

Mobile Ad-Hoc Network 상에서 제안된 이동노드의 자동 주소할당 및 자동설정 기법의 비교분석*

봉진숙^o 성수련^{**} 신용태^{***}

송실대학교 컴퓨터학과

bearbong@cherry.ssu.ac.kr^o, ssl@cherry.ssu.ac.kr, shin@computing.ssu.ac.kr

Comparative Analysis for Node Auto-Configuration Protocols of Mobile Nodes on Mobile Ad-Hoc Networks

Jinsook Bong^o Sulyun Sung Yongtae Shin
School of Computing, Soongsil University

요 약

Mobile Ad-Hoc Network는 base station에 의존하지 않는 다중 홉 무선 네트워크이다. 이 기술은 동적 주소할당을 위해 일반적으로 사용되는 DHCP 프로토콜이나 경로 메시지를 전달하는 라우터를 사용하지 않고 통신에 참가하는 모든 노드가 라우터 역할을 함으로써 네트워크를 구성한다. 현재 제안되고 있는 라우팅 프로토콜은 모두 네트워크 형성 이전의 노드 설정을 가정한다. MANET의 상용화 관점에서 본 논문은 이동 노드의 주소 할당 및 설정을 위해 zeroconfiguration[2]과 MANETconf[3] 및 네 가지 종류의 주소 할당 메커니즘의 특징을 살펴보고 상대 유지필요성, 주소충돌가능성, 알고리즘 복잡성, 통신오버헤드, 확장성 관점에서 비교분석 하고자 한다.

1. 서 론

Mobile Ad-Hoc Network(MANET)는 유선 기반망 혹은 액세스 포인트 없이 무선 이동단말들로만 구성된 망으로 동적 주소할당을 위해 일반적으로 사용되는 DHCP 프로토콜이나 경로 메시지를 전달하는 라우터를 사용하지 않고 통신에 참가하는 모든 노드가 라우터 역할을 함으로써 네트워크를 구성한다. MANET은 이러한 특징들 때문에 산악지의 긴급 구조 상황이나 전쟁터 등과 같이 유선 기반망이 구축되어 있지 않은 곳에서 손쉽게 통신망을 구성하고 인터넷 서비스를 제공할 수 있다.

최근 Home 네트워킹, Bluetooth, IrDA와 같은 다양한 무선 기술이 제품화 되어 상용되고 있다. MANET은 이러한 무선 기술들과 연동될 수 있으나 현재 MANET에서 제안되고 있는 DSR, AODV, TBRPF 등의 라우팅 프로토콜은 근원지에서 목적지까지의 최적화 또는 최단 경로를 찾기 위한 라우팅 프로토콜을 제안하고 있지만 이들은 모두 네트워크 형성 이전의 노드 설정을 가정하고 있으므로 본 논문에서는 MANET의 상용화를 위해 이동 노드의 주소 할당 및 설정에 사용될 수 있는 zeroconfiguration[2]과 MANETconf[3] 및 네 가지 종류의 주소 할당 메커니즘의 특징을 살펴보고 상대 유지필요성, 주소충돌 가능성, 알고리즘 복잡성, 통신 오버헤드, 확장성 관점에서 비교분석 하고자 한다.

† 본 논문은 현재 과학재단의 “CDN 기반의 유·무선 멀티캐스트 그룹통신 기술에 관한 연구” 관련 위탁연구과제의 일환으로 수행되었음.

^o 송실대학교 석사과정
^{**} 송실대학교 박사과정
^{***} 송실대학교 부교수

본 논문은 2장에서 관련연구에 대해 설명하고 있으며 3장에서 zeroconfiguration[2]과 MANETconf[3] 및 네 가지 종류의 주소 할당 메커니즘의 특징을 살펴본 후 비교분석을 하고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

현재 이동성을 지원하기 위하여 Mobile IPv4 및 Mobile IPv6 등이 제안되고 있다. 그러나, 하부구조의 부재 및 잦은 이동성으로 인해 낮은 대역폭과 높은 전송 오류 및 전송 회선의 불안정성 등의 특성을 갖는다. 이 때문에 MANET에 이전 라우팅 프로토콜을 그대로 사용하지 못하고 새로운 라우팅 프로토콜들이 제안되었다.

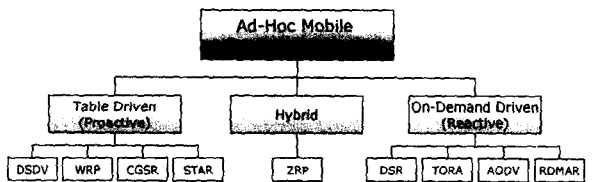


그림 1. Ad-Hoc 라우팅 프로토콜 분류

새로운 라우팅 프로토콜은 양방향 통신전에 라우팅 정보를 알고 있는지 여부에 따라 크게 proactive, reactive, hybrid 방식으로 분류 할 수 있는데 proactive 방식은 모든 노드가 목적지까지의 정보를 알고 있는 것이고 reactive 방식은 필요시에 노드가 목적지 노드의 라우팅 정보를 찾게 되며 hybrid 방식은 proactive 및 reactive 기법의 장점을 혼합한 것이다. 그림 1은 이들 세 가지 분류에 따른 Ad-Hoc

라우팅 프로토콜의 예를 보여주고 있다[1].

아직까지도 MANET은 보안이나 QoS 및 Hand-off 등 많은 문제가 남아 있으며, 또한 이동 노드의 주소 할당 및 설정에 대한 연구도 아직 미흡한 상태이다.

3. MANET에서 이동노드의 주소할당을 위한 메커니즘

현재 mobile ad-hoc 네트워크에서 이동노드의 주소할당을 위해 제안되는 메커니즘은 아래와 같다.

3.1 Zeroconfiguration

IP 네트워크 설정에 관해 IETF Zeroconf 워킹그룹[2]에서는 사용자나 관리자의 관여가 없는 zeroconfiguration 기술을 연구하고 있다. 이 기술은 SOHO 네트워크, 비행기나 기차 같은 교통 및 운송 수단에서의 네트워크, 홈 네트워크, 그리고 ad-hoc 네트워크 상에서 IP 네트워킹을 쉽게 운용되도록 고안되었으며 크게 IP 인터페이스 설정, 호스트 이름의 IP 주소로의 변환, IP 멀티캐스트 주소의 할당 그리고 서비스 탐색 이렇게 네 가지 기술로 나누어진다. zero-configuration은 네트워크 내에서 주소 설정 정보가 전혀 없을 때이라도 유용하게 사용할 수 있는 방안이나 서비스를 제공하고 있는 토폴로지가 논리적 또는 물리적으로 단일 네트워크 세그먼트를 가정하고 있기 때문에 유선 기반의 네트워크에 적합하다. 그림 2와 3은 단일 링크 및 다중링크 경우에서의 zeroconfiguration 구성을 보여준다.

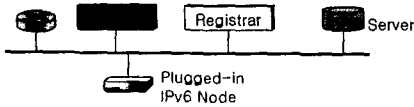


그림 2. 단일 링크의 경우의 zeroconfiguration 구성

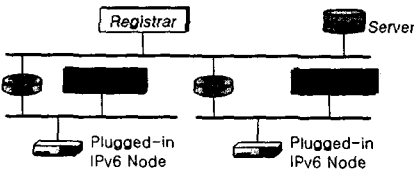


그림 3. 다중 링크의 경우의 zeroconfiguration 구성

3.2 MANETconf

[3]에서는 단일 계층구조를 기반으로 2단계 주소할당 메커니즘을 적용한 프로토콜을 제안하고 있다. 그러나 주소 중복성 검사를 위해 모든 노드가 브로드캐스트 메시지를 주고받음을 위하여 규모가 큰 네트워크에서 확장성을 제공하지 못한다는 단점이 있다. 또한, 전체 네트워크에서 각각의 노드는 다른 모든 노드의 정보를 알고 있어야 하는 문제점이 있다. 따라서, 주소할당을 위해 주소 관리자 역할을 하고 있던 어떤 노드가 갑자기 crashed된다면, 네트워크의 안정성 및 복원력에 있어 많은 문제점을 안고 있다.

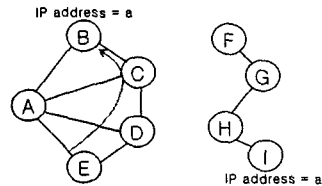
3.3 주소할당 알고리즘

현재까지 제안된 주소할당 알고리즘을 분류하면 다음과

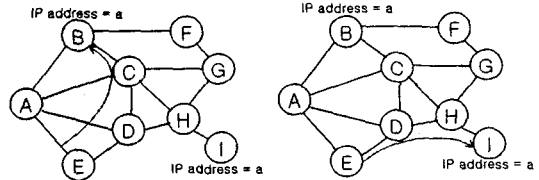
같다: conflict-detection 주소할당 알고리즘, conflict-free 주소할당 알고리즘, best-effort 주소할당 알고리즘, prophet 주소할당 알고리즘. 각각의 알고리즘에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

• Conflict-detection 주소할당 알고리즘

Conflict-detection allocation 알고리즘은 MANET에 새로운 노드가 진입하는 경우 "trial and error" 방식으로 미사용 중인 IP주소를 할당하게 된다. 즉, 새로운 노드는 임시로 IP주소를 선택하여 그 주소를 가지고 MANET안의 모든 노드에게 승인을 요청하게 된다. 만약 그 IP노드를 사용하고 있는 다른 노드가 MANET 안에 존재한다면 veto를 통해 그 주소를 사용할 수 없음을 새로운 노드에게 알리게 되고 새로운 노드는 다른 IP주소를 선택하여 중복 주소가 없을 때까지 승인 요청을 시행하여 가장 마지막에 선택된 IP 주소를 영구주소로 사용하게 된다. 아래 그림 4는 Conflict-detection 주소할당 알고리즘에서 주소충돌의 예이다[5].



(a) 노드 B와 I가 동일한 주소 a를 선택



(b) 충돌 감지

그림 4. Conflict-detection allocation의 예

Conflict-free 주소할당 알고리즘

Conflict-free 주소할당에서는 미사용중인 주소 풀(address pool)을 따로 관리하여 새로운 노드가 첨가 될 때마다 이 풀 안에 있는 주소를 새로운 노드에게 할당한다. 만약 이동노드가 MANET 범위 밖으로 이동하거나 통신을 끝내는 경우에 다른 노드에게 이러한 사실을 알리게 되면 이 노드에게 할당되었던 IP 주소는 다시 미사용 풀에 등록되어 새로운 노드에게 할당될 수 있으나 그렇지 않은 경우, 이 노드에게 할당되었던 IP 주소는 사용될 수 없는 주소가 되어버리므로 conflict-free 주소할당 알고리즘에서는 주소 할당보다 주소 풀 관리가 더 중요하게 취급된다[6].

• Best-effort 주소 할당 알고리즘

Best-effort 주소할당 메커니즘을 사용하는 가장 대표적인 예로 DDHCP(Distributed Dynamic Host Configuration Protocol)가 있다. MANETconf[3] 역시 DDHCP에 속하는 프로토콜이다. DDHCP는 모든 이동 노드를 추적하여 global 주소할당 상태를 유지함으로써 자원의 가용성 여부를 결정한다. MANET안에 새로운 노드가 진입하면 이웃의 노드들 중에 하나가 새로운 노드에게 IP 주소를 선택해준다. 만

일 거의 동시에 여러 개의 새로운 노드가 네트워크에 진입하는 경우에는 동일한 IP 주소를 할당해 줄 수도 있기 때문에 주소 중복이 일어났는지 확인하는 절차가 부가적으로 필요하다. DDHCP는 가장 낮은(lowest) IP 주소를 partition ID로 사용하여 주기적으로 전체 partition으로 보내기 때문에 이 partition ID를 보고 네트워크의 분할 및 병합 상태를 알 수 있으며 주소충돌 발견 및 resolution을 초기화 할 수 있다.

· Prophet 주소할당 알고리즘

[4]에서 제안하고 있는 알고리즘은 conflict-detection allocation과 best-effort 주소할당 알고리즘의 random guesses와 conflict-free 주소할당 알고리즘을 혼합한 것으로 선임노드가 후임노드의 주소를 미리 결정할 수 있을 뿐만 아니라 잠재적인 주소의 충돌을 예측할 수 있다. 때문에 선임노드를 prophet이라고 하며 이런 알고리즘을 prophet allocation이라 한다. prophet 주소할당 알고리즘은 그림 6과 같다.

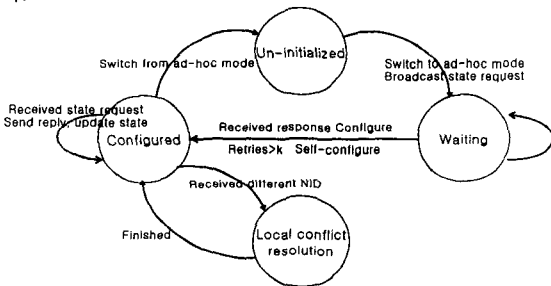


그림 6. Prophet 주소 할당 알고리즘

3.4 네 가지 주소 할당 알고리즘 비교 분석

이동 노드에 대한 주소할당 시에는 주소의 충돌가능성의 억제를 위해서 상태유지를 해야 하는데 이때, 상태유지 정보는 많지 않아야 한다. 또한 빠른 시간 안에 주소할당이 이루어지게 하기 위해서 알고리즘의 시간 복잡도는 낮을수록, 통신오버헤드가 적을수록 효율적이다. 마지막으로 노드 수의 증가에 관계없이, 충분한 주소를 제공할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 상태유지의 필요성, 주소충돌가능성, 알고리즘의 시간복잡도, 주소할당을 위한 통신 동안 오버헤드, 그리고 확장성의 측면 네 가지 주소할당 알고리즘을 비교분석하면 다음과 같다.

	Conflict-detection	Conflict-free	Best-effort	Prophet
상태유지 필요성	x	o (부분적으로)	o	o
주소충돌 가능성	o	x	o	x
알고리즘 복잡성	낮다	높다	높다	낮다
통신 오버헤드	$O((n+1) \times k)$	$O(2/n)$	$O((n+1) \times k)$	$O(2/n)$
확장성	적다	보통/적다	적다	크다

표 1. 4가지 종류의 주소할당 알고리즘 비교

Conflict-detection 알고리즘은 가장 간단한 알고리즘으로 상태유지를 할 필요가 없다. 그러나 주소 충돌 감지를 위하여 브로드캐스트 방식을 도입하므로 높은 통신 오버헤드가 발생하게 되며 적은 확장성을 갖게 된다. MANET 안으로 하나의 노드가 들어오고 나가는 시나리오에서는 적절히 활용될 수 있으나 네트워크가 분할되고 재 병합 되거나 두 개의 독립적인 MANET이 병합되는 시나리오에는 적합하지 않다.

Conflict-free 알고리즘은 주소할당 관점에서는 간단하나 주소 풀 관리측면에서는 복잡하다. 대부분의 통신이 두 이웃 노드 사이에서 발생하게 되므로 통신오버헤드는 낮으며 중간 정도의 확장성을 갖는다. 이와 같은 주소할당 방식을 사용하면 한 네트워크가 분할된 후에 다시 병합되는 시나리오에서의 주소중복 문제는 해결할 수 있으나 두 개의 독립적인 네트워크의 통합 시 발생하는 주소 중복 문제는 해결할 수 없다.

Best-effort 알고리즘은 주소충돌 가능성, 높은 통신오버헤드, 낮은 확장성 등 conflict-detection 알고리즘과 거의 유사한 특징을 갖는다. 그러나 global한 상태유지를 필요로 하기 때문에 상태관리나 동기화관점에서 좀 더 복잡하다.

Prophet 알고리즘은 MANET에 새로운 노드가 진입할 때 이웃노드가 새로운 노드의 주소와 초기 상태를 결정해 주기 때문에 상태함수 $f(n)$ 의 결정이 보다 중요하다. 그러나 주소를 할당하는 노드가 통신이 끝날 때까지 네트워크를 떠날 수 없다는 단점을 갖는다.

4. 결론

본 논문에서는 이동 노드의 주소 할당 및 설정을 위해 zeroconfiguration과 MANETconf 및 네 가지 종류의 주소 할당 메커니즘의 특징에 대해 살펴본 후 이를 비교분석 하였다. conflict-detection 주소할당의 경우, 임의의 주소를 선택해 인증을 받는 방식을 취하고 conflict-free 주소할당은 주소 풀에 존재하는 미사용 IP주소를 할당한다. 또한 best-effort 주소할당 알고리즘에서는 global한 주소할당 상태유지를 통해 주소할당을 하게 되며, prophet 주소할당 알고리즘에서는 선임노드가 후임노드의 주소를 결정한다. 각각의 알고리즘은 제각기 다른 장점과 단점을 갖기 때문에 위와 같은 연구를 기반으로 앞으로도 주소 할당 및 설정을 위한 연구들이 계속되어야 할 것이며, 보안이나 QoS 및 Hand-off 등에 대한 문제도 계속 개선되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] MANET WG, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
 [2] Zeroconfiguration WG, <http://www.ietf.org/html.charters/zeroconf-charter.html>
 [3] S. Nesargi, R. Prakash, "MANETconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network," IEEE INFOCOM 2002.
 [4] H. Zhou, L. Ni, M. Mutka, "Prophet Address Allocation for Large Scale MANET," IEEE INFOCOM 2003.
 [5] N. Vaidya, "Duplicate Address Detection in Mobile Ad Hoc Networks", submitted for MobiHoc'02, June 2002.
 [6] A. Misra, S. Das, A. McAuley, S. Das, "Autoconfiguration, Registration, and Mobility Management for Pervasive Computing", IEEE Personal Communication, August, 2001.