적지 단말의 IP 주소를 나타낸다. 생성된 라우팅 경로가 저장되는 가상 링크 정보 테이블의 구조는 그림 9와 같다.

4바이트의 VLDest_IP(Virtual Link Destination IP) 필드는 VLI로 구별되는 가상 링크의 마지막에 연결되어 있는 목적지 무선 단말의 IP 주소를 나타낸

TYPE 1 바이트	LEN 1 바이트	TTL 1 바이트	HOP 1 바이트	QoL 1 바이트	VLI 8 바이트	Src_IP 4 바이트	Dest_IP 4 바이트
---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------------	------------------

그림 8. 가상 링크 라우팅 메시지 헤더의 형식

VLDest_IP 4 바이트	VLI 8 바이트	VLNH_MAC 6 바이트	VLHop 1 바이트	QoVL 1 바이트	VLAge 4 바이트
--------------------	--------------	-------------------	----------------	---------------	----------------

그림 9. 가상 링크 정보 테이블의 구조

다. 8바이트의 VLI는 ESCOD 기반 무선 홈네트워크에 존재하는 여러 가상 링크들을 구분하는 식별자로 사용되며, 동일한 VLI 값을 가지는 가상 링크에 연결되어 있는 모든 단말은 그림 9에서 보여주는 가상 링크 정보 테이블을 유지하고 있다. 6바이트의 VLNH_MAC(Virtual Link Next Hop Medium Access Control) 필드는 가상 링크에 연결되어 있는 이웃 무선 단말의 MAC 주소이다. 1바이트의 VLHop 필드는 VLDest_IP 필드가 나타내는 최종 목적지의 무선 단말까지 도착하는데 필요한 홉 수이다. 그리고 QoVL(Quality of Virtual Link) 필드는 가상 경로의 통신 채널 품질을 나타낸다. VLAge(Virtual Link Age) 필드는 가상 경로의 유효 기간으로, 초기 설정 값은 3초이다. VLAge 필드 값은 매초마다 감소되며, 0이 되면 해당 가상 정보 테이블의 엔트리는 테이블에서 삭제된다.

2.5 계층기반의 라우팅 프로토콜인 VLR의 라우팅 과정은 동적 요구(On-demand) 방식으로 수행되며, 라우팅 경로의 설정 과정은 다음과 같다. 상위 네트워크 계층의 정보 단위인 IP 패킷을 전달하는 하위 데이터 링크 계층의 프레임에서는 목적지 단말의 하드웨어 인터페이스 주소가 필요하며, 이러한 정보를 얻기 위하여 ARP(Address Resolution Protocol) 패킷을 교환한다. 이때 VLR은 교환되는 ARP 패킷을 가로챌 후에 (그림 7의 과정 1), 가상 링크 라우팅 프로토콜 헤더를 추가하여 가상 링크 요청 메시지인 VLreq 메시지를 생성한다(그림 7의 과정 2와 과정 3). 생성된 VLreq 메시지는 2 계층 적응 모듈을 통하여 데이터 링크 계층과 물리 계층에 전송된다(그림 7의 과정 4). VLreq 메시지는 플러딩을 통해 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크에 연결되어 있는 모든 무선 단말에게 전송된다. 그림 10은 무선 단말이 수신한 VLreq 메시지를 처리하는 과정을 보여준다.

VLreq 메시지의 처리 과정은 무선 단말이 VLreq 메시지를 수신(그림 7의 과정 5)하여 라우팅 메시지 처리 모듈에 전달(그림 7의 과정 6)한 후에 일어난다. VLreq 메시지는 플러딩을 통해 전송되므로 플러딩 기법의 단점인 네트워크 내에서 메시지의 순환 송수신이 발생한다. 이를 막기 위하여 무선 단말은 이미 수신한 적이 있는 중복된 메시지는 버린다. 수신한 VLreq 메시지가 중복된 메시지가 아니라면, 메시지의 송수신 중복을 확인을 위하여 가상 링크 정보 테

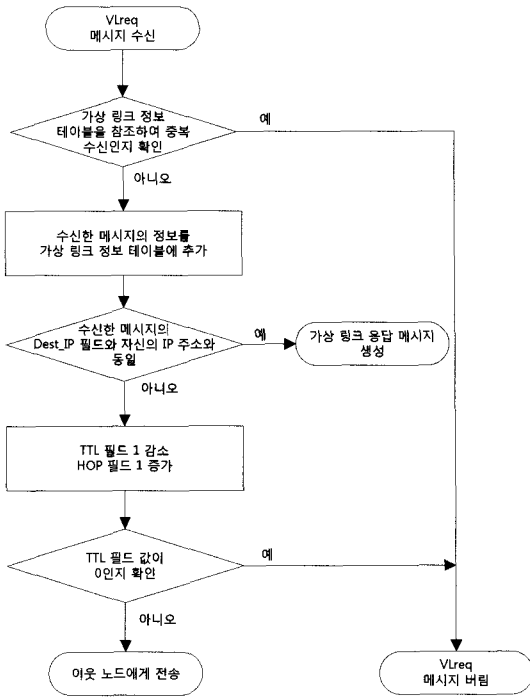


그림 10. VLreq 메시지의 처리 과정

이블에 수신한 VLreq 메시지의 VLI 필드 값을 저장한다. 그리고 VLreq 메시지 내의 Dest_IP 필드를 조사하여 목적지 단말이 자신인지 확인한다. 만약 자신이 VLreq 메시지에서 지정한 목적지 단말이라면, 가상 링크 응답 메시지인 VLrep 메시지를 생성하여 이웃 단말로 다시 플러딩을 한다.

그림 11은 ESCOD 기반 무선 홈네트워크에서 VLreq 메시지의 실제적인 처리과정을 보여주며, 소스 단말 A부터 목적지 단말 F까지 전송되는 VLreq 메시지의 흐름을 살펴보면 다음과 같다. 소스 단말 A가 VLI 필드를 VLI_A 값으로 설정한 후에 전송한 VLreq 메시지는 무선 단말 B와 D에게 전송된다. VLI 필드에 저장되는 VLI_A는 소스 단말 A가 임의로 설정한 2바이트의 임의 설정 값과 자신의 6바이트 MAC 주소 값으로 구성된다. VLreq 메시지를 수신한 무선 단말 B는 다시 무선 단말 C와 액세스포인트에게 전송하고, 무선 단말 D는 무선 단말 E에게 전송한다. 무선 단말 D가 전송한 VLreq 메시지를 수신한 무선 단말 E는 그림 11에서 보여주는 바와 같이 수신한 VLreq 메시지 내의 정보를 가상 링크 정보 테이블

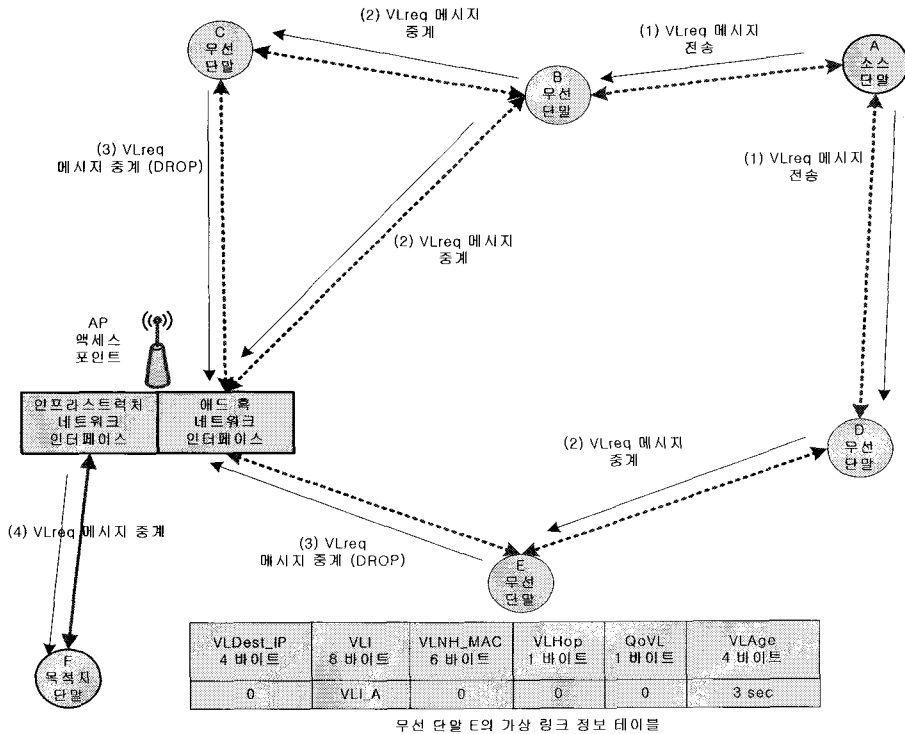


그림 11. VLreq 메시지의 처리 예

에 저장한다. 무선 단말 E는 동일한 VLI 값을 가진 VLreq 메시지를 수신하는 경우에는 수신된 해당 VLreq 메시지를 버린다. 그림 11에서 소스 단말 A가 보낸 VLreq 메시지는 액세스포인트에 (A, B, C, AP), (A, B, AP), (A, D, E, AP)의 3가지 경로로 전달되며, 액세스포인트 AP는 가장 먼저 도착한 VLreq 메시지만 F에게 전달하고 수신한 나머지 VLreq 메시지는 버린다. VLreq 메시지를 받은 목적지 단말 F는 가상 링크 응답 메시지인 VLrep 메시지를 생성한다(그림 7의 과정 7). 생성된 VLrep 메시지의 각 필드의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 초기 QoL 필드 값은 255로 지정된다. Src_IP 필드는 VLrep 메시지를 생성하는 목적지 단말의 IP 주소로 지정되고, Dest_IP 필드는 VLreq 메시지를 전송한 소스 단말의 IP 주소로 지정된다. VLrep 메시지 내의 VLI 값은 목적지 단말에 의하여 다시 설정된다. 이와 같이 생성된 VLrep 메시지는 플러딩을 통하여 ESCOD기반의 내의 모든 단말에게 전송한다(그림 7의 과정 8과 과정 9).

그림 12는 무선 단말이 수신한 VLrep 메시지의 처리과정을 보여준다(그림 7의 과정 10과 과정 11). VLrep 메시지를 수신하는 무선 단말은 자신이 직접 측정한 물리 채널의 링크 품질 값과 VLrep 메시지에 저장되어 있는 QoL 필드 값과 비교하여 두 개의 링크 품질 값 중에서 작은 값을 선택하여 자신이 관리하고 있는 가상 링크 테이블의 QoVL 필드 값에 저장한다. 그리고 VLrep 메시지를 수신한 무선 단말은 VLrep 메시지의 VLI 필드 값과 가상 링크 정보 테이블의 VLI 필드 값을 비교하여 VLrep 메시지를 중복하여 수신하였는지 확인한다. 중복된 VLrep 메시지가 아니면, 수신 단말은 VLrep 메시지의 Src_IP 필드, VLI 필드, Hop 필드, QoL 필드 그리고 IEEE 802.11 헤더의 송신자 MAC 주소를 각각 가상 링크 정보 테이블의 VLDest_IP 필드, VLI 필드, VLHop 필드, QoVL 필드 그리고 VLNH_MAC 필드로 지정하는 새로운 엔트리를 생성한다. 그리고 VLreq 메시지를 송신한 소스 단말이 아닌 중계 무선 단말은 VLrep 메시지를 다시 이웃 노드에게 전송한다. 반면, 중복된 VLrep 메시지를 수신한 무선 단말은 VLrep 메시지의 QoL 필드 값이 기존의 가상 링크 정보 테이블에 저장된 QoVL 필드 값보다 큰 경우에만, 가상 링크 정보 테이블의 VLNH_MAC 필드, VLHop 필

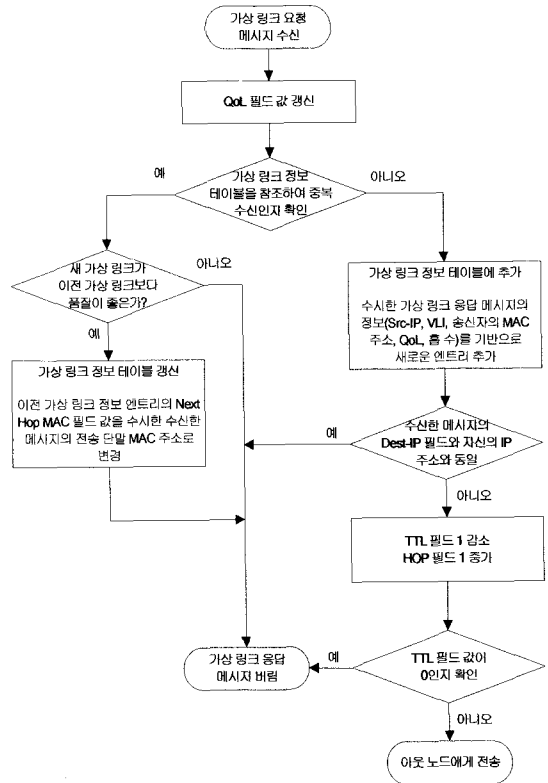


그림 12. VLrep 메시지의 처리 과정

드 그리고 QoVL 필드 값을 갱신한다(그림 7의 과정 12). 이러한 동작과정은 VLrep 메시지가 소스 단말에 도착할 때까지 계속된다. 그리고 여러 경로를 통해 중복된 VLrep 메시지를 수신하는 소스 단말은 가장 좋은 품질의 물리적인 링크를 거쳐서 도착한 VLrep 메시지를 선택하여 품질이 우수한 라우팅 경로를 설정할 수 있다.

그림 13은 ESCOD 기반 무선 홈네트워크에서 VLrep 메시지의 실제적인 처리과정을 보여준다. 그림 13에서 액세스포인트 AP의 가상 링크 정보 테이블에 저장되어 있는 IP_F와 MAC_F는 각각 무선 단말 F의 IP 주소와 MAC 주소를 나타낸다. 나머지 무선 단말의 가상 링크 테이블에도 동일한 방식으로 표현하였다. VLI_F는 무선 단말 F가 생성한 VLrep 메시지의 VLI 필드 값이다. 목적지 단말 F부터 소스 단말 A까지 전송되는 VLrep 메시지의 흐름을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 무선 단말 F가 전송한 VLrep 메시지를 받은 액세스포인트는 수신한 VLrep의 메시지 내의 VLI 필드 값인 VLI_F와 IEEE 802.11 헤더에

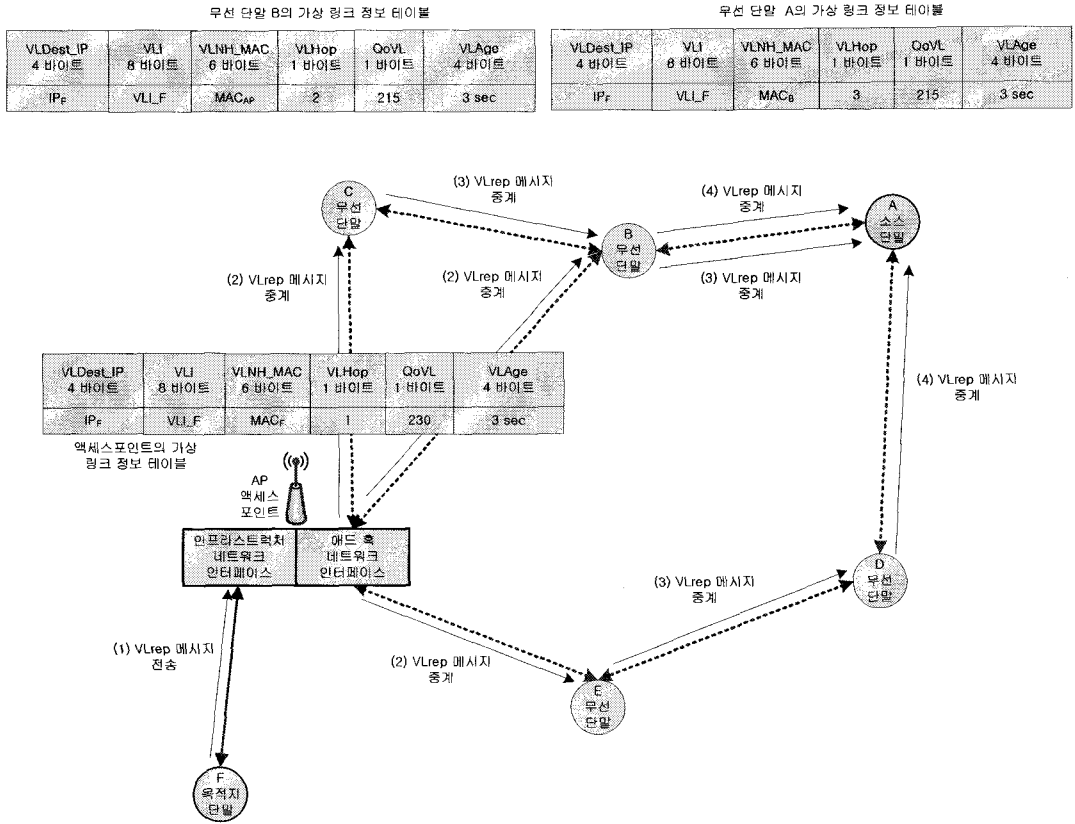


그림 13. VLrep 메시지의 처리 예

포함된 단말 F의 MAC 주소인 MAC_F를 기반으로 하여 가상 링크 정보 테이블의 엔트리를 생성한다. 따라서 액세스포인트는 VLI 필드 값이 VLL_F인 데이터 메시지를 포워딩하는 이웃 노드의 MAC 주소가 MAC_F임을 알 수 있다. 또한 VLrep 메시지 내의 HOP 필드가 1이므로 액세스포인트가 1 홉의 통신 연결로 무선 단말 F에 데이터를 보낼 수 있는 것도 알 수 있다. 그리고 무선 단말 B는 액세스포인트로부터 VLrep 메시지를 받은 후에 2 홉의 통신 연결로 무선 단말 F와 통신이 가능하다는 것을 알 수 있다. 그리고 무선 단말 B는 자신의 가상 링크 정보 테이블에 무선 단말 F로 데이터 메시지를 포워딩할 수 있는 이웃 노드의 MAC 주소가 MAC_{AP}임을 알 수 있다. 즉, 액세스포인트와 무선 단말 B는 VLL_F를 포함하고 있는 데이터 메시지를 수신하면 패킷의 IP 주소가 아닌 VLI 값으로만 포워딩할 수 있는 이웃 노드를 결정할 수 있기 때문에 2.5계층에서 라우팅이 가능하다. 무선 단말 B로부터 VLrep 메시지를 받은 무선

단말 A는 3 홉의 통신 연결로 무선 단말 F에 데이터를 보낼 수 있으며, 무선 단말 F로 데이터 메시지를 포워딩 할 수 있는 이웃 노드의 MAC 주소가 MAC_B임을 알 수 있다.

무선 단말 A가 무선 단말 F에게 데이터 메시지를 전송하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. 무선 단말 A는 가상 링크 라우팅 메시지 헤더의 VLI 필드에 VLL_F를 설정한 후에 무선 단말 B에게 전송하면, 무선 단말 B는 VLL_F 필드 값을 가지는 가상 링크 정보 테이블의 엔트리 정보를 참조하여 VLNH_MAC 필드의 MAC_{AP}를 가진 액세스포인트에 포워딩을 한다. 액세스포인트는 다시 자신의 가상 링크 정보 테이블을 참조하여 무선 단말 F에게 데이터를 전달한다(그림 7의 과정 13부터 과정 17). ESCOD 기반 무선 홈네트워크에서의 데이터의 증계는 가상 링크 정보 테이블을 기반으로 수행되며, 목적지 단말에 도착한 데이터는 3 계층 적응 모듈을 통하여 IP 네트워크 계층으로 전달된다(그림 7의 과정 18부터 과정 20).

지금까지 설명한 VLreq 메시지와 VLrep 메시지를 이용하여 설정된 라우팅 경로는 소스 단말 A부터 목적지 단말 F까지의 단방향 라우팅 경로 설정이다. 만약 무선 단말 F가 무선 단말 A에게 데이터를 보내기 위해서는 앞서 기술한 VLreq 메시지 및 VLrep 메시지의 교환과정을 통하여 라우팅 경로를 설정한다. 그러나 일반적으로 무선 단말 A가 무선 단말 F로 데이터를 보내면, 무선 단말 F가 무선 단말 A로 데이터를 보내는 양방향 통신이 될 확률이 크다. 이에 VLR에서는 양방향 라우팅 경로를 동시에 설정할 수 있는 VLreq-Ext 타입의 메시지를 지원한다. 그림 8에서 제시한 가상 링크 라우팅 메시지의 헤더 구조에서 TYPE 필드가 8이면 VLrep-Ext를 나타낸다. 목적지 단말 F로부터 VLrep 메시지를 받은 소스 단말 A가 VLrep-Ext를 목적지 단말로 다시 보내고, 이를 수신한 중간 단말은 단말 A가 단말 F에게 VLrep 메시지를 처리하는 것과 동일하게 처리한다.

한편, 무선 홈네트워크에서는 무선 단말이 이동할 수 있기 때문에 이미 설정된 가상 링크 기반의 라우팅 경로가 끊어질 수 있으며, 기존의 라우팅 경로보다 통신 품질이 더 좋은 가상 링크가 생길 수도 있다. VLR 기반의 라우팅에서는 가상 링크가 단절된다는 것을 예측하여 미리 새로운 라우팅을 재설정하는 과정이 기존의 라우팅 경로보다 통신 채널의 품질이 좋은 라우팅 경로를 찾는 과정보다 우선순위가 더 높다. VLR 기반의 라우팅에서는 무선 단말이 데이터 메시지를 수신할 때 메시지 내에 포함되어 있는 QoS 필드 값과 자신이 이웃 노드와 직접 연결되어 있는 가상 링크의 채널 품질을 측정된 값 중에서 적어도 하나가 사용자가 정의한 채널 품질의 최소 임계값 이하이면 가상 링크가 끊어질 확률이 높은 것으로 판단하고 목적지 노드가 VLrep 메시지를 플러딩 하여, 라우팅 경로의 재설정 과정을 수행한다. 4장의 성능 분석 및 비교 평가에서는 채널 품질에 대한 최소 임계값으로 50으로 설정하였다. 한편, 데이터 메시지의 전송이 문제없이 진행 중이더라도 더 좋은 채널의 품질을 제공할 수 있는 새로운 라우팅 경로가 생겨날 수 있다. 소스 단말과 목적지 단말은 이웃 노드간의 통신 채널 품질을 측정하여 기존의 라우팅 경로보다 품질이 좋은 링크를 감지하면, 소스 단말은 VLreq 메시지를 1/QoS 확률로 보내어 라우팅 경로를 재설정한다. 즉, QoS 필드 값이 감소되면 측정된

링크의 채널 품질이 나빠지기 때문에 라우팅 경로의 재설정 확률이 높아진다.

4. 성능 분석 및 비교 평가

본 논문에서 제안한 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼과 VLR 라우팅 기법의 성능을 측정하는데 사용된 실험 환경은 다음과 같다. 먼저 액세스포인트는 인텔 1.73GHz CPU를 탑재한 HP사의 nx6120 노트북에서 커널 2.6.20 기반의 리눅스 시스템을 사용하여 구현하였다. 액세스포인트에 2개의 무선랜 인터페이스를 탑재하여 각각의 무선랜 인터페이스가 인프라스트럭처 모드와 애드혹 모드를 지원한다. Atheros 칩셋이 탑재된 무선랜 인터페이스는 인프라스트럭처 모드를 제공하고, 노트북에 내장된 IPW2200 무선랜 칩셋이 탑재된 무선랜 인터페이스는 애드혹 모드를 제공한다. 10 대의 nx6120 노트북을 사용하여 2개의 무선 단말이 인프라스트럭처 모드로 동작하고, 나머지 8개의 무선 단말은 애드혹 모드로 동작한다. IPW2200 기반 무선랜 인터페이스는 "Intel® PRO/Wireless 2200BG Driver for Linux" 개발자 그룹에서 구현한 IPW2200 드라이버 버전 1.2.1을 사용하였다. 그리고 Atheros 칩셋 기반의 무선 인터페이스는 MADWiFi 버전 0.9.3.1 장치 프로그램을 사용하여 구동하였다.

그림 14부터 그림 16은 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 환경에서 무선 단말이 이동하더라도 끊김없는 종단간 통신의 연결을 보장하기 위하여 본 논문에서 제안한 VLR 라우팅 기법과 기존 AODV와 DSR 라우팅 기법을 적용할 경우에 발생하는 패킷 전송의 실패율을 보여준다. 패킷 전송의 실패율을 측정하기 위하여 각 무선 단말은 설정된 라우팅 경로에 따라 목적지 단말에게 Echo Request를 담당하는 ICMP (Internet Control Management Protocol) 메시지를 10ms 단위로 보내고, 목적지 단말에서는 Echo Reply를 담당하는 ICMP 메시지를 소스 단말에게 전송한다. 이를 수신한 소스 단말은 송수신한 ICMP 메시지의 응답 횟수를 측정하여 패킷 전송의 실패율을 측정한다. 또한 ICMP 메시지의 크기를 조절하여 각 무선 단말이 네트워크에 유입하는 트래픽을 100 kbps부터 1Mbps까지 10 단계로 변화시켰다. 그리고 임의의 무선 단말이 일정한 시간 간격마다 이동하여

기존의 라우팅 경로가 유효하지 않을 경우에 발생하는 패킷 전송의 실패율을 비교하기 위해 각 무선 단말의 이동이 각각 평균 20초, 10초, 그리고 5초마다 발생하도록 하였다. 이러한 실험 환경은 실제 홈네트워크에서 발생하는 경우에 비하여 빈번하게 단말이 이동하는 경우이다. 따라서 본 논문에서 제안한 플랫폼이 이러한 실험 환경에서 동작이 가능하다면, 실제 홈네트워크에 적용이 가능하다고 할 수 있다. 이에 대한 실험과 성능 분석을 한 결과, DSR 라우팅에서 패킷 전송의 실패율이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 AODV 및 VLR 라우팅 기법 순으로 나타났다. DSR 라우팅 기법이 다른 라우팅 기법들에 비하여 패킷 전송 실패율이 높은 이유는 다음과 같다. DSR 라우팅에서 각각의 무선 단말은 설정한 라우팅 경로 정보를 캐쉬 테이블에 저장하고 이를 기반으로 하여 패킷을 전달한다. 따라서 중계 무선 단말이 이동하여 기존에 설정된 라우팅 경로가 더 이상 유효하지 않음에도 불구하고 이동한 중계 무선 단말로 패킷을 포워딩하는 무선 단말은 자신의 캐쉬 정보에 저장되어 있는 기존의 라우팅 경로를 따라 패킷을 전송하기 때문에 패킷의 손실 가능성이 매우 높다. 한편, AODV 라우팅은 주기적인 Hello 메시지를 교환하여 라우팅 경로의 유효성을 점검한다. 따라서 DSR 라우팅에 비하여 낮은 패킷 전송의 실패율을 제공할 수 있다. VLR은 2.5계층 기반의 라우팅 기법이며, 하위 물리 및 데이터 링크 계층의 정보를 참조하여 라우팅 재설정 과정을 동적으로 수행한다. 따라서 무선 단말의 이동으로 인하여 전파 세기의 신호가 작아지면 데이터 링크 계층과 물리 계층에서 획득한 링크 품질 값을 기반으로 새로운 라우팅 경로를 형성하는 과정을 수행한다. 즉 AODV나 DSR은 라우팅 경로가 손실된 후에 라우팅 경로를 재설정하지만 VLR 기법은 라우팅 경로가 손실되기 전에 재설정한다. 그리고 채널의 품질에 기반을 두어 좋은 라우팅 경로를 선택하기 때문에 패킷 전송의 실패율이 DSR과 AODV 라우팅보다 작다. 또한 무선 단말의 이동이 자주 일어날수록 패킷 전송의 실패율이 증가함을 보여준다. 이는 무선 단말의 이동으로 인하여 라우팅 경로의 유효한 시간이 짧아지기 때문이다. 그리고 네트워크에 유입되는 트래픽이 증가할수록 패킷 전송의 실패율이 증가하는데, 이는 채널 접근의 경쟁이 심해지고 네트워크 혼잡 상태에 가까워지기 때문이다.

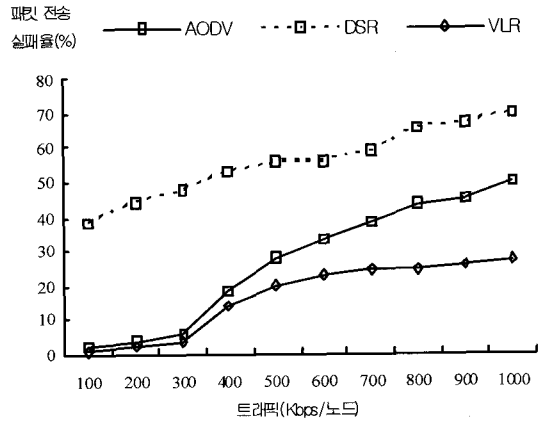


그림 14. 20초마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷 전송 실패율

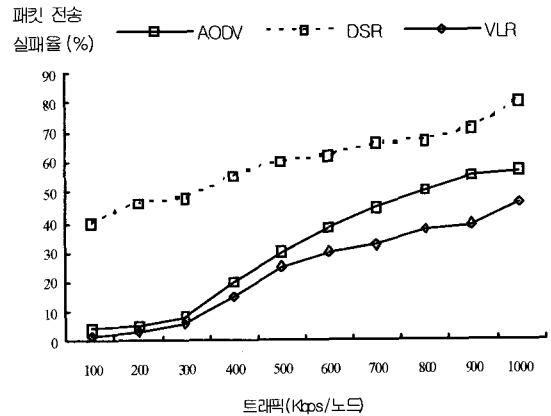


그림 15. 10초마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷 전송 실패율

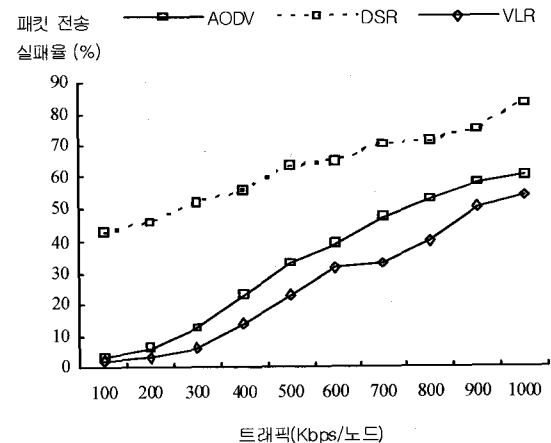


그림 16. 5초마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷 전송 실패율

그림 17부터 그림 19는 무선 단말의 이동에 따른 AODV와 DSR 및 VLR 라우팅에서 패킷의 평균 전송 지연 시간을 보여준다. 패킷의 전송 지연에 대한 시간측정은 ICMP 기반의 Echo Request 및 Echo Reply 메시지를 사용하며, 일정 시간 내에 Echo Reply 메시지가 오지 않는 경우에 재전송을 수행하는 Stop-and-Wait ARQ (Automatic Repeat reQuest) 기법을 IP 네트워크 계층에 구현하였다. 실험 환경은 그림 14부터 그림 16에서 적용한 실험 환경과 동일하다. 그림 17부터 그림 19에서 보는 바와 같이 DSR이 패킷의 평균 전송 지연시간이 가장 크게 나타났으며, 다음으로 AODV와 VLR 라우팅 순으로 지연시간이 작게 나타났다. 앞서 설명한 바와 같이, DSR 라우팅에서는 각각의 무선 단말이 획득한 라우팅 경로 정보를 캐쉬 테이블에 저장하고, 저장된 라우팅 정보를 사용하여 패킷을 전달한다. 그러나 무선 단말의 잦은 이동으로 인하여 캐쉬 테이블에 저장된 라우팅의 정보와 변경된 무선 단말간의 라우팅 경로가 달라진다. 이에 패킷 재전송이 발생하게 되어 패킷 전송 지연시간이 길어진다. 또한, 무선 단말은 중복된 라우팅 경로 설정 요청 메시지에 대하여 모두 응답하기 때문에 무선 단말의 이동에 따른 라우팅 경로 재설정에 많은 시간이 소요된다. 한편, 주기적인 Hello 메시지를 교환하여 라우팅 경로의 유효성을 점검하는 AODV 라우팅은 물리적 위상의 변경에 따른 라우팅 재설정 과정을 DSR 보다 빠르게 대처할 수 있기 때문에 패킷 재전송과 패킷 전송 지연 시간이 감소된다. 그러나 Hello 메시지와 같은 작은 크기의 제어 메시지를 주기적으로 교환하여 라우팅 변화를 관찰하기 때문에 무선 단말 간의 채널 간섭 현상을 발생시킬 수 있다. 이는 무선 단말 간의 패킷 전송 지연과 패킷 손실의 원인이 된다. VLR 라우팅은 AODV와 DSR 라우팅 보다 빠른 패킷 전송 응답시간을 보여준다. 이는 VLR은 라우팅 경로가 손실되기 전에 라우팅 재설정을 미리 수행하여 채널의 품질이 좋은 라우팅 경로를 확보할 수 있기 때문이다. 또한 IP 네트워크 계층에서 메시지 포워딩이 수행되는 AODV 및 DSR 라우팅에서는 수신한 메시지를 IP 네트워크 계층까지 전달해야 하는 오버헤더 과정이 요구되지만, VLR 라우팅은 2.5 계층 기반에서 메시지 포워딩을 수행하기 때문에 AODV 및 DSR 라우팅에서 발생하는 오버헤더가 없

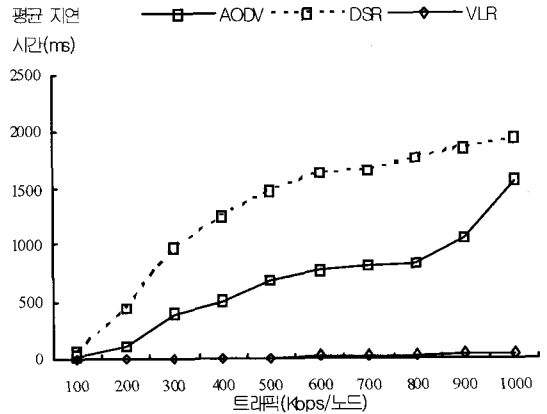


그림 17. 20초 마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷의 평균 전송 지연 시간

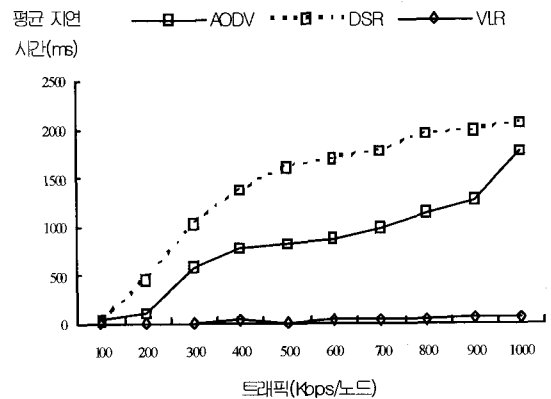


그림 18. 10초 마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷의 평균 전송 지연 시간

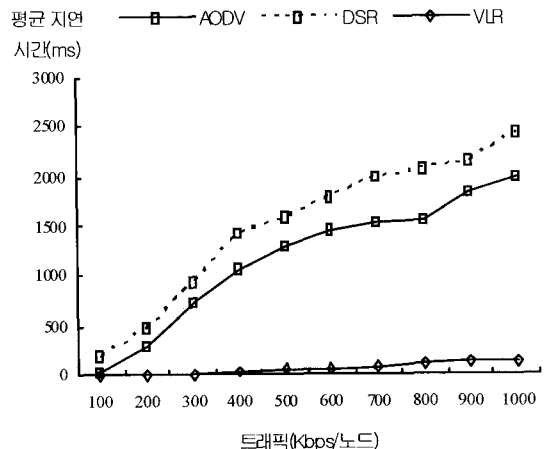


그림 19. 5초 마다 무선 단말이 이동할 때 발생하는 패킷의 평균 전송 지연 시간

다. 한편, 무선 단말의 이동이 자주 일어날수록 라우팅 경로의 유효시간이 짧아져서 라우팅 경로 재설정으로 인한 패킷의 평균 전송 지연 시간이 증가한다. 그리고 네트워크에 유입되는 트래픽이 증가될수록 통신 채널 접근에 대한 경쟁이 심해짐과 동시에 네트워크 혼잡 상태가 발생하기 때문에 패킷의 전송 실패율도 증가하게 된다.

그림 20은 ESCOD 기반 무선 홈네트워크에서 무선 단말이 10초마다 이동할 때 AODV와 DSR 그리고 VLR 라우팅을 각각 적용하여 측정된 무선 홈네트워크의 용량을 보여준다. VLR 라우팅에서 패킷의 전송 지연 시간이 작고, 패킷의 전달 성공률도 높기 때문에 무선 홈네트워크 용량이 AODV와 DSR 라우팅에 비하여 크다.

그림 21는 VLR 라우팅과 기존 AODV 및 DSR 라우팅에서 측정된 종단간의 TCP 성능을 보여준다. 무선 단말 간에 초당 교환되는 트래픽의 양은 16Mbps이다. 윈도우 스케일링은 5 (즉 32배)이며 지연된 ACK를 사용하며, Nagle 알고리즘은 사용하지 않았다. 무선 단말의 이동은 10초마다 발생하도록 하였다. TCP 송수신 버퍼는 최대 170K 바이트이며, 하나의 TCP 연결에 최대 재정렬 가능한 패킷 수는 3개이다. 최대 재전송 시도 횟수는 15번이며, SYN 재전송 시도 횟수는 5번이다. 혼잡 제어 기법은 TCP Reno를 사용하였으며, Keep-Alive 타이머인 경우에는 7200초 동안의 통신대기 후에 75초 간격으로 9번까지 통신 연결 요청을 하도록 설정하였다. 또한 라우팅 프로토콜이 사용되지 않는 1홉의 통신 연결에서 TCP의 성능을 측정하여 VLR 라우팅과 AODV 및 DSR 라우팅이 적용된 TCP의 성능과 비교하였다. 성능을 분석한 결과, VLR 라우팅은 단일 홉 통신에 비하여 60%의 성능을 보여주었다. 이는 단일 홉 통신에 비하여 다중 홉 통신의 성능이 감소되기 때문이다[2]. 또한 VLR 라우팅은 VLI 필드를 포함하고 있는 24 바이트의 가상링크 헤더가 IP 헤더 앞에 추가되는 오버헤드가 있다. 그러나 VLR 라우팅은 AODV 및 DSR 라우팅에 비하여 상대적으로 좋은 성능을 보여주었다. 이는 그림 14부터 그림 20에서 설명한 바와 같이 VLR 라우팅이 AODV 및 DSR 라우팅에 비하여 상대적으로 작은 전송 지연 시간과 패킷 전송 실패율을 제공하기 때문이다.

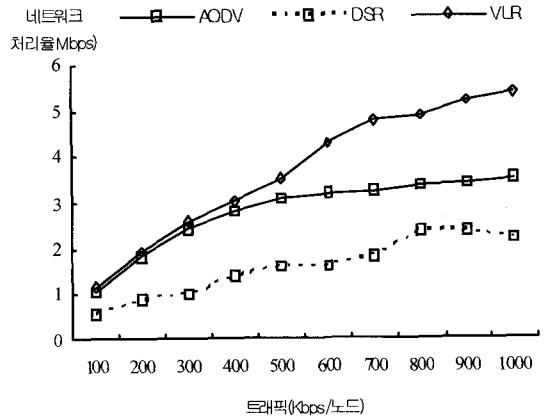


그림 20. 10초 마다 무선 단말이 이동하는 상황에서 측정된 무선 홈네트워크의 성능

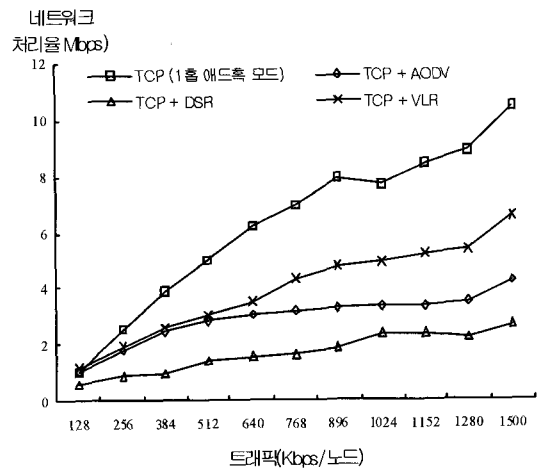


그림 21. VLR 및 AODV와 DSR 라우팅 프로토콜 기반의 TCP 성능

5. 결 론

인프라스트럭처 모드 기반의 무선 홈네트워크에서는 무선 단말간의 통신이 액세스포인트를 통하여 이루어지기 때문에 무선 단말의 수가 증가할수록 액세스포인트에서 병목현상이 발생하며, 무선 단말이 음영 지역으로 이동하면 액세스포인트와 통신이 불가능하여 끊임없는 통신 서비스를 제공하지 못한다. 이에 본 논문에서는 종단간 끊임없는 데이터 전송의 보장과 TCP 성능을 향상시킬 수 있는 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼과 VLR 기법을 제안하였다. 구현된 시스템의 성능을 평가한 결과, VLR을 탑

제한 ESCOD 기반의 무선 홈네트워크 플랫폼은 무선 단말이 매우 빈번하게 이동하는 경우에도 불구하고 TCP의 성능이 단일 홈에 비하여 평균 약 60% 성능을 보여주었으며, 이는 AODV가 약 35%와 DSR이 약 25%에 제한되는 것보다 우수함을 확인할 수 있었다. 또한 AODV 및 DSR 라우팅보다 작은 패킷 전송의 실패율과 빠른 패킷의 평균 전송시간을 제공함과 동시에 기존 인프라스트럭처 모드만을 제공하는 무선 홈네트워크 플랫폼보다 넓은 통신 범위를 제공함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] T. Manodham, L. Loyola, G. Atoche, M. Hayasaka, and T. Miki, "A seamless handoff scheme with new AP module for wireless LANs support VoIP," *Proc. of the Symposium on Applications and the Internet*, Tokyo, Japan, pp. 253-258, January 2006.
- [2] J. Li, C. Blake, D. Couto, H. Lee, and R. Morris, "Capacity of ad hoc wireless networks," *Proc. of the 7th International Conference on Mobile Computing and Networking*, Rome, Italy, pp. 61-69, July 2001.
- [3] J. Chen, S.-H. Chan, He, and S. Liew, "Mixed-mode WLAN: The integration of ad hoc mode with wireless LAN infrastructure," *Proc. of the IEEE Global Telecommunication Conference 2003*, San Francisco, CA, USA, pp. 231-235, December 2003.
- [4] J. Chen, S. Li, S. Chan, and J. He, "WIANI: Wireless infrastructure and ad-hoc network integration," *Proc. of the IEEE Global Telecommunication Conference 2005*, St. Louis, MO, USA, pp. 3623-3627, December 2005.
- [5] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing," *IETF, RFC3561*, July 2003.
- [6] D. Johnson, D. Maltz, and Y. Hu, "The dynamic source routing protocol (DSR) for mobile ad hoc networks for IPv4," *IETF, RFC 4728*, February 2007.
- [7] S. Das, C. Perkins, and E. Royer, "Performance comparison of two on-demand routing protocols for ad hoc networks," *Proc. of IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM)*, Tel Aviv, Israel, pp. 3-12, March 2000.
- [8] B. Kim, Y. Fang, T.F. Wong, and Y. Kwon, "Throughput enhancement through dynamic fragmentation in wireless LANs," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol.54, No.4, pp. 1415-1425, July 2005.
- [9] S. Shakkottai, T.S. Rappaport, and P.C. Karlsson, "Cross-layer design for wireless networks," *IEEE Communication Magazine*, Vol.41, No.10, pp. 112-119, October 2003.
- [10] V. Srivastava and M. Motani, "Cross-layer design: a survey and the road ahead," *IEEE Communication Magazine*, Vol.43, No.12, pp. 112-119, December 2005.



김 병 훈

2006년 2월 부산대학교 정보 컴퓨터 공학부 (학사)
 2006년~현재 부산대학교 컴퓨터 공학과 석사과정
 관심분야 : 매쉬 네트워크, TCP/IP 통신, 실시간 시스템, 큐잉 이론



탁 성 우

1995년 부산대학교 컴퓨터공학과 (학사)
 1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 (석사)
 2003년 미국미주리주립대학교 Computer Science (박사)

2004년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 조교수
 2004년~현재 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소 겸임 연구원

관심분야 : 유무선 네트워크, SoC 설계, 실시간 시스템, 위치인식, 최적화 기법, 그래프 이론, 큐잉 이론