IEEE 802.11s 6-Address 구조를 이용한 On-demand 방식 단말 위치 관리기법

장정훈* · 공종민** · 김종덕***

An On-demand Station Location Management scheme
using 6-address structure of IEEE 802.11s

Jeong-hun Jang* · Jong-min Kong** · Jong-deok Kim***

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의
기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-0001578)

요 약

무선 메쉬 네트워크는 멀티홉으로 구성된 무선 백본 네트워크 기술이다. 이러한 네트워크에서 단말에게 서비스를 제공하기 위해서는 단말 위치관리는 필수적이다. IEEE 802.11s 표준에서는 두 가지 방법의 위치관리 기법을 제시하고 있다. 하지만 제시하고 있는 기법은 불필요한 제어 메시지 발생, 비효율적인 위치정보 유지, 추가적인 지연 시간 발생 등의 단점을 지니고 있다. 본 논문은 일반 트래픽의 6-Address 구조에 담겨 있는 위치정보를 사용하여 On-demand 형태로 작동하는 이동단말의 위치정보 관리기법을 제안한다. 제안방법을 실제 구현을 통해 검증하였으며, 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 해보았다. 분석과 실험 결과를 통해 위치정보 갱신을 위해 발생한 제어 메시지의 감소, 전송을 위한 지연시간 단축 등의 결과를 보여주었다.

ABSTRACT

Wireless mesh networks(WMNs) are wireless backbone networks technology consisting of a multi-hop routers. Location management is essential to provide a service to the terminal in WMNs. IEEE 802.11s standards have two basic location management scheme for location management - the proxy registration procedure and the associated station discovery protocol. These basic schemes, however, suffer from serious drawbacks including redundancy control message, ineffective location information maintenance, additional delay time. This paper propose an on-demand station location management scheme using 6-address structure of IEEE 802.11s. Through analysis and experimental evaluation on simulation, we show that proposal scheme reduce control message and forwarding delay time.

키워드

위치 관리기법, IEEE 802.11s, 6-Address, On-demand

Key word

Location management, IEEE 802.11s, 6-Address, On-demand

* 준회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실

** 정회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실

*** 정회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실(교신저자, kimjd@pusan.ac.kr)

접수일자 : 2012. 12. 28

심사완료일자 : 2013. 01. 26

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.4.829>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무선 메쉬 네트워크는 고정된 환경에서 무선 백본망을 구성하는 기술이다. 유선망의 인프라 구축이 용이하지 못한 환경에서 보다 손쉽게 무선망을 구축하고자 하는 것이 무선 메쉬 네트워크의 목표이다[1]. 멀티홉의 다중 경로를 이용한 높은 신뢰성, 유선랜에 비해 경제적 비용절감 효과, 설치 및 유지 보수가 용이한 점 등 많은 장점을 가지고 있어, 산업이나 U-City, Smart Grid 분야에 많은 관심을 받고 있다. 특히, 산업 분야에서는 특성상 장비가 이동성을 지니고 잦은 핸드오프를 수행한다. 이러한 이동 단말에게 서비스를 제공하기 위해 위치관리는 필수적이다.

위치관리란 멀티홉(Multi-hop) 네트워크에서 단말의 위치정보를 알리거나 획득하는 관리방법을 의미한다. 여기서 위치의 의미는 지리적인 의미가 아닌, 단말이 현재 어떤 라우터에 연결되어 있는지에 관한 것을 의미한다. 이러한 위치정보를 알고 있어야 적절한 라우터에게 포워딩 할 수 있다. 보통 필요한 위치정보를 제어 메시지를 통해 다른 라우터에게 알리거나 획득해온다. 위치정보 관리에 의해 발생하게 되는 제어 메시지와 추가적인 지연시간 발생 문제는 메쉬 네트워크의 성능을 높이기 위해서는 필수적인 요소이다. 위치정보는 <단말 주소, 단말이 연결된 라우터의 주소>로 형성되어 있으며, 이러한 정보는 포워딩 테이블과 별개로 위치정보 테이블에 저장되어진다.

IEEE 802.11s 표준에서는 Proxy Registration Procedure (PRP)와 Associated station Discovery Protocol(ADP)라는 두 가지 방식의 위치 관리기법을 제시하고 있다[2]. 그러나 두 가지 방식은 불필요한 제어 메시지 발생, 비효율적인 위치정보 유지, 추가적인 지연시간 발생 등의 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 6-Address 구조에 담겨 있는 위치정보를 사용한 On-demand 위치정보 관리기법을 제안한다. 2장에서는 IEEE 802.11s에서 제시하는 위치관리 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안하는 위치관리 기법에 대해 알아본다. 4장에서는 제안 기법의 실제 시스템 설계 및 구현, 5장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 이루어진다. 6장에서는 논문에 대한 결론 및 향후 연구에

관하여 논의한다.

II. 관련 연구

IEEE 802.11s 표준에서는 PRP와 ADP[3]를 제시한다. PRP는 IEEE 802.11s의 기본 라우팅 프로토콜인 Hybrid Wireless Mesh Protocol(HWMP)에서 사용하는 기법이다. HWMP에서는 Root의 유무에 따라 크게 On-demand와 Proactive tree building 모드로 나뉜다. 이러한 모드에 따라 PRP도 두 가지 방식으로 나뉘게 된다. ADP는 Radio Aware Optimized Link State Routing(RA-OLSR) 라우팅 프로토콜[4]에서 사용하고 있는 기법이다. PRP와 ADP의 자세한 동작 내용은 다음과 같다.

2.1. Proxy Registration Procedure

2.1.1 Proactive tree building 모드

Proactive tree building 모드는 네트워크 내에 기본적으로 트리 형태를 구성한다. 또한 트리의 루트가 존재한다. 루트 역할의 메쉬 라우터는 네트워크 내의 모든 단말의 위치정보를 가지고 있는 전역 위치정보 테이블을 가지고 있으며, 이를 중심으로 위치정보 관리가 이루어진다.

초기 단계에서는 메쉬 라우터에 단말이 접속 시 해당 메쉬 라우터의 위치정보 테이블을 갱신한다. 또한 자신이 가지고 있는 위치정보를 Proxy Update(PXU)라는 제어 메시지를 통하여 루트의 전역 위치정보 테이블을 갱신한다.

이후 메쉬 라우터가 패킷의 목적지를 위치정보 테이블에서 검색한 뒤 검색 결과가 없을 경우, 패킷을 루트에게 전송한다. 루트가 전역 위치정보 테이블을 가지고 있기 때문에 이를 이용하기 위해서이다. 이때 루트를 통해서 전송이 되기 때문에, 삼각 포워딩 문제가 발생하며 이로 인해 추가적인 지연시간이 발생한다.

최초의 통신 이후 목적지 단말의 위치정보를 해당 메쉬 라우터끼리 PXU 패킷 교환을 통해 주기적으로 위치정보를 갱신한다.

2.1.2 On-demand 모드

On-demand 모드는 위치정보 필요시 해당 메쉬 라우

터가 요청과 대답을 통해 위치정보를 획득하는 모드이다.

그림 1. PRP의 Proactive tree building 모드
Fig. 1 Proactive tree building mode of PRP

초기 단계에서 라우터에 단말이 접속 시 해당 메쉬 라우터의 위치정보 테이블 만 갱신한다. 이후 목적지를 위치정보 테이블에서 검색 뒤 검색 결과가 없을 경우에는 PREQ 제어 메시지에 목적지 단말 주소를 넣고 브로드캐스트 한다. 이를 받은 메쉬 라우터 중 자신에게 접속한 단말과 일치할 경우 PREP 제어 메시지를 통해 위치정보를 전달한다. 이때 위치정보를 획득하기까지 지연시간이 발생한다. 이후 목적지 단말과 소스 단말이 연결된 라우터끼리 PXU 패킷 교환을 통해 주기적으로 갱신한다.

2.2. Associated station Discovery Procedure

ADP는 모든 메쉬 라우터가 전역 위치정보 테이블을 가지고 있다. 이러한 전역 위치정보 테이블을 유지하기 위하여 자신에게 접속한 단말의 위치정보를 담은 LABA 제어 메시지를 주기적으로 플러딩한다. 이를 받은 메쉬 라우터들은 전역 위치정보 테이블에 해당 정보를 갱신한다. 변경사항이 없을 시에는 위치정보를 체크섬을 통해서 내용을 감소시키지만, 발생하는 제어 메시지의 수는 동일하다. 이 기법의 이슈는 플러딩으로 발생하는 상당한 수의 제어 메시지에 있다.

그림 2. PRP의 On-demand 모드
Fig. 2 On-demand mode of PRP

III. 제안방법

표준에서 제안하는 방식의 문제점은 지연시간과 많은 수의 제어 메시지 발생이다. PRP의 On-demand 모드는 request-reply 구조로 인해 위치정보를 요청하고 획득할 때까지의 지연시간이 발생한다. 또한, Proactive tree building 모드는 초기에 루트로 설정된 메쉬 라우터를 거쳐서 가는 삼각 포워딩 문제로 인해 지연시간이 발생한다. 이렇게 발생하는 네트워크의 지연시간은 단말에게 제공되는 서비스에도 영향을 미친다. ADP의 경우에는 위치정보의 사용여부에 관계없이 모든 위치정보를 모든 메쉬 라우터가 주기적으로 제어 메시지를 플러딩한다. 주기적으로 메쉬 라우터가 플러딩하는 많은 수의 제어 메시지는 네트워크의 대역폭 감소로 이어진다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 단말이 발생시키는 IP 트래픽을 이용한 On-demand 형식의 위치 관리기법을 제안한다. 위치정보 갱신을 위하여 별도의 제어 메시지 발생시키지 않고 IP 트래픽의 6-Address 구조에 담긴 위치정보를 이용한다. IP 통신을 위해서는 ARP 과정과 같은 별도의 과정이 이루어지게 된다. 이러한 과정에서 서로간의 패킷이 발생하게 되고, 기존의 방법처럼 별도의 위치관리 제어 메시지를 발생시키는 것이 아니라 IP 통신 동작과정에서 패킷이 발생하게 된다. 이러한 패킷의

6-Address 구조에 위치정보가 담겨있는데 이러한 위치 정보를 활용하여, 네트워크가 추가적으로 발생시키는 제어 메시지를 최소화하였다. 또한, 네트워크에서 별도의 Request-Reply 구조의 제어가 이루어지지 않기 때문에 이중으로 들어가는 지연시간을 줄일 수 있으며, 루트를 사용하지 않기 때문에 루트를 거쳐서 전송할 때 발생하는 지연시간 줄일 수 있다.

제안하는 방법은 IP 트래픽을 이용하기 때문에 IP 통신을 사용하는 단말로 서비스 대상이 제한된다. 하지만 무선 메시 네트워크를 통해 단말이 사용하는 대부분의 서비스가 IP 통신을 바탕으로 한 서비스이다. 따라서 MAC 레벨의 통신을 사용하는 단말을 제외한 대부분의 단말은 사용이 가능하다.

3.1. 최초 위치정보 획득 시 동작

최초 위치정보 교환을 위해 사용되는 별도의 제어 메시지는 없다. IP 통신을 위해 발생하는 ARP 패킷을 이용하여 서로의 위치정보를 갱신한다. ARP[5]란 목적지 IP에 대한 MAC을 획득하는 프로토콜이다. 목적지IP가 담긴 ARP Request를 브로드캐스트한 뒤, 이를 받은 목적지 단말은 자신의 MAC 주소를 담은 ARP Reply 패킷을 전송한다. 이 과정에서 발생하는 패킷의 6-address구조에 담겨있는 위치정보를 활용한다면, 별도의 제어 메시지 없이 서로의 위치정보를 갱신할 수 있다.

여기서 6-address란 IEEE 802.11s에서 메시 네트워크에 연결된 단말에게도 서비스를 지원하기 위하여 기본 4-address에 양 끝 단말의 주소를 추가한 구조이다. 목적지 단말의 주소와 소스 단말의 주소, 목적지 단말이 연결된 메시 라우터와 소스 단말이 연결된 메시 라우터의 주소, 해당 메시 라우터로 가기 위한 다음 홉의 메시 라우터 또는 전송 메시 라우터로 구성되어 있다. 6-address 구조를 살펴보면 위치정보를 포함하고 있으며, 그 중에서 소스 단말의 위치정보는 연결된 메시 라우터가 별다른 관리기법 없이도 항상 알 수 있기 때문에 6-address에 채워 넣을 수 있다. 제안 방법은 패킷에 기본적으로 채워지는 위치정보를 이용하여 메시 라우터의 위치정보를 관리한다.

그림 3. 최초 통신 시 위치정보 획득
Fig. 3 Obtaining location information when initial communication

그림 3은 서로의 위치정보를 갱신하는 과정이다. 소스 단말이 목적지 단말과의 최초의 통신 시에 목적지 단말의 MAC 주소를 획득하기 위하여 ARP Request 패킷을 발생시킨다. 이 패킷은 브로드캐스트이기 때문에 목적지 단말의 위치정보가 필요치 않고 전송된다. 또한 이 패킷에 소스 단말의 위치정보가 들어가게 된다. ARP Request를 받은 D-MP는 목적지 단말에게 해당 패킷을 전달하는 한편, 6-Address에 담겨있는 위치정보를 위치정보 테이블에 갱신하게 된다. ARP Request를 받은 목적지 단말은 ARP Reply 패킷을 전송하게 되며, D-MP는 ARP Request를 통해 획득한 소스 단말의 위치정보를 이용하게 된다.

전달된 ARP Reply 패킷을 받은 S-MP는 소스 단말에게 패킷을 전달하며 6-Address에 담긴 위치정보를 갱신한다. 최초 위치정보 획득 시에는 IP 통신의 기본 동작인 ARP 프로토콜을 통해 서로간의 위치정보를 획득하게 된다. 이때 지연시간과 별도의 제어 메시지는 발생하지 않는다.

3.2. 핸드오프 이후의 동작

핸드오프 이후에 ARP와 같은 역할을 하는 패킷은 발생하지 않는다. 따라서 추가적인 제어는 필수적이다. 제안기법에서는 하나의 라우터에게만 위치정보를 갱신하고, 그를 이용하여 위치관리가 이루어진다.

그림 4. 핸드오프 이후 다운링크에서의 위치정보 갱신

Fig. 4 Update location information of down-link since hand-off

그림 5. 핸드오프 이후 업링크에서의 위치정보 갱신
Fig. 5 Update location information of up-link since hand-off

핸드오프 이후 단말이 새로 접속한 메쉬 라우터 (New-MP)에게 이전에 접속했던 메쉬 라우터(Old-MP)의 주소를 알려준다. 이를 받은 New-MP는 Old-MP가 가지고 있는 이동 단말의 위치정보를 갱신한다.

다른 메쉬 라우터들이 이동단말에게 보내는 패킷들은 위치정보를 새로이 갱신하지 않았기 때문에 Old-MP에게 전달된다. 이렇게 전달된 패킷들은 New-MP에게 재전송된다. New-MP는 전달된 패킷에 담긴 위치정보를 위치정보 테이블에 갱신한다. 만약, New-MP가 Old-MP의 위치정보를 갱신하기 전이라면 Old-MP는 다른 메쉬 라우터가 보낸 패킷들을 버퍼링을 통해 저장한다. 이렇게 저장된 패킷들은 갱신 이후 전송한다.

그림 5와 같이 반대로 이동단말이 상대방 단말에게 보내는 패킷은 위치정보가 없다면 Old-MP에게 보내진다. Old-MP는 이전에 획득했었던 위치정보를 이용하여 상대방 단말에게 전송하게 되고, 상대방 단말이 연결된 메쉬 라우터는 패킷에 들어있는 이동단말의 위치정보를 갱신하게 된다.

IV. 성능평가

각 기법의 성능 평가를 위하여 시뮬레이션을 통해 비교해보았다. 시뮬레이션 환경은 기본적으로 정사각형 형태의 토폴로지로 구성되며, 기본 값으로 $10 * 10$ 으로 설정되어 있다. 여기에 단말들이 연결하게 되며, 초기에 연결되는 위치는 랜덤이다. 단말들은 푸아송 랜덤 확률 분포에 의해 핸드오프를 하며, 평균값은 10초이다.

표 1. 실험 인자들의 기본 값
Table. 1 Default value of experimental factors

인자	기본 값
단말의 수	20
라우터의 수	100 ($10 * 10$)
트래픽간의 간격	10초
트래픽 발생시 전송되는 패킷의 수	10개
핸드오프를 위한 푸아송 랜덤함수의 평균값	10
Root 라우터의 선정	무작위
단말의 초기 위치 선정	무작위

그림 6. 상황별 위치관리 제어 메시지 발생
(a) 핸드오프 빈도 (b) 발생 트래픽 시간 간격 (c) 토폴로지의 라우터 수 (d) 토폴로지의 단말 수
Fig. 6 Occurrence of location management control message by situation
(a) Hand-off frequency (b) Time interval of generated traffic (c) Number of routers in topology
(d) Number of stations in topology

단말은 10초마다 10개의 패킷을 발생시킨다. 이러한 환경에서 표준에서의 2가지 기법과 제안기법의 성능을 평가 해보았다. 여기서 PRP는 On-demand 모드를 사용하였다. 각각의 실험에서는 핸드오프 빈도, 트래픽의 간격, 라우터의 수, 단말의 수를 조절하여 진행하였다.

그림 6의 (a)는 핸드오프 빈도에 따른 실험결과이다. 핸드오프 평균 간격이 짧아질수록 핸드오프 빈도는 높아진다. ADP는 일정한 수의 가장 많은 제어 메시지를 유지하고 있다. 이는 핸드오프 빈도에 관계없이 주기적으로 위치정보 갱신을 위한 제어 메시지를 플러딩하기 때문이다. PRP는 ADP보다 적은 제어 메시지를 보여주고 있으나, 핸드오프의 빈도가 증가할수록 높은 폭으로 증가하는 모습을 보여주고 있다. 이는 새로 접속한 메쉬 라우터에서 이동단말이 통신하는 상대방 단말들의 위치

정보를 새롭게 요청하기 때문이다. 제안방법의 경우에는 새로 접속한 메쉬 라우터가 이전에 접속했던 메쉬 라우터에게만 위치정보를 갱신하면 된다. 따라서 핸드오프 빈도가 증가할수록 제어 메시지는 증가하지만, PRP 보다 낮은 증가폭을 보여주었으며 가장 작은 값을 보여주었다.

그림 6의 (b)는 이동단말이 발생시키는 트래픽의 간격에 따른 실험 결과이다. 모든 기법이 소폭 상승하거나 비슷한 값을 기록하였다. 트래픽의 간격은 제어 메시지에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

그림 6의 (c)는 토폴로지의 메쉬 라우터의 수에 따른 실험 결과이다. 전체적으로 제어 메시지가 상승하였지만, 그 중에서 ADP가 100배 이상의 높은 상승폭을 가짐을 알 수 있다. 라우터가 주기적으로 플러딩을 하는 ADP

의 경우에는 라우터의 수가 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

그림 6의 (d)는 토폴로지의 단말의 수에 따른 실험 결과이다. ADP는 가장 많은 일정한 값을 기록하였고, PRP는 단말의 수의 증가에 큰 증가폭을 보였다. 제안방법의 경우에는 비슷한 증가폭을 보였지만, PRP보다 낮은 제어 메시지를 기록하였다. 이는 PRP와 제안방법이 On-demand 형태의 위치정보를 획득하기 때문이다. 하지만 제안 방법의 경우에는 단말의 IP 패킷을 이용하기 때문에 제어 메시지를 PRP에 비해 작은 수의 제어 메시지를 기록하였다.

V. 결 론

무선 메쉬 네트워크에서 단말에게 서비스를 지원해 주기 위해서는 위치관리는 필수적이다. IEEE 802.11s 표준에서는 두 가지의 위치관리 기법을 소개하고 있다. 하지만 두 가지 기법은 많은 제어 메시지와 추가적인 지연 시간 발생이라는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 일반 트래픽의 6-Address 구조에 담긴 위치정보를 이용한 위치관리 기법을 제안하였다. 분석을 통해 추가적인 지연시간의 감소를 알 수 있었으며, 시뮬레이션을 통해 기존 방법에 영향을 미치는 환경요소를 알아보았다. 시뮬레이션의 실험 결과에서 제안 방법은 기존 방법에 비해 낮은 수의 제어 메시지를 보여주었다.

추후 연구에서는 이동 단말의 이전 접속 메쉬 라우터를 메쉬 네트워크가 스스로 알아내는 네트워크 주도형 위치관리 시스템에 대한 연구를 수행할 것이다. 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-0001578)

감사의 글

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz and X. Wang, "A Survey on Wireless Mesh Networks", IEEE Radio Communications, pp.445-487, March 2005.
- [2] IEEE 802.11s/D3.0. Draft amendment to standard IEEE 802.11: ESS Mesh Networking, March 2009.
- [3] S.-Y. Cho, C. Adjih, and P. Jacquet, "An Association Discovery Protocol for Hybrid Wireless Mesh Networks", Ad hoc Net, 2007.
- [4] IEEE 802.11s/D1.05. Draft amendment to standard IEEE 802.11: ESS Mesh Networking, June 2007.
- [5] Plummer, D., "An Ethernet Address Resolution Protocol - or - Converting Network Protocol Address to 48 bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware", RFC 826i, Symbolics, Inc., November 1982.
- [6] Pyramid Embedded linux, <http://code.google.com/p/pyramidlinux/>
- [7] Madwifi, <http://madwifi-project.org/>

저자소개

장정훈(Jeonghun- Jang)

2011년 2월 부산대학교 정보컴퓨터
공학부
2013년 2월 부산대학교 컴퓨터
공학과 석사

※ 관심분야: WMN, Wifi-Display

공종민(Jong-Min Kong)

2012년 2월 부산대학교 정보컴퓨터
공학부
2012년 2월~현재 부산대학교
컴퓨터 공학과 석사과정

※ 관심분야: mesh, wifi-direct, SDN, nScreen

김종덕(Jong-Deok Kim)

1994년 2월 서울대학교
계산통계학과
1996년 2월 서울대학교 전산학과
석사

2003년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사

2004년~2009년 부산대학교 정보컴퓨터공학과,
조교수

2009년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학과, 부교수

※ 관심분야: 무선통신, 이동통신망, RFID/USN