

무선 메쉬 네트워크 환경에서 프로브 지연을 최소화한 PCISS 기법

조영복^{1*}, 이상호²

¹충북대학교 전자계산학과, ²충북대학교 소프트웨어학과

PCISS Scheme for Minimize Probe Delay in Wireless Mesh Networks

Young-Bok Cho^{1*}, Sang-Ho Lee²

¹Division of computer science, Chungbuk National University

²Division of Software Electrical Information, Chungbuk National University

요약 최근 중소기업의 현장에서도 무선 통신 기술을 활발히 활용하고 있는 추세이다. 무선 메쉬 네트워크는 기존의 무선 네트워크의 단점을 해결하기 위한 차세대 네트워크 기술로 많은 연구가 이루어지고 있다. 무선 메쉬 네트워크는 802.11을 사용하므로 메쉬 클라이언트의 이동시 하드 핸드오버가 발생된다. 네트워크에서 핸드오버의 지연시간의 증가는 이동성에 있어 매우 큰 문제가 된다. 따라서 본 논문에서는 핸드오버 지연시간을 줄이기 위해 이전 채널 정보를 이용한 PCISS(Previous Channel Information based Selective Scanning)을 제안한다. PCISS 기법은 이동하는 메쉬 클라이언트가 가지고 있던 이전 채널 정보를 기반으로 채널을 검색하여 사용하기 때문에 핸드오버 지연시간의 90%이상을 차지하는 프로브지연(Probe Delay)을 최소화할 수 있다.

제안하는 PCISS 기법은 기존 전체 검색과 선택적 검색에 비해 핸드오버 지연 시간을 감소시켜, 링크계층에서 기존 방식보다 6.5배 빠르게 채널을 검색함을 증명하였다.

Abstract Recently Wireless Communication technologies are widely used in Small And Medium Business fields. Wireless mesh networks have been studied as the next generation technology to solve problem of conventional wireless networks. Wireless mesh network uses a 802.11 when make up of network. mesh clients occurs Hard handover moving between ones. This increases the handover latency of the network mobility is a very great issues. Consequently, this paper propose a channel information previously methods to reduce the handover latency selective channels. Proposed scheme accounts for more than 90% of the probe delay to minimize the client had to move the mesh based on the old channel to retrieve information. Through simulation, the proposed scheme had shorter handover delay time than transitional full scan and selective scan. Through results of evaluation, the suggest PCISS scheme more fast 6.5% than transitional scheme.

Key Words : 무선 메쉬 네트워크(wireless mesh network), 핸드오버(Handover), 선택적 채널 검색(Selective Channel Scanning),

1. 서론

본 논문은 중소기업정보기술융합학회 연구과제로 수행되었음.

*교신저자 : 이상호(shlee@cbnu.ac.kr)

접수일(2012년03월25일), 심사완료일(2012년05월07일)

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Networks : WMN)는 동적으로 네트워크를 구성하고 각 노드들 간에

자동적으로 메시 형태의 연결을 설정하고 유지하는 네트워크를 말한다[1][2]. 무선 메시 네트워크는 최소한의 이동성을 유지하면서 무선 메시 네트워크의 백본 네트워크를 구성하는 메시 라우터와 이 메시 라우터에 접속하는 메시 클라이언트 두 가지 형태의 노드로 구성되어 있다.

무선 메시 네트워크는 노드들이 무선으로 연결되어 통신한다는 점에서 Ad-hoc과 비슷한 점을 가지고 있지만 무선 메시 네트워크는 하위 단말들에 대한 기본 연결 구조를 제공하는 것에 중점을 두고 있다. 이러한 기술은 유선을 설치하기 힘든 섬지역이나, 군에서 전장지역과 같은 넓은 지역에 저렴한 비용으로 인프라를 제공할 수 있다. 무선 메시 네트워크는 기존 무선 랜의 제약 조건들을 해결하여 보다 넓은 지역에서 끊김없는(Seamless) 다양한 무선 서비스 지원이 가능한 기술 중 하나로 라우팅, QoS, 보안, 이동성 지원 등은 무선 메시 네트워크에서의 주요한 연구 분야이다. 특히 무선 메시 네트워크에서 서비스 영역 및 서비스 사용자의 메시 라우터 간 이동성으로 인하여 끊김 없는 서비스 지원을 위한 효과적인 핸드오버에 대한 연구는 매우 많은 관심 있는 연구 분야 중 하나이다[7].

메시 클라이언트가 서비스를 받고 있던 메시 라우터와의 링크를 끊고 새로운 메시 라우터와 링크 연결 재설정을 통하여 연속적인 서비스를 받는 과정을 핸드오버라고 하고, 이때 소요되는 시간을 핸드오버 지연시간이라 한다. 핸드오버 지연이 오랜 시간 지속될 경우 실시간성을 요구하는 서비스의 지속적인 서비스를 공급받는데 문제가 발생될 뿐 아니라 많은 양의 데이터 손실로 인해 전체 무선 메시 네트워크의 안정성을 저하시키는 요인이 된다.

따라서 본 논문에서는 중소기업 현장에서도 활용도가 점차 높아지는 추세에 있는 무선 통신 기술의 보다 적극적인 활용을 위하여 무선 메시 네트워크에서 발생하는 핸드오버 지연 시간을 최소화하기 위한 방안으로 링크계층에서 이전 채널정보를 기반으로 선택적 채널선택 기법(PCISS)을 제안한다. 기존 핸드오버 지연시간 중 90%를 차지하는 프로브 지연시간을 PCISS기법을 이용해 단축시킬 수 있는 메시 클라이언트를 설계 및 구현한다. 메시 라우터는 이동성을 보장하기 위해 모바일 IP와 멀티홉 라우팅 기능을 위한 OLSR 라우팅 프로토콜을 실제 메시 라우터에서 데몬 형태로 설계 및 구현한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로

무선 메시 네트워크와 핸드오버 수행과정을 설명하고 3장에서는 제안기법인 PCISS기법에서 핸드오버를 위한 환경을 설계한다. 4장에서는 설계된 제안 방법의 실험 및 결과와 5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 무선 메시 네트워크

무선 메시 네트워크는 Ad-hoc네트워크와 달리 하위 노드들에게 인터넷에 접속할 수 있는 기반을 제공하는 목적으로 연구되고 있는 네트워크의 형태이다. 즉 유무선 망의 백본을 [그림 1]에서와 같이 802.11 구조를 이용함으로써 전송속도와 링크의 신뢰성을 높이는데 목적을 두고 있다.

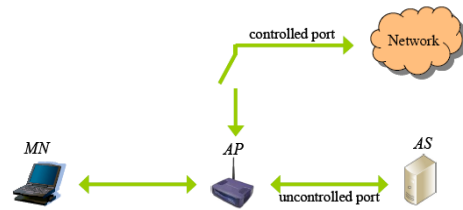


그림 1. IEEE 802.11 구조
Fig 1. IEEE 802.11 structure

네트워크는 메시 라우터(Router) 또는 릴레이(Relay)로 구성되어 있으며, 이웃 메시 라우터/릴레이들과 1:1접속이 아닌 다중 접속을 허용하는 형태로 구성되어 있다. 메시 라우터/릴레이는 직접 또는 간접적으로 인터넷에 연결되어 메시 라우터/릴레이에 접속된 단말들에서 인터넷 서비스를 제공한다.

무선 메시 네트워크는 무선 상의 고정 또는 이동성 노드로 구성되고, 정의된 토폴로지에 의해 무선백본으로 수행한다. 무선 메시 네트워크의 하위 구조는 기존의 무선기술 IEEE 802.11a/b/g 또는 무선 센서네트워크, 유선랜 구조가 될 수 있다. 또한 이 네트워크에서 성능향상을 위해서 여러 개의 게이트웨이를 통해 인터넷에 연결된 형태를 가질 수 있다.

2.2 핸드오버

핸드오버에는 두 가지 종류가 있다. 하나는 새로운 통

화 채널을 열기 전에 기존의 채널을 먼저 끊는 하드 핸드 오버가 있으며 다른 하나는 기존의 채널을 끊기 전에 통화 채널을 먼저 연결하는 소프트 핸드오버가 있다. 무선 메쉬 네트워크 환경에서 메쉬 노드가 이동함에 따라 새로운 메쉬 라우터와의 서비스 연결을 위한 핸드오버가 수행되며, 핸드오버 수행 과정은 채널 검색 과정 (Probe scanning), 인증 과정 (Authentication), 재 연결 과정 (Re-association)으로 구분한다[8].

가. 채널 검색 과정 (Probe scanning)

메쉬 클라이언트가 AP에서 멀어지며 이동할 때 수신하는 신호의 세기와 그 밖의 네트워크 환경의 악화로 인해 핸드오버를 시작하게 된다. 이때, 메쉬 클라이언트는 주위 AP로부터 핸드오버 수행에 필요한 정보를 획득하기 위해 전체 채널을 대상으로 한 채널 검색 과정이 필요하다. 이때 메쉬 클라이언트는 해당 채널로부터 프로브 응답 메시지를 수신 받기 위해 대기하는 시간인 프로브 응답 대기 시간 (Probe Response Wait Time)과 각 채널에서 프로브 메시지를 통해 정보를 획득하기 전 채널 변경에 요구되는 지연 시간인 채널 스위칭 시간(Channel Switching Time)이 소요된다.

나. 인증 과정 (Authentication)

메쉬 클라이언트는 채널 검색 과정을 통해 획득한 주위 AP의 정보들을 토대로 새로운 AP를 선택하게 되면, 인증 과정을 수행한다. 이 과정은 메쉬 클라이언트가 새로운 AP에게 자신이 유효한 노드라는 사실을 증명함으로써 인증을 받는 과정으로, 예전의 AP로부터 자격정보와 상태정보의 이동 및 교환을 포함한다.

다. 재 연결 과정 (Re-association)

메쉬 클라이언트는 인증 과정이 완료 된 후 이동 단말은 새로운 AP와 다시 연결해 통신을 지속해야 할 필요가 있는데 이는 재 연결 요청/반응 프레임 (Re-association Request /Response Frame)의 교환을 통해서 이루어진다. 요청 프레임은 새로운 AP가 예전 AP와 통신하기 위해서 예전 AP의 물리적 MAC 주소를 가지고 있어 보다 효율적인 핸드오버를 지원한다. 이러한 교환 방식을 이용해 단말은 새로운 연결 계정을 할당받고, AP는 적절한 통신을 위해 새로운 AP에서 제공되는 전송 속도 등의 필요한 정보를 알려주게 된다.

2.3 핸드오버 절차

그림 2는 데이터 링크 계층에서의 핸드오버 과정을 보여주고 있다. WMC(MN)(Wireless Mesh Client)는 메쉬 클라이언트를 WMR(FA)(Wireless Mesh Router)는 MN(Mesh Node)이 이동한 후에 접속을 시도하는 Foreign Networks의 메쉬 라우터를 말한다. 그림 2의 핸드오버 절차에서 핸드오버 지연시간의 90%는 프로브 지연이 차지한다.

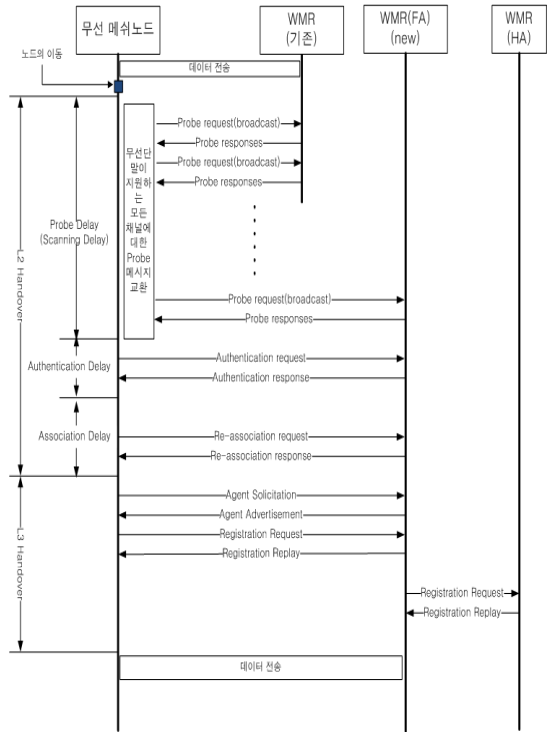


그림 2. 핸드오버 절차
Fig 2. Handover Step

3. 프로브 지연을 최소화하는 PCISS

이 절에서는 무선 메쉬 네트워크 환경에서 핸드오버 지연시간을 줄이기 위해 이전 채널 정보를 선택적으로 추출하여 프로브 지연을 최소화하는 PCISS 기법을 제안한다.

3.1 개요

PCISS 기법은 그림 3처럼 무선 메쉬 네트워크에서 발

생되는 핸드오버 지연 시간을 최소화하기 위해 선택적 채널 검색 기법을 사용한다. PCISS 기법은 링크 계층에서 이전 채널 정보를 기반으로 선택적으로 채널을 선택하기 때문에 기존 핸드오버 지연 시간 중 90%를 차지하는 프로브 지연시간을 단축하고 있다. 그림 3의 채널 검색 과정에서는 채널을 할당하기 위해 채널을 검색하는 과정 중에 이미 사용되고 있는 채널을 이동한 메쉬 클라이언트가 가지고 있는 이전 채널 정보를 기반으로 할당되지 않은 근접한 채널만을 선택하도록 검색한다.

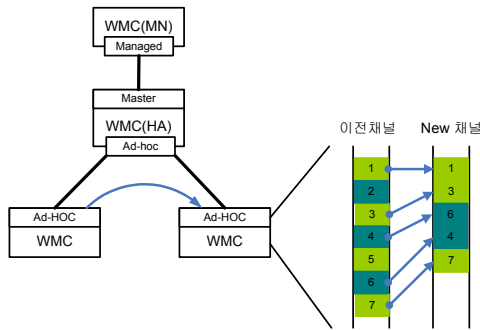


그림 3. PCISS 개요
Fig 3. PCISS Overview

3.2 PCISS 알고리즘

표 1은 무선 메쉬 네트워크에서 발생하는 핸드오버 지연 시간을 최소화하기 위해 제안 기법에서 사용하고 있는 선택적 채널 선택 알고리즘을 나타내고 있다. PCISS 알고리즘은 이전 채널 정보를 선택적으로 검색하여 적당한 채널 정보를 탐지하였을 경우에는 이전 채널의 정보를 기반으로 겹치지 않는 채널을 추출하여 선택적으로 채널을 선택하여 WMR을 탐지한다. 반면 채널 정보를 검색한 결과 적당한 채널 정보를 탐지하지 못하였을 경우에는 전체 채널 정보를 반복적으로 재검색하여 WMR을 탐지하도록 한다.

채널 정보 검색 후 WMR을 탐지할 때 WMR이 정확하게 탐지된다면 PCISS 알고리즘은 인증과 협상 과정을 통해 핸드오버를 종료하고 만약 WMR을 정확하게 탐지하지 못하면 WMR을 탐지할 때까지 WMR 탐지 과정을 반복적으로 수행한다.

표 1. PCISS 알고리즘
Table 1. PCISS Algorithm

```

TC : 전체 채널
PC : 이전채널
for 각각의 v ∈ TC(G)
    do mark[v] ← FALSE // 채널 구성
      MAKE-SET(v)
for each c ∈ mark[v]
    do if mark[c] = FALSE // 이전채널 탐지
      then FIND-SET(TC) // 전체 채널 탐지
      mark[c] ← mark[v] ← TRUE
TC[G'] ← {FIND-SET(v) : v ∈ TC[G]}
for 각각의 n ∉ TC[G']
    do x ← FIND-SET(n) // 선택된 채널을 검색
      if WMR = FALSE // WMR 탐지하지 못하면
        x' ← FIND-SET(n)
      else
        Authentication & association
    
```

3.3 PICSS 동작과정

PCISS 기법의 동작과정은 채널 정보 확인 과정, 중복 채널검색 과정, 채널 스캐닝, 인증과 재 연결 과정 등의 4단계로 구성되며 세부적인 동작 과정은 그림 4와 같다.



그림 4. PICSS 동작과정
Fig 4. PICSS Process

Step1. 핸드오버 과정이 시작되면 우선 이전 채널 정보가 존재하는지 확인한다. 이전 채널 정보가 없다면 핸드오버 과정이 아니라 처음 무선 인터페이스가 활성화된 상태이므로 전체검색(Full Scanning)을 통해 WMR에 Association 한다.

Step2. 이전 채널의 정보를 기반으로 겹치지 않는 채널을 검색한다. 예를 들어 이전 채널이 1이라면 이전 채널과 겹치지 않고 구성할 수 있는 채널은 6과 11이다. 마찬가지로 이전 채널이 6이면 이전 채널과 겹치지 않고 구성할 수 있는 채널은 1과 11이다. 이처럼 이전 채널과 겹치지 않는 채널을 선택한다.

Step3. 선택된 채널을 스캐닝 한다.

Step4. 선택된 채널에서 스캐닝을 하였을 때 WMR가 발견되었다면 발견된 WMR 중에서 제일 좋은 WMR와

인증 과정과 재 연결 과정을 거친 후 핸드오버 과정이 마무리 된다. 만약 선택한 채널에서 WMR이 발견되지 않을 경우 전체 스캐닝을 통해 새로운 AP에 association 한다.

4. 실험 및 결과

이 장에서는 기존 기법보다 핸드오버 지연시간을 줄이는 PCISS 모델의 실험 및 평가를 객관적으로 평가하기 위해 NS-2 시뮬레이터를 사용한다.

4.1 실험환경

실험의 결과를 객관적으로 평가하기 위해서 실험은 NS-2 시뮬레이터를 사용하였으며, 실험 환경은 [그림 5]와 같이 세 개의 메쉬 라우터와 두 개의 메쉬 클라이언트로 구성하였다.

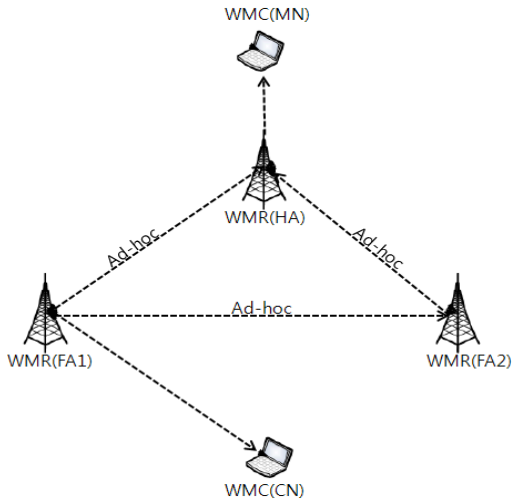


그림 5. 무선 메쉬 네트워크 실험환경
Fig 5. Wireless Mesh Network

그림5의 실험환경에서 메쉬 클라이언트가 이동할 경우 발생하는 핸드오버에서 프로브 과정에 검색되는 채널 수와 지연시간을 실험하였다.

4.2 실험방법

WMC(MN)가 WMR(HA)에서 WMR(FA2)로 이동하였을 때 WMC(MN)와 WMC(CN)가 어떻게 통신하고 있

는지를 나타낸다. WMC(MN)가 WMR(HA)네트워크에서 WMR(FA2) 네트워크로 이동하면, 우선 WMC(MN)는 데이터 링크 계층에서 핸드오버를 시작한다. Probe 과정, 인증과정, 재설정 과정을 거쳐 WMC(MN)는 WMR(FA2)로 핸드오버를 하고 네트워크 계층에서의 핸드오버를 시작한다. WMC(MN)는 WMR(FA2)가 주기적으로 발송하는 에이전트 광고 메시지를 수신함으로써 자신이 WMR(FA2) 네트워크에 속해있는지를 알게 된다. WMC는 WMR의 주소를 CoA로 가지고 WMR(FA2)에게 자신의 위치 정보를 업데이트하기 위해 WMR(FA2)에게 등록요청 메시지를 보낸다.

WMR(FA2)는 이 메시지를 WMR(HA)로 포워딩해주며 WMR(HA)는 위치 등록 메시지에 적힌 CoA가 현재 WMC(MN)의 접점이라는 정보를 등록한다. 이때 WMC(MN)로 향하는 패킷은 터널링을 통해 WMC(MN)로 전달 될 수 있다. 따라서 WMC(CN)가 WMC(MN)로 보내는 패킷을 전달받은 WMR(HA)에서는 디캡슐레이션이 일어나며 WMR(FA2)에서는 디캡슐레이션이 일어난다. 그림 6은 각 메쉬 클라이언트와 메쉬 라우터의 구조이다. 실험환경에 사용된 메쉬 클라이언트와 메쉬 라우터는 그림 6과 같은 소프트웨어 구조를 갖는다.

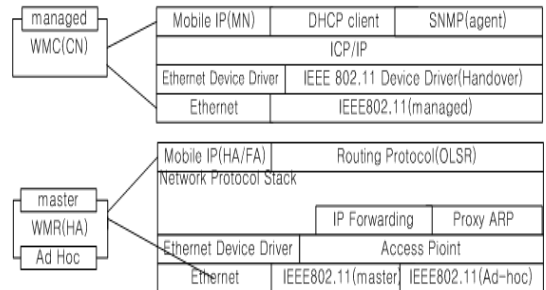


그림 6. 메쉬 클라이언트와 메쉬 라우터의 구조
Fig 6. The Structure of mesh client and mesh router

4.3 실험결과

MN이 FA2로 이동시 핸드오버가 발생되고 이때 Full Scanning 방법과 제안하는 PCISS 방법을 통해 Probe 지연에 대한 시간을 측정하였다. 효과적인 실험을 위해 이웃 노드를 3으로 고정하고 실험하였다. 그림 7은 MN이 이동시 핸드오버가 발생하는 PCISS방법을 위한 환경이다.

5. 결론

이 논문에서는 IEEE 802.11 무선 메쉬 네트워크 환경을 기반으로 메쉬 노드의 이동에 의해 발생하는 핸드오버 지연 시간 중 90% 가량을 차지하는 채널 탐색 과정의 문제점을 분석하고 해결방안으로 PCISS 기법을 제안하였다. 프로브 지연을 고려한 PCISS 기법은 채널을 검색하는 경우 기존 모든 채널을 대상으로 브로드캐스팅하는 방식에서 이전 사용되었던 채널정보를 이용해 채널 재검색 시 기존에 사용되고 있는 채널을 제외하고 검색을 수행한다. 따라서 채널 검색시간을 단축하였다. 또한 검색된 채널은 모두 사용에 유용한 채널이 검색되었으므로 채널 할당에서 발생하는 지연을 줄일 수 있었다. 프로브 지연을 고려한 PCISS 기법은 핸드오버 지연시간을 기존 방식에 비해 약 6.5배 가량 효과적으로 빠르게 수행하고 있음을 시뮬레이션을 통해서 확인하였다. 제안 방법을 중소기업의 현장에 보다 적극적으로 적용할 수 있어 우리나라 중소기업의 경쟁력 제고에 기여할 수 있을 것이다.

향후 연구로는 이동이 잦은 무선센서네트워크 환경을 고려해 제안 알고리즘을 확장해 보다 이동성이 고려된 환경에서 사용할 수 있는 연구와 무선의 특성을 고려해 안전한 통신이 이루어질 수 있도록 보안성 측면에서의 연구가 진행되어 할 것이다.

참고 문헌

- [1] R. Bruno, M. Conti, and E. Gregori, "Mesh Networks: Commodity Multi hop Ad Hoc Networks," IEEE Communication Magazine, vol. 43, no. 3, pp. 123-131, March 2005.
- [2] J. Xi and C. Bettstetter, "Wireless multihop internet access: gateway discovery, routing and addressing," in Proc. the International Conference on Third Generation Wireless and Beyond (3Gwireless'02), May 2002.
- [3] Ian F. Akyildiz, Georgia Institute of Technology, Xudong Wang, Kiyon, INC "A Survey on Wireless Mesh Network", IEEE Radio Communication, pp. 23-30, September 2005.
- [4] K. Sanzgiri, D. Laflamme, B. Dahill, B. N. Levine, C. Shields, and E. M. Belding-Royer, "Authenticated Routing for Ad Hoc Networks", IEEE Journal on Selected Areas in

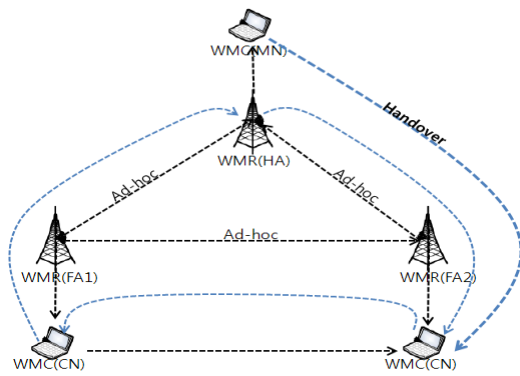


그림 7. MN이 HA에서 FA2로 이동한 경우
Fig 7. MN is Moving HA to FA2

그림 8은 각각의 전체검색, 선택적 검색 제안기법을 이용한 이웃노드에 대한 채널 검색수와 채널 검색 시 소요되는 지연시간을 나타낸 것이다. 그림 8에서 보여지듯 제안 방법은 기존 전체 검색과 선택적 검색 방법에 비해 핸드오버 지연시간이 평균 6.5배정도 빠름을 알 수 있다.

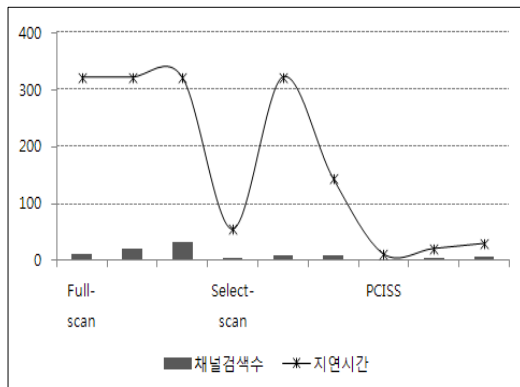


그림 8. 채널검색 수와 지연시간
Fig 8. Channels scan and Delay time

제안기법에서는 사용채널을 선택하는 경우가 발생되지 않는다. 제안 기법에서는 이전 채널의 정보를 이용해 이미 사용하고 있는 채널은 검색 대상에서 제외함으로써 중복 채널 문제를 해결하였다. 또한 검색된 채널은 사용되지 않는 채널을 대상으로만 검색하기 때문에 채널을 검색하는 경우 발생하는 지연시간 또한 효율적임을 보여준다.

Communications, Vol. 23, no. 3, Mar. 2005, pp.598-610.

[5] M. M. Islam, R. Pose, and C. Kopp, "Suburban Ad-hoc Networks in Information Warfare", in Proc. 6th Australian Info War Conference, Geelong, Australia, Nov. 24-25, 2005.

[6] Sanghyo Kim, Samrat Ganguly and Rauf Izmailov, "Seamless Handoff Support in Wireless Mesh Networks," in Proc. of IEEE WOACN, Sept. 2006.

[7] Yong Liao and Lixin Cao, "Practical schemes for smooth MAC layer handoff in 802.11 wireless networks," in Proc. of IEEE WoWMOM, Jun.2006.

[8] Young-Bok Cho, Sung-Hee Woo, Sang-Ho Lee, Efficient Key Distribution Scheme for Secure Routing in Wireless Mesh Network Environment, Proceeding of the 7th WSEAS International Conference on INFORMATION SECURITY and PRIVACY (ISP '08) Cairo, Egypt, ISBN: 978-960-474-048-2, Dec, 29-31, 2008, pp. 79-82

[9] 김민, 김화성 "Mobile WiMAX 기반의 무선 메시 네트워크에서 끊김없는 2계층 핸드오버 방안" 한국통신학회 논문지 제 34권 제 2호 , 2009, pp. 113-123

[10] 차시호,류민우,조국현,조민호,"IEEE 802.11b/g 무선 메시 네트워크를 위한 클러스터 기반 채널 할당 알고리즘", 전자공학회 논문지,CI 제46권 제4호 통권 제328호,2009, pp.87-93

저 자 소 개

조 영 복(Young-bok Cho)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한밭대학교 컴퓨터 공학과 (공학학사)
- 2005년 8월 : 충북대학교 전자계산학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 충북대학교 전자계산학과 (공학박사)

<관심분야> : 센서네트워크, 라우팅, 클러스터링, 정보보안

이 상 호(Sang-ho Lee)

[정회원]



- 1989년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 박사
- 1981년 3월~현재 : 충북대학교 전자정보대학 교수

<관심분야> : 컴퓨터네트워크, 정보보호, 데이터통신