

BcN에서 멀티 홉 사용자 액세스 망 수용을 위한 자동 주소 설정

박 일 균[†] · 김 영 한^{††}

요 약

MANET(mobile ad hoc network)은 BcN(broadband convergence network)의 액세스 망 중의 하나가 될 수 있으며 이를 통해 접속되는 사용자 노드는 코어망에 멀티홉으로 접속되므로 기존과 다른 새로운 주소 자동 설정 기능이 요구된다. 이에 관련하여 기존 유선 BcN 기반 자동 주소 설정 방식에서 단말의 이동성을 감안한 독립형 MANET의 자동 주소 할당 방식들이 제안되었으나 내부 BcN 망과 연결되는 형태의 액세스 망으로서의 MANET에 관한 주소 설정 방식은 고려되지 않고 있다. 본 논문에서는 무선 노드들이 BcN 게이트웨이를 통해 BcN 코어망에 접속할 수 있는 하이브리드 MANET 환경에서의 전역 주소의 할당 기능이 포함된 새로운 자동 주소 할당 방식을 제안하였다. 제안된 방법은 기존 IPv6 NDP(neighbor discovery protocol) 메시지 및 추가 확장을 통해 전역 주소에 사용되는 프리픽스 정보를 모든 모바일 노드들에게 전달할 수 있도록 했으며, 메시지 브로드캐스팅을 사용하지 않으므로써 네트워크 성능에 주는 영향을 최소화하였다.

키워드 : 광대역 통합망, 무선 멀티홉 네트워크, 주소 자동 설정

Address Auto-configuration in Broadband Convergence Networks for Supporting Multi-Hop User Access Networks

Ilkyun Park[†] · Younghan Kim^{††}

ABSTRACT

MANET(mobile ad hoc network) can be one of the access networks of BcN(broadband convergence network), and an user node requires address auto-configuration protocol for multi-hop environment. Some address auto-configuration protocols are proposed for independent MANET, but they don't consider BcN-accessible MANET environment. In this paper, new address auto-configuration protocol for wireless nodes is proposed. With this proposal, they can configure their global addresses automatically in hybrid MANETs as BcN access networks. The autoconfiguration protocol modifies IPv6 NDP(neighbor discovery protocol) messages to deliver global prefix information to all wireless nodes, and avoids message broadcasting to minimize network overhead.

Key Words : Broadband Convergence Network, Wireless Multi-hop Network, Address Autoconfiguration

1. 서 론

광대역통합망(BcN)은 통신, 방송, 인터넷이 융합된 품질보장형 광대역 멀티미디어 서비스를 언제 어디서나 끊임없이 이용할 수 있는 차세대 통합네트워크이다[1]. BcN에는 다양한 종류의 유무선 접속(access) 네트워크들이 수용될 수 있으며 이 중 무선 다중 홉 네트워크인 MANET(mobile ad-hoc network)도 포함될 수 있다. MANET은 네트워크 인프라 없이 사용자의 통신 단말들에 의해 구성되는 네트워크이나 BcN 코어망과의 게이트웨이(gateway)를 통해 하나의 액세스망으

로서 BcN 내부망과 연결될 수 있다. 이와 같은 하이브리드형 MANET에서의 사용자 단말들은 기존 독립형 MANET에서 처럼 노드 간 패킷의 전달 뿐 아니라, BcN 게이트웨이로 패킷을 전달함으로써 외부 네트워크 상의 호스트와 통신이 가능하게 된다[2].

BcN 게이트웨이는 MANET을 BcN 코어망에 연결시키는 접속점으로서 한쪽은 MANET에 접속되어 일반 MANET 노드와 같은 기능을 제공하며, 외부 네트워크로 통신을 하려는 MANET 노드들에게 자신을 통해 거쳐가는 경로 정보를 제공한다. 다른 한 쪽으로는 BcN 코어망에 접속하여 해당 네트워크의 라우팅 프로토콜을 이용하여 MANET에 접근하기 위한 경로 정보를 제공한다.

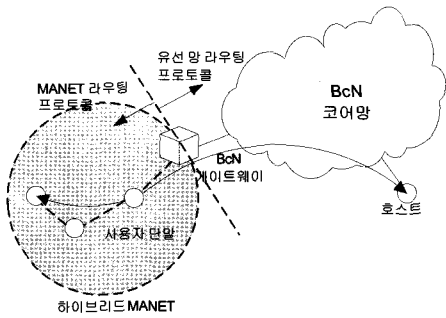
이러한 멀티 홉 액세스 망을 통해 접속되는 사용자 단말들은 기존 유선 또는 단일 홉 액세스 망(예: 무선랜, 휴대인터넷)

* 본 논문은 정보부지원 BcN 엔지니어링 ITRC 지원결과임.

† 정 회 원 : 송실대학교 정보통신공학과 박사과정

†† 중 심 회 원 : 송실대학교 정보통신전자공학부 부교수

논문접수 : 2005년 8월 2일, 심사완료 : 2005년 10월 6일



(그림 1) 하이브리드형 MANET 액세스 네트워크 모델

에서의 주소 설정 기법을 그대로 사용할 수 없다. 기존 유선 네트워크에서는 주소 할당을 위한 방식으로 DHCP(dynamic host configuration protocol)[3] 또는 IPv6 SAA(stateless address auto-configuration)[4-5] 등을 사용하고 있으나 멀티 홉 액세스 환경에서는 이들 프로토콜을 그대로 사용할 수 없다. 멀티홉 환경에서는 사용자 단말들의 이동과 이에 따른 액세스 노드 간의 망 구성형태가 변함으로 인해 MANET의 병합, 분리가 발생하여 임의 할당한 주소의 경우 중복 주소가 발생하며 이의 탐지가 어렵거나, 높은 네트워크 부하를 유발시키게 된다. 또한 BcN 게이트웨이를 통해 내부 네트워크와 연결되기 때문에 기존 독립형 MANET에서 설정되는 자동 지역(local scope, MANET-scope) 주소 외에도 BcN 상의 다른 호스트와 통신할 수 있는 전역(global scope) 주소가 필요하다. 따라서 이와 같은 동적인 MANET 네트워크 환경에서 MANET 노드들에게 전역 프리픽스(prefix) 정보를 알려주기 위한 방법이 필요하다[6].

본 논문에서는 기존 IPv6 SAA를 기반으로 하여 하이브리드 MANET 환경에서 전역 주소를 할당하는 방식을 제안하였다. 제안한 방식에서는 MANET과 외부 유선 네트워크와의 접속점에 해당하는 BcN 게이트웨이에서 MANET 노드들의 주소 할당 정보를 관리하고 DAD 절차에서 브로드캐스팅 방식을 피함으로써 대역폭 감소에 의한 네트워크 성능 저하 문제를 개선하였다. 기존 HAA 제안[6]을 기반으로 lifetime 영역 및 오류 비트를 추가하여 알고리즘을 보강하였으며, 프로토콜의 상태 전이 단계를 개선하였다. 또한 구체적인 구현 방법과 구조를 설명하고, 실험을 통해 본 제안 방식의 기능을 검증하였다.

논문 구성은 다음과 같다. 2장은 관련된 기존 연구 내용들을 고찰한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 방식들을 기술하고, 노드의 이동성에 따른 대처와 loop 형성에 대한 대응 방안, 그리고 기존 방식과의 성능 비교한다. 이어 4장에서는 제안 방식을 구현하여 실험한 결과를 살펴보고 5장에서는 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1. 유선 네트워크 기반의 주소 자동 설정 기술

유선 네트워크 환경에서의 자동화된 주소 설정 기술 중 하

나인 DHCP는 DHCP 서버가 주소 할당 정보를 관리하는 상태 관리 기반의 주소 할당 방식이다. 주소를 필요로 하는 호스트는 DHCP_DISCOVER와 DHCP_OFFER 메시지로 DHCP 서비스를 검색하며, DHCP_REQUEST와 DHCP_ACK 메시지로 주소를 할당 받는다. 또한 IPv6 SAA는 각 호스트가 자신의 인터페이스 ID 영역을 결정하고, 동일 서브넷 상의 라우터로부터 default router 및 프리픽스(prefix) 정보를 받아 이를 결합하여 주소를 할당하는 방식이다. 인터페이스 ID를 결정할 때, 다른 호스트에서 같은 값의 ID를 사용하는 지 여부를 확인하기 위해 NDP(neighbor discovery protocol) 메시지를 이용한 DAD(duplicate address detection) 과정을 수행한다.

DHCP 및 IPv6 SAA 방식은 유선 네트워크 환경을 모델로 하여 설계된 기술로, 무선 분산 기반 다중 홉 전달 방식의 MANET 환경에서는 부적합하다. 두 방식에서 사용하는 메시지들은 한 홉 이상 전달될 수 없는 메시지들이며, 따라서 다중 홉 전달 환경에서는 그 사용 범위가 한정된다. DHCP의 경우 DHCP 릴레이 기능을 사용할 수 있으나 모든 MANET 노드들에 DHCP 릴레이 기능을 추가해주어야 한다. 또한 DHCP의 경우 MANET과 같이 네트워크 인프라가 없는 분산 기반 환경에서는 DHCP 서버의 설치가 불가능하며 MANET 노드들에 대한 주소 할당 작업을 원활하게 수행할 수 없다. 따라서 MANET 환경을 고려한 새로운 주소 할당 방식들이 제안되었다.

2.2. MANET 기반의 주소 자동 설정 방식

DHCP와 IPv6 SAA는 앞서 언급한 바와 같이 MANET 환경에서는 모든 노드들에게 주소 할당 기능을 제공할 수 없다. 이를 보완하기 위해 첫 번째로 IPv6 SAA를 수정하여 NDP 메시지를 MANET 내의 모든 영역에 걸쳐 전달될 수 있도록 하고, MANET에서의 적절한 DAD 기능 수행을 위해 SAA에서의 자동 지역 주소의 한 종류인 link-local 주소 대신 site-local 주소를 사용하도록 하는 방식이 제안되었다[7]. 그러나 이 방식을 사용할 경우 신규 노드에 의한 DAD 수행 시 또는 두 MANET의 병합(merging) 시 NDP 메시지의 브로드캐스팅으로 인한 네트워크의 심각한 성능 저하가 발생한다. 또한 독립형 MANET 환경에서의 주소 할당만 고려했기 때문에 별도의 전역 주소 할당 기능이 필요하다.

주소 할당에 필요한 메시지를 MANET 라우팅 프로토콜 메시지에 같이 실어서 전달하는 방식도 제안되었다. Jeong 제안 방식[8]은 신규 노드에 의한 DAD를 위해 AODV RREQ 메시지에 AREQ 메시지를 실어서 전달한다. 이 방식을 사용할 경우 주소 할당에 필요한 별도의 네트워크 부하가 필요 없다는 장점이 있지만 MANET 라우팅 프로토콜에 의존적인 방식이 된다는 단점이 있다. 또한 각 노드의 DAD 수행 횟수는 해당 노드의 트래픽 세션 생성 횟수에 비례하여 증가하며, 주소의 중복이 확인될 경우 DAD 기능을 수행한 노드의 주소가 바뀌어야 된다. 따라서 능동적인 노드일수록 자신의 주소를 바꾸어야 하는 횟수가 증가하는 불공정성(unfairness)이 발생한다.

MANETconf[9]는 분산 기반 DHCP(Distributed DHCP, DDHCP)에 의한 주소 할당 방식으로서 제안되었다. MANETconf에서 모든 MANET 노드들은 IP 주소 할당 상태를 계속 추적한다. 새로운 노드가 MANET에 접속했을 경우에는 이웃한 기존 노드들 중 한 노드가 이 새 노드에게 주소를 할당한다. 그 후 주소 할당 정보를 MANET 내 모든 노드들에게 뿌림으로써 각 노드들은 지금까지 할당된 주소 정보를 파악한다. 또한 동시에 다른 두 노드가 같은 주소를 할당하게 되는 문제를 해결하기 위해, 주소를 할당하기 전에 먼저 MANET 내의 모든 노드들에게 브로드캐스팅 기법을 통해 사용 여부를 물어본다. 같은 주소에 대한 동시 중복 할당 방지 및 각 노드 간 주소 할당 정보의 공유를 위해 제어 메시지의 브로드캐스팅을 필요로 하며 이에 따라 대역폭 감소로 인해 네트워크 성능이 저하된다.

Prophet 방식[10]은 각 노드마다 상호 배제적인 주소 생성 함수를 이용한다. 새로운 노드가 접속했을 경우 이웃한 노드가 신규 노드의 주소와 주소 할당 함수를 위한 seed 값을 할당한다. 상호 배제 알고리즘에 의해 각 노드가 할당 가능한 주소 공간이 결정되기 때문에, MANETconf와 같은 노드 간 주소 할당 정보의 공유 과정이 필요 없어진다. 그러나 이상적인 주소 할당을 위한 필요 조건을 갖춘 주소 할당 함수의 설계가 어렵다. 또한 초기 조율 없이 주소 할당이 이루어진 두 MANET이 병합할 경우 주소 공간의 충돌이 발생할 확률이 크며 최악의 경우 모든 MANET 노드의 주소가 충돌할 수 있다. 마지막으로 외부 인터넷으로의 액세스를 위해 사전에 수작업에 의한 별도의 전역 주소 프리픽스 정보의 설정이 필요하다.

3. 하이브리드 MANET에서의 주소 자동 설정 기법

본 논문에서 제안하는 주소 자동 할당 방식인 HAA(hybrid address auto-configuration)는 IPv6 SAA에서처럼 NDP 메시지 및 추가 확장 메시지를 사용한다. 본 장에서는 MANET에서 필요한 주소 체계에 대해 설명하고, 제안한 HAA의 동작과 단말 이동성을 수용하기 위한 방안을 기술한다.

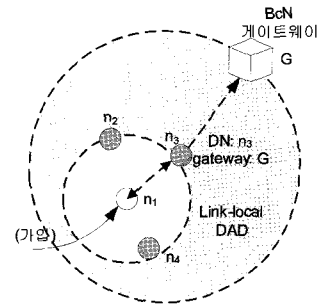
3.1 Hybrid MANET 환경에서의 유니캐스트 주소 체계

독립형 MANET에서의 주소 자동 설정 방식들에서는 MANET용 자동 지역 주소(MANET-local) 프리픽스를 정의하여 사용하였다. MANET 자동 지역 주소임을 나타내는 IPv6 프리픽스를 따로 정의하여 사용하거나, site-local 주소(SLA) 또는 unique-local 주소(ULA) 프리픽스[11]를 MANET 자동 지역 프리픽스로 이용한다.

하이브리드 MANET에서는 독립형 MANET에서의 MANET 자동 지역 프리픽스 주소와 함께 외부 네트워크 접근을 위한 전역 프리픽스 정보를 필요로 하며, HAA에서는 MANET의 BcN 게이트웨이에 설정된다.

3.2 HAA 기법에 의한 주소 할당 기법

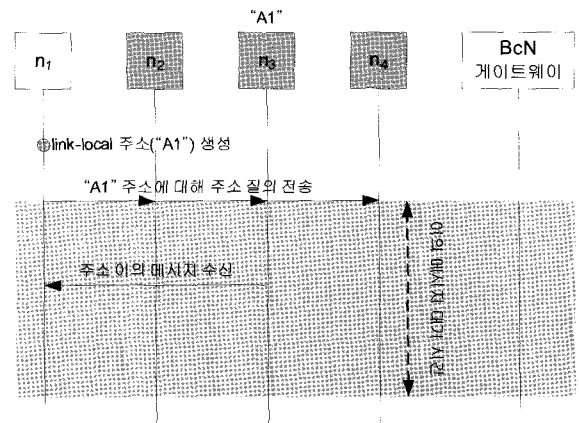
신규 노드 n_1 이 MANET의 수신 범위에 들어오면 MANET



(그림 2) 신규 노드의 가입 및 DN 결정

내에서의 통신을 위해 주소 할당 절차를 시작하여 자신의 이웃 노드들과의 주소 충돌 여부를 확인하고 BcN 게이트웨이에 접근하기 위한 'default node'를 결정한다. 먼저 자신이 사용할 IPv6 link-local 주소를 결정한다. 이 주소는 IPv6 SAA 기법에 따라 64 비트 인터페이스 ID에 link-local 프리픽스를 결합하여 생성한다.

다음으로 이 주소가 주위 이웃 노드들의 link-local 주소와의 중복 여부를 감지하기 위해 DAD를 수행한다. 신규 노드는 자신의 주소 정보를 포함한 질의(query)를 자신의 이웃 노드들에게 브로드캐스트 메시지로 전송한다. 이웃 노드들은 질의 메시지 안의 주소가 자신의 주소와 같을 경우 이의(claim) 메시지를 n_1 에게로 돌려준다. 신규노드는 미리 정의한 대기 시간 내에 이의 메시지가 수신되지 않을 경우 주소 충돌이 없는 것으로 간주하고 다음 단계로 진행한다.

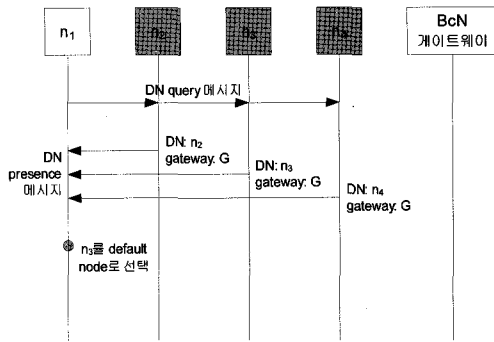


(그림 3) link-local 주소 할당 및 DAD 절차

두번째 단계에서 신규 노드 n_1 은 BcN 게이트웨이에게 전역 주소 요청(global address request) 메시지를 보내어 MANET 범위 내에서의 DAD 확인과 전역 주소 할당 과정을 수행한다. 본 방식에서의 BcN 게이트웨이는 기존 제안들에서 사용하는 메시지 브로드캐스팅 기반 DAD를 피하기 위해 다음 기능들을 수행한다. BcN 게이트웨이는 해당 하이브리드 MANET 내 모든 노드들의 주소 할당 정보를 관리한다. 그리고 신규 노드로부터 주소 할당을 위한 정보를 받아 기존 주소 할당 정보와의 비교를 통해 주소 중복 여부를 판단한다. 신규 노드들의 주소 정보를 BcN 게이트웨이로 전달하기 위

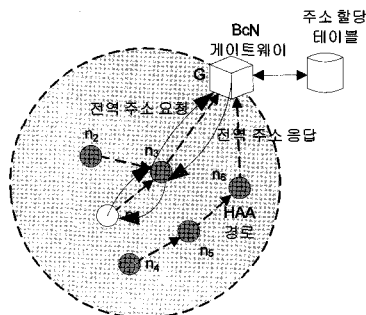
해 HAA 트리 경로를 사용한다.

자신의 자동 지역 주소를 설정한 노드 n_1 은 전역 주소 설정에 필요한 정보를 BcN 게이트웨이에 전달해줄 수 있는 DN(default node)으로 설정한다. 먼저 자신과 통신이 가능한 이웃 노드들에 대한 정보를 구하기 위하여 DN query 메시지를 1 홉 범위 내에 브로드캐스트로 전송한다. 이 메시지를 수신한 이웃 노드들은 DN presence 메시지로 응답한다. DN presence 메시지에는 자신의 주소와 BcN 게이트웨이의 주소 정보 정보가 포함된다. n_1 은 수신된 여러 개의 DN presence 메시지 중에서 한 개를 선택하여 그 메시지의 발신자를 DN으로 결정하고, 이 메시지 안에 포함된 BcN 게이트웨이 정보를 전역 주소를 요청할 상대방의 정보로 받아들인다. 다음 그림은 이러한 절차를 나타낸다.



(그림 4) DN query/presence 메시지 및 DN 선택 절차

하이브리드 MANET은 초기에 설치된 BcN 게이트웨이를 중심으로 영역을 넓혀가며, 신규 가입한 노드들이 기존의 MANET 노드들 중 하나를 DN으로 결정한다. 따라서 사용자 노드들의 DN을 따라가면 BcN 게이트웨이에 도달하는 경로가 형성된다. 이를 HAA 경로라 부르며, BcN 게이트웨이를 근점(root)으로 하는 트리 형상이 된다.



(그림 5) HAA 경로를 통한 전역 주소 할당

이 HAA 경로를 통해 신규 노드들은 전역 주소 요청 메시지를 BcN 게이트웨이로 전송한다. 이 메시지에는 신규 노드의 주소 정보가 포함된다. 이 메시지를 수신한 BcN 게이트웨이는 신규 노드에 전역 주소를 할당하기 위한 작업을 시작한다. BcN 게이트웨이는 신규 노드에서 요청하는 주소 정보와 기존 MANET 노드들의 주소 정보를 비교하여 MANET 영

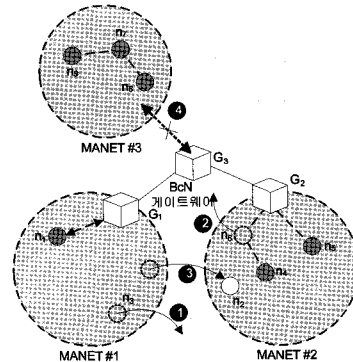
역 내에서의 DAD 과정을 수행한다.

MANET 범위에서의 DAD를 거쳐 유일성을 확인한 후 전역 주소 정보를 포함한 응답 메시지가 HAA 경로를 따라 전역 주소를 요청한 노드로 전송된다. 이 응답 메시지를 수신한 신규 노드는 메시지 안에 포함된 전역 프리픽스 주소 정보를 이용하여 자신의 전역 주소를 설정한다. 만약 신규 노드가 요청한 주소가 중복된 주소인 경우에는, 응답 메시지 대신 이의 메시지가 전송되어 주소를 바꾸어 다시 할당 절차를 진행하도록 한다.

만약 미리 정해진 시간 내에 메시지를 받지 못한 경우에 신규 노드는 동일 요청 메시지를 재차 전송하고, 미리 정의된 횟수만큼의 반복 후에도 응답 메시지를 받지 못한 경우에는 신규 노드가 포함된 MANET 도메인과 BcN 게이트웨이와의 연결이 끊어진 것으로 간주하여 전역 주소를 포기한다.

3.3 단말 이동성에 대한 대처 방안

MANET의 특징 중 하나는 MANET 노드들의 이동성(mobility)에 따른 네트워크 상태의 동적인 변화이다. 따라서 MANET에서 주소를 할당 받은 노드의 탈퇴 및 여러 MANET의 병합 및 분리가 가능하며 이에 대한 동적인 처리 방안이 마련되어야 한다. (그림 6)은 신규 노드의 가입 외에 고려해야 할 상황들을 보여준다. 이 그림에서 설명하고 있는 상황들은 (1) MANET에서 한 노드가 탈퇴할 때 (2) 한 노드의 DN이 사라진 경우 (3) 이미 주소를 받은 노드가 다른 MANET으로 옮겨갈 때 (4) BcN 게이트웨이로의 통신이 불가능한 경우 등의 총 네 가지이다.



(그림 6) 노드의 이동성

HAA 방식에서 이동성에 대한 기본 처리 방식은 주기적인 MANET 노드의 확인 방법이다. BcN 게이트웨이에서는 각 노드에게 MANET 내에 자신이 존재하는 지 주기적으로 확인하도록 lifetime 정보를 알려준다. lifetime이 지난 후에 각 노드는 새로운 전역 주소 요청 메시지를 BcN 게이트웨이에게 보내고 BcN 게이트웨이는 새로운 lifetime 정보를 갱신하여 보내준다.

3.3.1 노드의 탈퇴

노드의 탈퇴에 따라 현재 사용되지 않는 주소를 BcN 게이

트웨이의 주소 할당 테이블에서 제거해야 한다. MANET을 탈퇴한 노드로부터는 주기적으로 발생해야 하는 전역 주소 요청 메시지가 생성되지 않기 때문에, BcN 게이트웨이에서는 미리 정의된 시간 사이에 전역 주소 요청 메시지를 보내지 않는 노드의 주소를 주소 할당 테이블에서 삭제한다.

3.3.2 DN(default node)의 변경

자신의 전역 주소 요청 메시지를 전달해줄 DN이 더 이상 존재하지 않을 때 해당 DN이나 자신이 이동했음을 감지할 수 있다. 이 때에는 새로운 DN을 결정해야 하며, 이를 위해서 DN query 메시지를 이웃 노드들에게 브로드캐스트 함으로써 HAA 주소 할당 과정을 다시 시작한다.

3.3.3 이미 주소를 할당 받은 노드의 MANET 이전

이 때는 이전한 MANET에서의 주소 갱신 방법이 필요하다. 먼저 DN이 변경되며, 이 때의 동작 순서는 상황 (2)에 의해 이루어진다. DN이 갱신되면 BcN 게이트웨이주소도 갱신되며, 새로운 BcN 게이트웨이의 HAA 경로를 통해 전역 주소 요청 및 응답 메시지의 교환을 통해 새로운 전역 주소를 획득한다.

3.3.4 BcN 게이트웨이의 상실

BcN 게이트웨이의 이웃이었던 노드들이 HAA 메시지를 BcN 게이트웨이로 전달할 수 없을 때 감지된다. 이 상황은 BcN 게이트웨이의 이웃 노드들의 입장에서 볼 때 자신이 다른 곳으로 이동한 상황 (2)의 경우도 포함하기 때문에 좀 더 주의 깊은 감지 방법이 필요하다. 상황 (2)에서 3차례에 걸쳐 연속으로 새로운 DN을 찾지 못한 경우에는 자신을 포함한 MANET이 BcN 게이트웨이를 상실한 상황으로 판별하며, 이 때의 MANET 노드들의 동작에 대해서는 다음에 기술하였다.

3.4 BcN 게이트웨이가 없는 MANET에서의 주소 할당 관리

하이브리드 MANET이 BcN 게이트웨이와의 연결이 끊어진 경우 각 노드는 더 이상 새로운 전역 주소를 할당할 수 없게 되며, BcN 게이트웨이의 보조 없이 주소를 할당하여 사용하기 위해 weak DAD [12] 모드로 동작한다.

Weak DAD를 사용할 경우 MANET 범위에서의 주소의 유일성을 완벽히 보장해주지 못하며, 자체 기법 및 라우팅 프로토콜 등의 다른 기법에 의해 주소 중복이 발견될 때마다 해결하는 방식을 사용한다. BcN 게이트웨이를 상실한 노드들은 자신의 BcN 게이트웨이 정보를 비움으로써 weak DAD 모드로 전환한다. 그리고 다른 노드의 전역 주소 요청 메시지를 수신한 경우 자신이 갖고 있는 전역 주소 요청 메시지 캐시 및 라우팅 캐시 등의 정보를 최대한 참조하여 중복된 주소가 아니라고 판단되면 전역 주소 응답 메시지를 돌려보낸다. 이 메시지의 프리픽스 정보에는 MANET-local 프리픽스를 담고, BcN 게이트웨이 정보를 비운다.

weak DAD 모드로 설정된 노드는 크게 두 가지 방식에 의해 주소 중복 여부를 확인한다. 신규 노드의 경우 MANET-

local 주소를 할당하며, 라우팅 프로토콜 등 다른 기법에 의존하여 중복 주소를 사용하는 노드를 지속적으로 찾는다. Pro-active 기반 라우팅 프로토콜을 사용하는 경우에는 수신되는 LSR(link state routing) 메시지들을 검사하며, reactive 라우팅 프로토콜을 사용하는 경우에는 주소 충돌에 의한 경로 설정 실패 시 감지할 수 있다.

기존 노드의 경우 HAA 경로를 통해 주기적으로 전역 주소 요청 메시지를 보낸다. HAA 경로 상의 각 노드들은 메시지에 포함된 주소와 같은 주소를 사용하는 노드를 알고 있을 경우 전역 주소 오류 메시지를 반송한다. 만약 이웃 노드들의 MANET 탈퇴 등으로 인해 HAA 경로에서 분리될 경우 주소 할당 기능을 다시 시작하며 이 때에는 신규 노드와 같은 방식으로 동작한다.

MANET이 다시 BcN 게이트웨이에 접근 가능하게 될 경우, 게이트웨이의 인접 노드부터 다시 BcN 게이트웨이에 연결되며, HAA 경로도 복구된다. BcN 게이트웨이의 인접 노드로부터 MANET의 반대편 노드까지 점진적으로 복구 과정이 반복된다.

3.5 특성 비교

HAA는 DAD를 위한 메시지 브로드캐스트 대신 BcN 게이트웨이 중심의 유니캐스트 경로를 사용하기 때문에 메시지 브로드캐스팅으로 인한 네트워크 성능 저하를 피할 수 있다. 독립형 MANET의 경우에는 weak DAD 방식을 사용함으로써 메시지 브로드캐스트로 인한 성능 감소를 피한다. 하이브리드 MANET에서는 네트워크 성능에의 영향 없이 strong DAD를 수행할 수 있다. 만약 Strong DAD 기법을 독립형 MANET에 적용할 경우 메시지 브로드캐스팅 및 이에 따른 네트워크의 성능 저하 및 네트워크 접근을 위한 지연이 증가한다.

MANET 내에서의 전체 브로드캐스팅 기법을 사용하는 Perkins 제안 방식에서는 메시지로 인한 오버헤드가 $O(n^2)$ 에 이르게 된다. MANETconf 또한 노드 간 주소 할당 정보의 공유를 위해 메시지 브로드캐스팅을 사용하기 때문에 $O(n^2)$ 의 오버헤드가 발생한다. 라우팅 프로토콜과 연동하는 Jeong 제안 방식은 라우팅 프로토콜을 이용해 주소 중복 점검을 하며, strong DAD에 의한 주소 중복 확인 절차를 위해 $O(n)$ 의 오버헤드가 발생한다. Prophet 알고리즘은 이웃 노드로부터의 주소 할당을 위한 $O(1)$ 의 오버헤드가 발생한다.

HAA 기법을 이용한 주소 할당의 경우 MANET-local 주소 할당을 위해 $O(m)$ 의 오버헤드가 발생하며, 여기서 m 은 신규 노드에 이웃한 노드 수의 평균 값이다. 그리고 전역 주소의 할당 및 중복 확인을 위해 최대 $O(r)$ 의 오버헤드가 발생하며, 여기서 r 은 MANET의 크기를 홉 수로 나타낸 값이다.

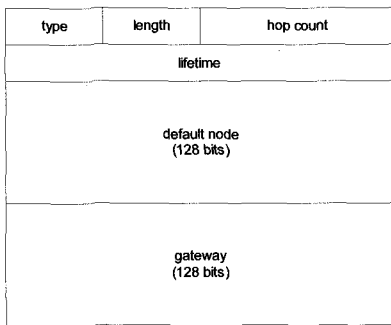
4. 구현 및 실험

4.1 HAA 메시지의 설계

HAA 알고리즘을 이용한 자동 주소 할당을 위해, 첫 번째

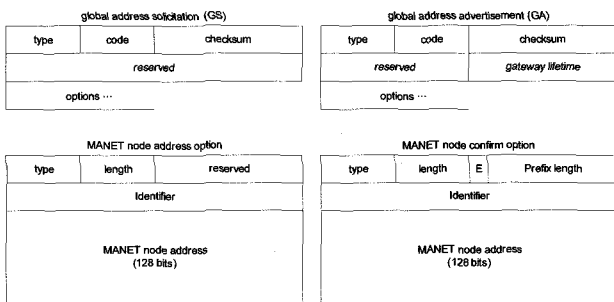
로 별도의 새로운 프로토콜을 설계하여 구현할 수 있으며, 두 번째로 IPv6 SAA 기법에서 사용하는 NDP를 확장하여 구현하는 방법, 그리고 마지막으로 기존 MANET 라우팅 프로토콜 메시지에 실어가는 형식으로 관련 메시지를 실어 전달하도록 구현할 수 있다. 본 논문에서는 이 중 두 번째 방식을 선택하여, 기존 NDP 메시지에 HAA 알고리즘을 위해 메시지 및 옵션을 추가 확장하여 구현하였다.

(그림 7)은 NDP RA 메시지에서 사용하는 'default node' 옵션이다. NDP 옵션들이 표준으로 사용하는 TLV 양식으로 구성된다. 'default node' 영역은 이 메시지의 수신자에게 사용하도록 할 DN 주소를 나타낸다. 'gateway' 영역은 BcN 게이트웨이의 주소가 저장된다. 'hop count' 영역은 DN으로부터 BcN 게이트웨이까지의 거리를 홉 수로 명시한 정보이다. 마지막으로 'lifetime' 영역은 32 비트 정수 영역으로 다음에 RS 메시지를 보내야 할 시간을 명시한다.



(그림 7) default node 옵션

전역 주소 요청 및 응답 메시지들은 다중 홉 전달이 가능한 새로운 메시지들을 정의하여 사용한다. (그림 8)에 NDP에 'global address solicitation' (GS) 및 'global address advertisement' (GA) 메시지와 해당 옵션들을 정의하였다.



(그림 8) GS 및 GA 메시지 정의

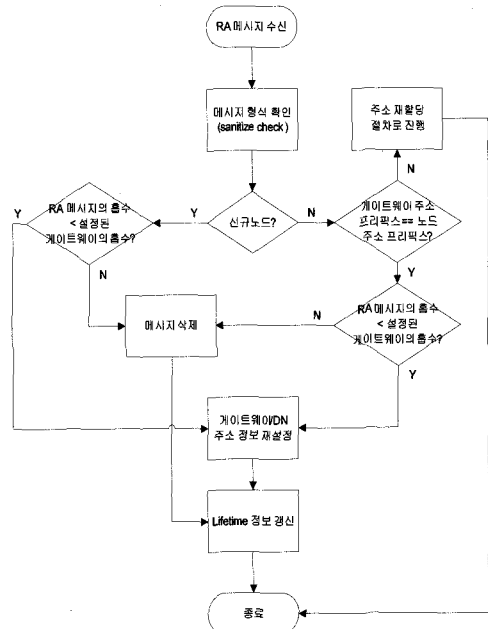
'MANET node address' 옵션은 GS 메시지에 항상 추가되는 옵션이며 GS 메시지를 생성하는 노드의 주소를 사용한다. BcN 게이트웨이는 NDP GS 메시지를 처리한 후 결과에 따라 GA 응답 또는 GA 오류 메시지를 돌려준다. 이 두 가지 메시지는 모두 같은 NDP GA 메시지에 붙는 'MANET node confirm' 옵션 내의 'E' 플래그 정보로 구분한다. 'E' 플래그는 1 비트 크기의 영역이며 0인 경우 인터페이스 ID가 MANET

영역에서의 DAD 충돌을 일으키지 않음을 나타낸다. 이 때에는 기존 NDP에서의 prefix 옵션을 같이 사용하여 전역 프리픽스 정보를 같이 전달해야 한다. 'E' 비트가 1인 경우 MANET 내 다른 노드가 이미 해당 인터페이스 ID를 사용하고 있음을 나타내며 재할당 과정이 필요함을 나타내는 GA 오류 메시지를 나타낸다.

다음 <표 1>은 haa 데몬 프로세스의 상태 표이다. ACMODE_INIT에서 시작하여 주소 설정 작업이 완료되면 ACMODE_STEADY 상태로 진입하며, 이 상태에서는 다른 사용자 노드에서 전달해준 주소 설정 관련 메시지에 대해서도 처리를 한다. 중간 상태에서는 자신과 관련된 주소 설정 메시지들만 처리하거나 제한적인 메시지 처리만 담당한다.

<표 1> haa 데몬 상태 표

상태	설명
ACMODE_INIT	초기 설정 모드 NS/NA 메시지를 교환하며, RS 메시지 전송 후 WAIT4_RA 상태로 이동한다.
ACMODE_WAIT4_RA	자신이 전송한 RS 메시지에 대한 응답을 대기한다.
ACMODE_RA_RECEIVED	RA 메시지 수신 후 DN 및 gateway를 설정하고 GS 메시지를 전송한다.
ACMODE_WAIT4_GA	GS 메시지에 대한 응답 메시지를 기다린다. 다른 신규 노드의 NS 메시지에 대한 응답을 처리할 수 있다.
ACMODE_STEADY	GA 메시지를 수신한 후 전역 주소를 설정한 상태이다. 주기적으로 GS/GA 메시지를 BcN 게이트웨이와 교환한다. 주소 설정이 실패한 경우 RA_RECEIVED 상태로 이동한다.



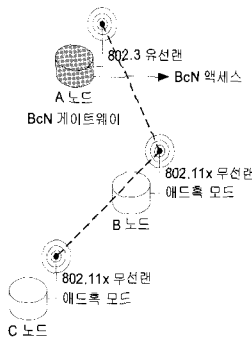
(그림 9) RA 메시지 처리 과정

위 그림은 RA 메시지의 처리 과정을 나타낸다. 먼저 RA 메시지를 수신한 노드가 해당 네트워크에서 처음 주소 설정을 수행하는 것인지, 설정한 후 주기적인 메시지 교환에 의해

실행되는 처리인지를 결정한다. 신규노드인 경우 왼쪽으로 분기하여, 해당 RA 메시지가 다른 RA 메시지보다 더 나은 경로 정보를 가지고 있을 경우 해당 정보로 갱신한다. 오른쪽으로 분기한 경우 RA 메시지에 포함된 BcN 게이트웨이 주소의 프리픽스가 자신의 프리픽스와 같은 지 비교한다. 다른 경우 다른 MANET으로 이동한 것으로 파악하여 새로운 주소를 할당 받는 절차로 이동한다. 그 후에는 신규 노드일 때와 마찬가지로 최적의 경로 정보를 유지하기 위한 과정을 수행한다.

4.2 실험

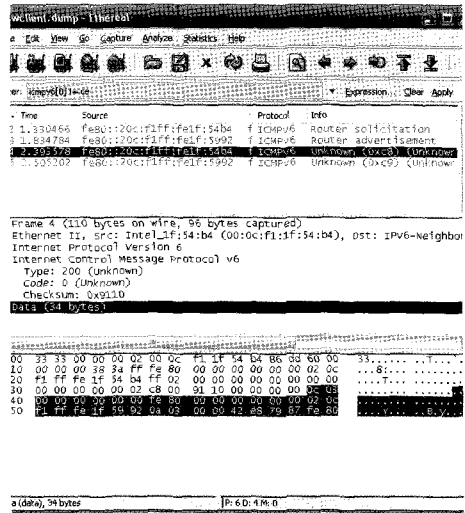
HAA 기법의 실험을 위해 linux 2.4.20 기반의 IBM-PC 호환 기종에서 데몬(daemon) 프로세스의 형태로 구현하였다. 실험은 다음 그림과 같이 노트북 세 대에 HAA 데몬을 탑재하여 실행하였으며, ad hoc 모드로 설정한 802.11 WLAN 인터페이스 기반 무선 네트워크 환경에서의 주소 할당 및 점검 기능을 실행하였다.



(그림 10) HAA 실험 환경

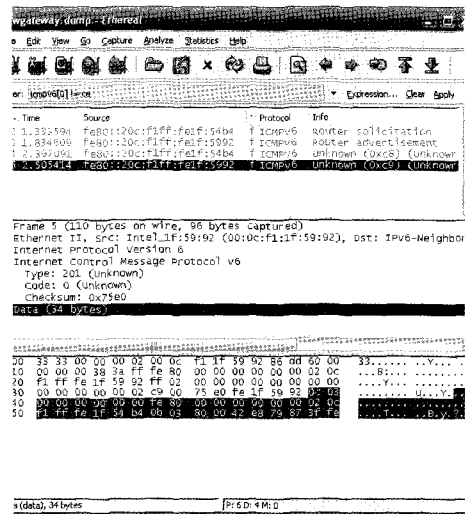
다음은 위 실험에 의한 실험 결과 중에서 사용자 노드가 BcN 게이트웨이로 이동했을 경우 주소를 할당 받는 과정을 보여준다. 첫 번째 프로그램 로그 정보는 BcN 게이트웨이에 의한 주소 할당 로그이며, 두 번째 프로그램 로그 정보는 신규 노드에 의한 주소 할당 절차를 나타낸다. 신규 노드의 HAA 데몬 프로세스는 BcN 게이트웨이의 HAA 데몬과의 통신에 의해 전역 주소를 할당 받는다. 노드가 처음 참여한 직후에 수행하는 이웃노드들과의 DAD 절차는 기존의 NDP NS/NA를 그대로 이용한다. 그 뒤 (그림 11) 및 (그림 12)에서와 같이 RS/RA 메시지와 'default node' 옵션을 이용하여 BcN 게이트웨이에 접근하기 위한 기본 경로 정보를 획득한다. 그 후 (그림 11)에서와 같이 신규 노드는 GS 메시지를 BcN 게이트웨이로 전송한다. 이 메시지의 데이터에는 메시지를 전송한 노드의 자동 지역 주소 정보가 포함된다. BcN 게이트웨이는 자신이 관리하고 있는 주소 할당 테이블을 이용하여, MANET 액세스 망에 이미 같은 주소를 사용하는 노드를 찾는다. 없으면 해당 노드를 등록하고, (그림 12)에서와 같이 GA 메시지를 돌려준다. 이 메시지에는 전역 프리픽스 정보도 포함된다.

B 및 C 노드가 다른 MANET으로 이동하거나 다른 신규 노드가 실험 환경으로 들어왔을 경우에도 (그림 11) 및 (그



(그림 11) 신규 노드의 실행 정보

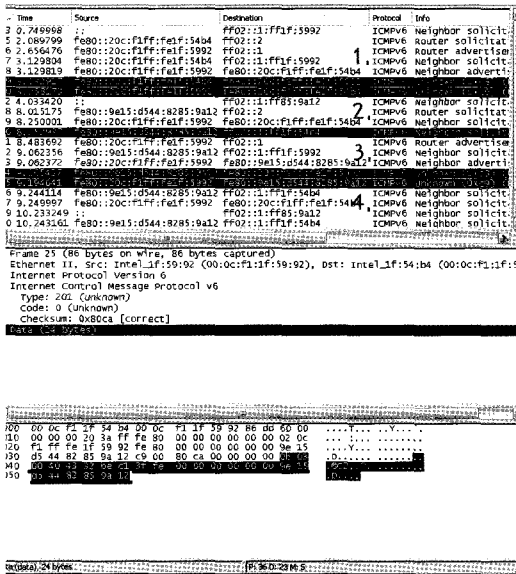
림 12)에서 보이는 바와 같은 메시지의 교환 절차에 따라 주소 정보가 갱신된다. 각 노드들은 주기적으로 관련 메시지를 재전송함으로써 이동 여부를 감지하고, 참여 중인 네트워크의 정보를 파악한다.



(그림 12) BcN 게이트웨이 실행 정보

(그림 13)은 두 개의 독립적인 MANET이 병합될 때, 각각의 MANET에서 같은 주소를 사용하는 두 개의 노드에 의해 주소 충돌이 발생했을 때의 동작 절차를 나타낸다. 통합된 MANET의 BcN 게이트웨이가 전체 주소 정보를 관리하며, 주소 충돌이 발생하는 모든 노드의 주소를 갱신하도록 요구한다. (그림 13)의 1번 절차에서, 노드는 주소 정보 갱신을 위해 보냈던 GS 메시지에 대해 GE(global address error) 메시지를 수신함으로써 자신의 주소를 더 이상 사용할 수 없음을 파악한다. 그래서 주소 할당 절차를 다시 시작하여 새로운 주소를 할당하고, 2번 절차에서와 같이 이웃 노드들에게 NDP NS 메시지를 전송하는 것으로 전역 주소를 받기 위한 절차를 시작한다. 이 때 노드의 주소는 link-local 주소를 기준으

로 fe80::20c:f1ff:fe1f:54b4에서 fe80::9e15:d544:8285:9a12로 변경되었다. 그 후 RS/RA 메시지 교환에 의해 default node를 결정하고 BcN 게이트웨이 정보를 다시 획득한다. 3번 절차에서와 같이 GS 메시지를 전송하고, 4번 절차에서 BcN 게이트웨이로부터 GA 메시지를 수신한다. 이 메시지의 옵션 정보에서 GE가 아닌 GA 메시지로 전송되었으며, 새로운 전역 주소는 3fe::9e15:d544:8285:9a12로 할당되었음을 알 수 있다.



(그림 13) 네트워크 병합 시 주소 재할당 절차

5. 결론

본 논문에서는 광대역통합망(BcN)을 위한 액세스 망 모델 중 하나로서의 MANET 환경을 위한 주소 자동 설정 기법을 구현하고 실험하였다. 무선 MANET 환경에서는 사용자 단말들의 이동과 이에 따른 액세스 노드 간의 망 구성형태가 변하기 때문에 기존 유선 또는 단일 홉 액세스 망에서의 주소 설정 기법을 그대로 사용할 수 없었다. 본 논문에서 제안한 방식은 기존 MANET에서의 주소 할당 방식에 비해 BcN 게이트웨이에서의 주소 할당 정보 관리, 비(非) 브로드캐스팅 기반 DAD 방식의 사용, 그리고 전역 주소 할당 기능을 통해 MANET의 사용자 단말이 네트워크 성능의 저하 없이 BcN 코어망에 액세스 가능한 주소 설정이 가능하도록 하였다.

또한 MANET 망 구성의 변화에 영향을 주는 사용자 단말들의 이동성을 분석하여 시나리오를 구분하고, 각 경우에 대해 주기적인 주소 관리 메시지의 교환 및 주소 재활용을 통해 본 논문에서 제안한 주소할당 방식이 적절하게 대처할 수 있음을 설명하였다.

참고 문헌

[1] 한국전산원 BcN 기획팀, "BcN의 개념," <http://www.bcn.ne.kr/>
 [2] S. Ruffino, T. Clausen, S. Singh, "Connectivity Scenarios for

MANET," <http://www3.ietf.org/proceedings/05mar/slides/autoconf-2.pdf>

[3] R. Droms, J. Bound, B. Volz, T. Lemon, C. Perkins, and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," RFC3315, July, 2003.
 [4] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)," RFC2461, December, 1999.
 [5] S. Thomson, and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," RFC2462, December, 1998.
 [6] Ilkyun Park, Younghan Kim, Sang-San Lee, "IPv6 Address Allocation in Hybrid Mobile Ad-Hoc Networks," WSTFEUS 2004, May, 2004.
 [7] C. Perkins, J. Malinen, R. Wakikawa, E. Belding-Royer, and Y. Sun, "IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks," draft-ietf-manet-autoconf-01.txt, November, 2001.
 [8] Jaehoon Jeong, Jungsoo Park, and Dongkyun Kim, "Ad Hoc IP Address Autoconfiguration for AODV," draft-jeong-manet-aodv-addr-autoconf-00.txt, February, 2004.
 [9] S. Nesargi and R. Prakash, "MANETconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network," INFOCOM 2002, June, 2002.
 [10] H. Zhou, L. Ni, and M. Mutka, "Prophet Address Allocation for Large Scale MANETs," INFOCOM 2003, April, 2003.
 [11] R. Hinden, Brian Haberman, "Unique Local IPv6 Unicast Addresses," draft-ietf-ipv6-unique-local-addr-02.txt, January, 2004.
 [12] N. Vaidya, "Weak Duplicate Address Detection in Mobile Ad Hoc Networks," MobiHoc '02, June, 2002.



박 일 군

e-mail : ikpark@dcn.ssu.ac.kr

1997년 숭실대학교 정보통신공학과

1999년 숭실대학교 대학원 정보통신공학과 석사

1999년~현재 숭실대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정

관심분야: 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 인터넷 QoS, 무선 네트워크, MPLS, 차세대 인터넷 프로토콜 등



김 영 한

e-mail : yhkim@dcn.ssu.ac.kr

1984년 서울대학교 전자공학과(공학사)

1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)

1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1987년~1994년 디지털정보통신연구소 데이터통신연구부장

1994년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수, 통신학회 인터넷연구회 위원장, VoIP포럼 차세대기술분과위원장

관심분야: 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신 망 등