

모바일 Ad-Hoc 네트워크에서 MIPv6 주소자동 할당 프로토콜

A MIPv6 Address Autoconfiguration Protocol in Mobile Ad-hoc Network

조영복, 이상호

충북대학교 전자계산과
E-mail: bogi0118@netsec.cbnu.ac.kr
E-mail: shlee@cbnu.ac.kr

요 약

모바일 애드 혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network)는 기반 통신시설의 도움 없이 노드들 간에 자율적으로 구성되는 무선 네트워크로 각 노드는 이동성 및 다른 노드에게 패킷을 전달하는 라우팅 기능을 가지고 있다. 현재까지 모바일 애드혹 네트워크의 주된 관심사는 경로설정 문제를 해결하는데 있었다. 모바일 애드혹 네트워크의 라우팅 프로토콜에서 노드에게 할당된 주소가 유일한 것으로 가정하여 사용하지만 경로설정에 앞서 모바일 애드 혹 네트워크에 참여하는 노드에게 어떤 방법으로 유일한 주소를 제공할 것 인가에 대한 연구가 필요하다. 특히 모바일 애드 혹 네트워크는 필요에 따라 노드들이 자발적으로 네트워크를 형성하여 데이터를 주고 받는 형태이기 때문에 노드들에게 동적으로 주소를 할당하는 문제는 매우 중요하다.

따라서 모바일 애드혹 네트워크가 외부망과 연결시 고정 IP를 부여하고 애드혹의 구성하는 노드가 이동성을 고려하여 노드들 간의 분산된 IP 주소 자동 할당 방법을 MIPv6 적용한 프로토콜을 제안한다. 또한 평가방법으로 이동성을 고려하여 네트워크의 크기를 노드의 수를 가지고 비교하여 모바일 애드혹 네트워크를 구성하는 노드의 수를 증가함으로 기존 연구와 비교평가를 위해서 시뮬레이션 환경을 구현하여 실험을 수행하였다. 실험 결과, 이 논문에서 제안한 방법을 사용하면 모바일 애드혹 네트워크의 크기가 커질수록 기존의 방법보다 주소할당 소요시간을 감소시킬 수 있다.

Key Words : Mobile Ad-hoc Network, DHCP, Address Duplicate Detection, NS2, Dynamic Address

1. 서 론

모바일 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network)는 기반 통신시설의 도움 없이 노드들 간에 자율적으로 구성되는 네트워크이고, 각 노드는 이동성 및 라우팅 기능을 가지고 있는 이동노드이다. [3][2].

현재까지 모바일 애드혹 네트워크에서 주된 관심은 경로설정 방법에 관한 문제 해결이었다. 하지만 이러한 경로설정 문제에 앞서 모바일 애드혹 네트워크가 패킷 형태의 IP 기반으로 동작할 경우 모든 노드는 모바일 애드혹 네트워크 내부에서 그리고 모바일 애드혹 네트워크를 포함한 전체 인터넷에서 식별할 수 있는 자신의 주소를 필요로 한다. 특히 새로운 모바일 애드혹 네트워크가 형성될 경우 모바일 애드혹 네트워크 내부에 위치한 모든 이동노드는 해당 모바일 애드혹 네트워크 내부에서 자신의 주소를 동적으로 할당받을 수 있는 방법이 요구된다. 기존 네트워크에서 동적으로 주소를 할당할 필요가 있을 때 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)같은 프로토콜을 이용했지만

모바일 애드혹 네트워크에서는 이동노드들의 특징으로 인해 중앙 집중화된 DHCP서버로의 접근을 항상 보장할 수 없다. 하지만 MAC주소를 사용하는 방식은 등록되지 않은 MAC주소가 사용될 수 있으며, 네트워크 벤더가 MAC주소를 임의 값으로 변경 가능하도록 했다. 또한 IEEE MAC주소를 사용하지 않는 네트워크 벤더가 존재할 뿐 아니라, 하드웨어 ID기반 주소는 위치 프라이버시 문제를 발생시킨다[10]. 최근에 이러한 문제를 해결하고 모바일 애드혹 네트워크 환경에 주소를 할당하기 위해 다양한 주소 자동할당 프로토콜이 제안되었다[3][4][6][8].

이 논문에서는 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 이동노드가 모바일 애드혹 네트워크 내에 진입할 때, 식별할 수 있는 IP를 할당 받는 방법을 개선하여 이동 노드에 IP를 할당 받는 시간을 최소화 하고, 주소할 당시에 발생하는 주소 중복검사 시간을 최소화 하고 모바일 애드혹 네트워크의 확장성을 높이기 위함을 목적으로 한다. 2장에서는 관련연구와 3장에서 제안프로토콜, 4장에서 제안프로토콜의 평가

를 하도록 한다.

2. 관련연구

2.1 새로운 노드 자신이 주소를 선택하는 방법

[3]은 경로설정 프로토콜이다. 이 방식에서는 새로운 노드가 모바일 애드혹 네트워크에 참여 하려고 할 때, 모바일 애드혹 네트워크에 사용하는 주소 중에서 하나의 IP주소를 임의적으로 선택하고 중복검사를 위해 주소요청(AREQ : Address Request)메시지를 모바일 애드혹 네트워크에 플러딩 한다. 이 메시지에는 송신 노드가 앞으로 사용할 중복검사가 안된 주소와 주소 중복검사용으로 선택된 일시적으로 사용하는 주소가 포함되어 있다. 각 노드가 주소요청 메시지를 수신하게 되면 자신의 주소와 동일한지 검사한다. 만약 동일한 주소를 가진 노드가 존재할 경우 주소요청 메시지를 요청한 노드에게 주소응답 (AREP : Address Reply) 메시지를 전달하게 된다. 송신 노드 입장에서 이 주소요청 메시지를 수신했다는 것은 송신 노드가 선택한 주소가 이미 다른 노드에 의해 사용되고 있다는 메시지로 쓰이게 된다. 따라서 정해진 시간동안 기다려도 주소요청 메시지가 수신되지 않으면 주어진 회수만큼 반복 수행한다.

모든 시도에서 주소요청 메시지를 수신 하지 않으면 송신 노드는 선택한 주소가 아직 모바일 애드혹 네트워크 내에서 할당되지 않았다는 결론을 내리고 그 주소를 자신에게 할당한다. 만약 주소가 중복되어 주소요청 메시지를 받으면 새로운 주소를 선택하여 위의 과정을 다시 시작한다. [3]의 경우 모바일 애드혹 네트워크가 분할되거나, 분할된 파티션이 다시 합병하는 경우의 해결책을 제시하지 않았다.

2.2 모바일 애드 혹 네트워크에서 동작중인 노드가 할당하는 방법

[4]는 모바일 애드혹 네트워크에 이미 합류되어 있는 임의의 노드가 모바일 애드혹 네트워크 새로 도착하는 노드에게 주소를 할당하는 방식이다. 즉, 새로 도착한 노드는 모바일 애드혹 네트워크에 "Neighbor_Query" 메시지를 플러딩하여 자신의 주위 노드 중 이미 모바일 애드혹 네트워크에 참가 하고 있는 노드를 Initiator로 선택한다.

모바일 애드혹 네트워크에 참가한 노드가 없으면 자신이 Initiator가 되어 자신이 사용할 IP주소를 할당한다. 선택된 초기자 노드*j*에게 주소할당 요청 메시지를 보내어 노드*j*에게 주소할당을 요청한다. 모든 노드는 현재 모바일 애드혹 네트워크에서 사용되고 있는 주소정보를 저장하고 있는 "Allocated"리스트와 현재 주소할당이 진행 중이지만 완료되지 않은 상태의 "Allocated_Pending" 리스트를 유지하고 있다. 주소할당 요청 메시지를 받은 노드*j*는 Allocated리스트와 Allocated_Pending리스트에 없는 주소를 선택해서 "Initiator_Request" 메시지를 모바일 애드혹 네트워크 전체

에 플러딩 한다. 이를 받은 노드는 자신의 Allocated리스트와 Allocated_Pending리스트에 노드*j*가 보낸 주소가 있는지 확인하고 없으면, 노드*j*에게 "Affirmative Reply" 메시지를 전송하고, 그렇지 않으면 "Negative Reply" 메시지를 전송한다. 그리고 주소를 자신의 Allocated_Pending리스트에 추가한다. 노드*j*는 MAENT에 접속한 모든 노드에게서 "Affirmative Reply" 메시지를 수신하면 그 노드에게 주소를 할당하고 모바일 애드혹 네트워크 전체에 이 정보를 플러딩한다. 이 과정에서 모든 노드들은 Allocated_Pending리스트에 위치한 주소를 Allocated리스트로 이동하게 되며 만약 "Negative Reply" 메시지를 수신하게 되면 새로운 주소를 설정하고 위 과정을 반복한다.

[4]에서는 모바일 애드혹 네트워크의 분리와 병합에 대해 해결 방안을 제시하고 있다. 만약 두개의 파티션으로 나누어지면, 가장 낮은 주소를 가진 파티션은 식별자를 그대로 유지하게 되며 일정시간이 지나면 다른 파티션에 있던 주소를 모두 사용 가능한 주소로 사용하게 된다. 다른 파티션의 경우에는 결국 새로운 노드가 추가로 들어오게 되면 일정시간 동안 Allocated된 주소로부터 affirmative 나 negative reply 메시지를 수신하지 않기 때문에 다른 파티션에서 사용되는 주소들은 자동적으로 현재의 파티션에서는 삭제된다. 이 때 가장 낮은 주소를 지닌 새로운 노드를 선출하여 새로운 식별자로 사용하게 되며 모바일 애드혹 네트워크 전체에 플러딩하게 된다. 만약 새로운 노드가 추가로 진입하지 않는다면 계속해서 파티션이 감지되지 않을 수 있기 때문에 주기적으로 가장 낮은 주소를 브로드캐스팅하는 방법을 사용하여 해결할 수 있다. 이 때 두 파티션에 동일한 주소를 사용하고 있는 노드들에 대해서는 MAC 주소에 의한 우선순위를 따르거나 통신 진행 상황에 따라 우선순위를 정할 수 있으며 우선순위가 낮은 노드들은 자신의 이웃노드 중 하나를 Initial 노드로 선택하여 새로운 주소를 할당받고 네트워크 전체로 플러딩하여 병합된 모바일 애드혹 네트워크에서 유일한 주소임을 보장 받을 수 있다. [4]의 단점은 네트워크의 크기가 커질수록 부하가 많이 발생되고, 주소 할당에 걸리는 시간이 길어진다.

3. 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 MIPv6 자동주소 할당 프로토콜

이 논문에서 MIPv6을 모바일 Ad-hoc 네트워크에 설정하기 위한 단계로 MIPv6 주소를 선택, 그 주소의 유일성 검사, 유일성이 검증된 주소의 사용과 같은 단계를 건친다.

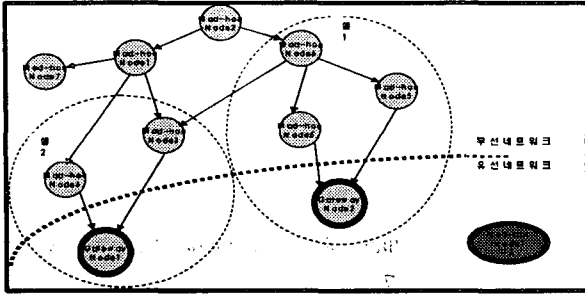


그림 3-1 제안 네트워크 환경

MIPv6 주소할당을 위해 현재 제안된 것은 IETF의 MANET 워킹 그룹에서 제안된 Ad-hoc 경로 설정 프로토콜을 이용하는 방식과 MANET의 분리/병합을 고려한 Weak DAD를 이용한 방식을 사용하겠다. 그림3-1은 제안 네트워크 환경을 나타낸 그림이다.

3.1 Routing 프로토콜을 이용한 DAD 수행 및 주소중복 검사 방법

MIPv6 주소를 생성하기 위해 모바일 애드혹 네트워크의 프리픽스 64비트에 난수로 선택된 Host_ID에 해당되는 ID를 결합하여 128비트의 주소를 생성한다. 이렇게 생성된 주소를 DAD 과정을 이용하여 중복성 검사를 통해 모바일 애드혹 네트워크의 유일한 주소로 사용 가능한지 검사한다. 이때 DAD과정에 이용되는 패킷의 송신자 주소는 임시 주소는 애드혹 네트워크의 MIPv6 프리픽스 주소와 Host_ID 32비트의 난수를 결합하여 생성한다. 이때 메시지의 송신자 주소는 temporary 주소이고 목적지 주소는 모든 노드의 멀티캐스트 주소이다. 이때 새롭게 합류한 이동노드 n은 초기화 과정으로 이웃노드의 존재여부를 알기위해 이웃노드 질의 메시지 "Neighbor_Query"를 플래딩 후에 타이머를 설정한다. 주어진 시간(Neighbor_Query_Timer) 내에 이동노드 n이 이웃 노드들로부터 어떠한 응답 메시지도 받지 못한다면, 위의 과정을 주어진 회수(Neighbor_Query_Retries) 만큼 반복 수행 한다.

```

Initial.cpp
int cnt_recev = 0; // The number to take the transmission.
int retry = 0; // The number currently of the jaejungong.

// An initialization course.
if (n_vecNodes.size() > 0) // The node exists
{
    // The query Neighbor message transmission to the node of the total.
    cMsg Neighbor_query( n_vecNodes.size(), 0, "" );
    fprintf( OUT, "New node waiting response ... \n" );
    n_result.nNode++; // increase the number of nodes.
    pNode->nState = 0;
    pNode->nState_Act = 0;
}
    
```

그림 3-2 Initial 알고리즘

새로운 노드가 진입하면 [그림3.2]처럼 이웃노드의 존재 여부를 알기 위해 "Neighbor_Query" 메시지를 플래딩 한다. 이 메시지를 받은 이웃노드는 이에 대한 응답메시지 "Neighbor_Reply" 메시지를 전달한다. 만약 주소요청 메시지를 일반 노드가 수신하면 이를 클러스터헤드에게 전달하

고, 클러스터헤드가 주소요청 메시지를 받았다면 사용가능한 임의 주소를 할당하여 멤버들에게 주소중복검사를 요청한다.

```

Address Request.cpp
if( pMsg? != NULL )
{
    switch( pMsg2->n_PacketType )
    {
        case 6:// # cluster leader delivered.
            GetMacAddr( pNode ); // give MAC dress
            fprintf( OUT, " MAC word dress from a cluster leader(%d) assigned \n", pNode->n_macaddress );
            pNode->nState = 2; // General node situation.
            pNode->nState_Act = 4; //Add network.
            n_vecNodes.push_back( pNode );
            fprintf( OUT, "in the network (%d)add node \n", pNode->n_ID );
            break;
    }
}
    
```

그림 3-3 Address-Request 알고리즘

모바일 애드혹 네트워크 또는 클러스터를 탈퇴하는 노드는 탈퇴 메시지를 자신의 이웃 노드에게 전송한다.

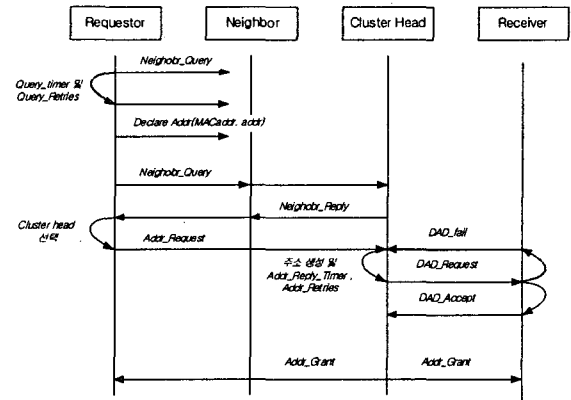


그림 3-4 자동 주소 할당 프로토콜 절차

이를 통해 클러스터헤드는 탈퇴하는 노드의 주소를 재사용할 수 있다. 하지만 노드가 예기치 않게 탈퇴하는 경우 클러스터 헤드가 새로운 노드에게 주소를 생성하고 이를 멤버들에게 주소 중복 검사를 요청하여 주어진 시간 "Addr_Reply_Timer"동안 응답을 하지 않는 노드에 대해 주어진 회수만큼 재시도하여 그때 까지도 응답을 하지 않는다면 탈퇴 노드로 간주하고 이를 클러스터멤버에게 알리고 주소를 재사용할 수 있게 한다. 그림3-4는 자동 주소 할당 프로토콜 절차이다.

3.2 모바일 Ad-hoc 노드의 합병 및 분할

모바일 애드혹 네트워크는 위와 같이 노드들 간의 메시지 전달 지연시간이 바운드 되면 위에 제시된 DAD 과정을 수행을 통해 중복 사용 중인 MIPv6주소가 있는지 여부를 알 수 있는 타임아웃 값을 구할 수 있지만 동작중인 망의 분리나 합병을 할 경우 파티션에 동일하게 사용되는 주소가 존재할 수 있기 때문에 이 문제를 해결해 줘야 한다는 단점을 가지고 있다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해서 MIPv6에서는 병합할 때 주소 중복을 발견하면 중복된 주소를 사용

하는 노드가 새로운 주소를 설정할 수 있도록 하고 합병된 모바일 애드혹 네트워크의 모든 노드들로 하여금 중복된 주소와 연관된 라우팅 정보를 모두 무효화 시키게 해야 한다. 분리와 합병에 대한 주소 중복 검사를 위해 Weak DAD를 통한 해결을 이용한다.

4. 평가

이동 노드의 추가 수에 따라 네트워크에 합류하는 이동노드의 주소를 할당받는데 소요되는 평균 지연시간을 비교해 보았다. 제안 방식을 가지고 Ad-hoc 네트워크 환경에서 노드의 수를 증가함으로써 자동주소할당 되는 시간과 자동 주소 할당 되었을 때 할당된 주소가 주소 중복성 검사를 통해 할당 받은 노드 사용가능한 주소인지의 여부를 판별해 어느 정도의 사용가능한지를 판별해 보았다. 노드의 수가 증가함에 따라 자동 할당된 주소의 사용가능성에 대해 확률을 계산해 보았다. 실험환경은 NS-2를 이용하여 운영체제 펜티엄3 500 리눅스 환경에서 실험하였다. 실험 조건으로는 모바일 애드혹을 구성하는 노드의 이동 거리는 1Km×1Km내로 영역에서 노드 간 이동함을 제약 조건으로 주었다. 또한 노드 간 이동 속도는 10m/s 인 환경을 가정하였다. 그 결과 아래와 같이 표 3-2의 결과를 도출하였다.

표 3-2 노드수에 따른 주소할당 속도와 노드의 사용가능성

노드수	5	10	15	20	25	30	35
주소할당속도	0.5	0.56	0.56	0.6	0.66	0.74	0.84
실험1(성공률)	0.34	0.48	0.52	0.56	0.66	0.7	0.85
실험2(성공률)	0.38	0.36	0.48	0.56	0.56	0.68	0.76
실험3(성공률)	0.48	0.49	0.65	0.65	0.79	0.89	0.95

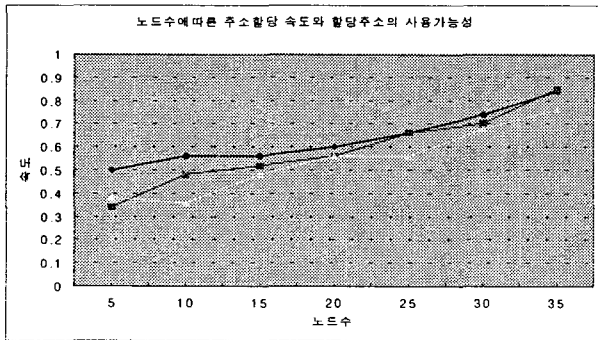


그림 3-5 실험 결과

표 3-2는 주소 할당 시 할당주소의 사용여부를 확인하는 방법을 위해 할당된 IP를 이동성이 잦은 특성을 고려하여 실험을 동일 환경에서 세 번을 반복하여 실행하였다. 실험결과 노드의 수가 증가할수록 즉 모바일 애드혹의 노드의 수가 증가 할수록 제안 방식은 주소할당 속도가 빠르고 할당된 주소를 사용할 수 있는 기회도 많아진다. [그림 3-5는 표 3-5를 그림으로 표현해 놓

은 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Ministry of Information & Communication "Promotion Plan of Next Generation Convergence Network",203,7
- [2] Pradeep Parvathipuram, Gicheol Yang, Sooyeol Oh, "Evaluation and Choosing Control Algorithm for Mobile Ad Hoc Network", *Korean Information Process Society Paper collection*, Volume11-C No.6, December 2004,PP.829-834.
- [2] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, 임선배, "Mobile Ad Hoc Network Technique Trend", *Analysis of Electric Communication Trend* Volume18, No.2, April, 2003
- [3] C.E Perkins, "AD HOC NETWORKING" Addison Wesley
- [4] S. Nesargi and R. Prakash, " Mobile Ad-hoc Networkconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network Trend", in *Proceedings of the 21th IEEE Conference on Computer Communications*, pp. 1059-1068, June 2002.
- [5] C.E. Perkins, J.T. Malinen, R. Wakikawa, E.M. Belding-Royer, and Y. Sun, "IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks, draft-ietf-Mobile Ad-hoc Network-autoconf-01.txt", *IETF Working-Group*, November 2001.
- [6] Hongbo Zhou, Lionel M. Ni, Matt W. Mutke, " Prophet Address Allocation for Large Scale Mobile Ad-hoc Networks", INFOCOM 2003. *Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*. IEEE ,2 ,30 March-3 April 2003. Pages:1304 - 1311 vol.2
- [7] Mansoor Mohsin and Ravi Prakash, "IP Address Assignment in a Mobile Ad Hoc Network", *IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2002)*, volume 2, pp. 856-861, October 2002.
- [8] C.perkins, E.M,Royer and SH, Das, "IP address autoconfiguration for ad hoc networks" july 2000 internet draft.
- [9] S. Nesargi and H Prakash "MANET conf. configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network" IEEE INFOCOM 2002
- [10] H. Zhon, L.M.Ni and M,W Mutka. "prophet Address Allocation for Lange Scale MANETs",IEEE INFOCOM 2003