

차세대 국방정보통신망을 위한 IPv6 주소 할당 방안

(A Method for IPv6 Address Assignments of the Next Generation Defense Network)

김 권 일 [†] 이 상 훈 ^{**}
(Kwonil Kim) (Sanghoon Lee)

요 약 우리 군은 장차전 양상인 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)과 같은 새로운 전쟁 수행 개념 구현에 대한 연구 및 발전을 추진하고 있는데, IPv6는 이러한 미래 전장을 지원하는 차세대 국방정보통신망에 필수적인 기반 요소이다. 국방정보통신망의 IPv6 주소 할당과 관련된 연구들이 있었지만, 군 조직 구조 기반으로 계층적 할당을 하거나, 서비스망부터 할당하여 경로 요약(route aggregation)이 비효율적이고 라우팅 테이블 크기가 커지는 단점이 있었다. 본 논문에서는 차세대 국방정보통신망의 토폴로지를 검토하고, 네트워크 토폴로지 기반으로 서비스망을 구분하는 필드의 위치를 조정하여 경로 요약 및 라우팅 테이블 크기를 기존 연구보다 효율적으로 개선했으며, OPNET 시뮬레이터를 이용하여 이를 검증했다.

키워드 : IPv6 주소할당, 차세대 국방정보통신망

Abstract Korean military is propelling the M&S on new warfare concept, such as NCW(Network Centric Warfare) which is the aspect of future war. IPv6 is the essential element of next generation defense network which is supporting the future battlefield. There have been many studies on allocating the IPv6 address for next generation defense network. However, they assigned the address by level on the basis of the military organization or assigned it from the service network, so

* 이 논문은 제34회 추계학술대회에서 '차세대 국방정보통신망을 위한 IPv6 주소 할당 방안'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 국방대학교 전산정보
kweon95@gmail.com

^{**} 종신회원 : 국방대학교 전산정보 교수
hoony@kndu.ac.kr

논문접수 : 2007년 12월 6일

심사완료 : 2008년 3월 24일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제4호(2008.6)

it had the defect, the big size routing table. This study reviews the topology of next generation defense network and adjusts the position of service network ID on the basis of the network topology. Finally, it improved the efficiency of route aggregation and minimized the routing table size in comparison with the previous studies and it was proved by OPNET simulator.

Key words : IPv6 address assignment, Military broadband convergence network

1. 서론

국방부는 현재 ATM 교환기로 구성된 국방정보통신망이 처리할 수 있는 대역폭의 한계 및 구성의 복잡성을 해결하고, 미래 ALL IP 기반 정보통신 인프라 구축 및 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 QoS를 보장하기 위해 차세대 국방정보통신망(M-BcN, Military Broadband convergence Network)을 구축할 계획이다[1,2].

차세대 국방정보통신망에서 다양한 서비스망(KJCCS, 각 군 전술C4I, 국방전산망, MIMS, 기무망 등)과 응용체계를 구현하고 통합하는 기반으로 IP(IPv6)가 중심적인 역할을 할 것이다. 그러므로 IPv6 주소체계는 NCW 환경 하에서 네트워크를 효율적으로 운영하고, 관리하는데 주요한 요소이다. 또한, 향후 정보통신 기술의 발전과 IP 기술 동향으로 볼 때 장기적으로 국방정보통신체계의 IPv6로의 전환은 필수적이라 판단된다.

국방 IPv6 주소 할당과 관련된 두 가지 선행 연구 결과가 있다[3,4]. 그러나 네트워크 토폴로지 기반으로 계층적 설계가 되지 않았거나, 서비스망을 구분하는 필드를 가장 먼저 할당하여 라우팅 테이블의 크기가 증가하는 단점을 갖고 있다. 이 때문에 라우터 간 하나의 전송 경로에 대해 서비스망 개수만큼 경로 요약이 발생하고, 라우팅 테이블의 크기가 서비스망 개수에 비례적으로 증가했다. 이는 네트워크 관리자에게 복잡한 라우팅 테이블을 관리해야 하는 부담을 갖게 한다. 또한 네트워크 토폴로지를 기준으로 주소를 할당했지만 현재의 국방정보통신망 토폴로지를 기준으로 설계했기 때문에 차세대 국방정보통신망에 적용하는 것이 제한된다.

본 논문에서는 차세대 국방정보통신망 토폴로지를 기반으로 경로 요약의 효율성 및 라우팅 테이블 크기를 최소화할 수 있는 주소 설계 방안을 제안하고자 한다. 제안된 방안은 서비스망 구분 필드를 가입부대의 LAN 주소 영역(Subnet ID)에 할당했기 때문에 라우터 간 하나의 전송 경로에 대해 하나의 경로 요약으로 표현할 수 있고, 이로 인해 라우팅 테이블의 크기가 서비스망 개수에 관계없이 일정한 크기를 갖게 할 수 있다.

2. 차세대 국방정보통신망

2.1 목표망 구조

정보통신 신기술을 적용하고 발전적인 국방정보통신망을 위해서는 다양한 서비스를 제공해줄 수 있는 단일 통합 네트워크가 요구되며, 네트워크의 생존성을 높이고 확장성이 가능한 유연한 구조가 필요하다. 이러한 필요성에 입각하여 2015년 이후의 차세대 국방정보통신망의 목표개념 구조는 그림 1과 같다[1,2].

각 라우터 사이의 유선 전송망은 EoS(Ethernet over SDH) 방식으로 구성하여 전송 속도를 향상시키면서도 네트워크는 단순화시킨다. 무선 전송망은 백업용으로써 위성과 마이크로웨이를 사용하고, 합정 및 오지(奧地) 부대의 경우 무선 전송망으로만 구성될 수 있다.

가입부대는 ALL IP 환경으로 하나의 통합된 네트워크로 구성된다. 가입부대의 음성, 방송, 데이터 단말은 IP 기반의 패킷 데이터를 사용하므로 각 서비스에 적합한 QoS가 적용될 것이다. 음성 전화는 VoIP 기술로 전환되며 AGW(Access Gateway)는 현재 운영되는 부대 교환기 같은 역할을 하고, SSW(Soft-Switch)는 VoIP의 호 설정을 제어하는 역할을 한다.

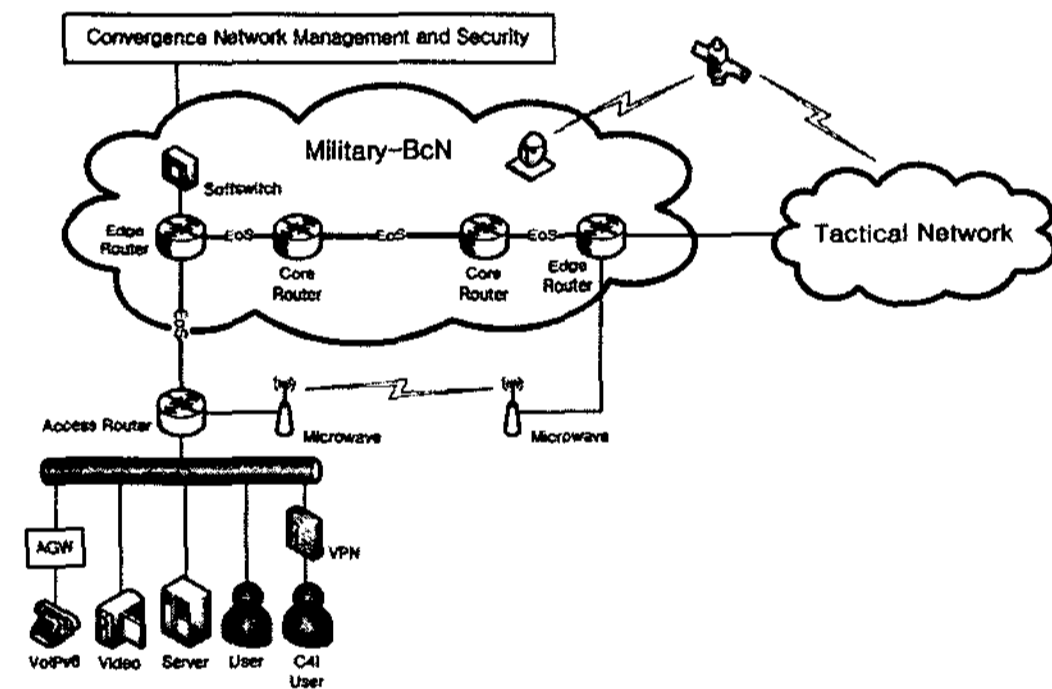


그림 1 차세대 국방정보통신망 목표 개념

차세대 국방정보통신망은 기존에 물리적으로 분리되어 운영된 비화망(C4I 등)과 비비화망(국방전산망 등)을 하나의 통합된 네트워크로 구성한다. 그러므로 비화망에 대한 보안을 위해 VPN 장비로 사용자 인증 및 패킷을 암호화하여 논리적으로 비비화망과 분리시킨다. 또한 라우터와 라우터 사이에 이더넷 암호장비를 구성하여 암호화한다.

2.2 차세대 국방정보통신망 토폴로지

차세대 국방정보통신망의 구성 개념은 그림 2와 같다. 백본노드는 22개의 노드로 구성되어 전국에 분포되어 있다. 22개 백본노드 중 중앙의 핵심 7개 노드는 Core 라우터로 Core망을 구성하고, Edge망은 22개 노드에 Edge 라우터가 설치되어 인접한 Core 라우터에 연결된다. 각 Core 노드에 연결되는 Edge 노드의 수는 6개

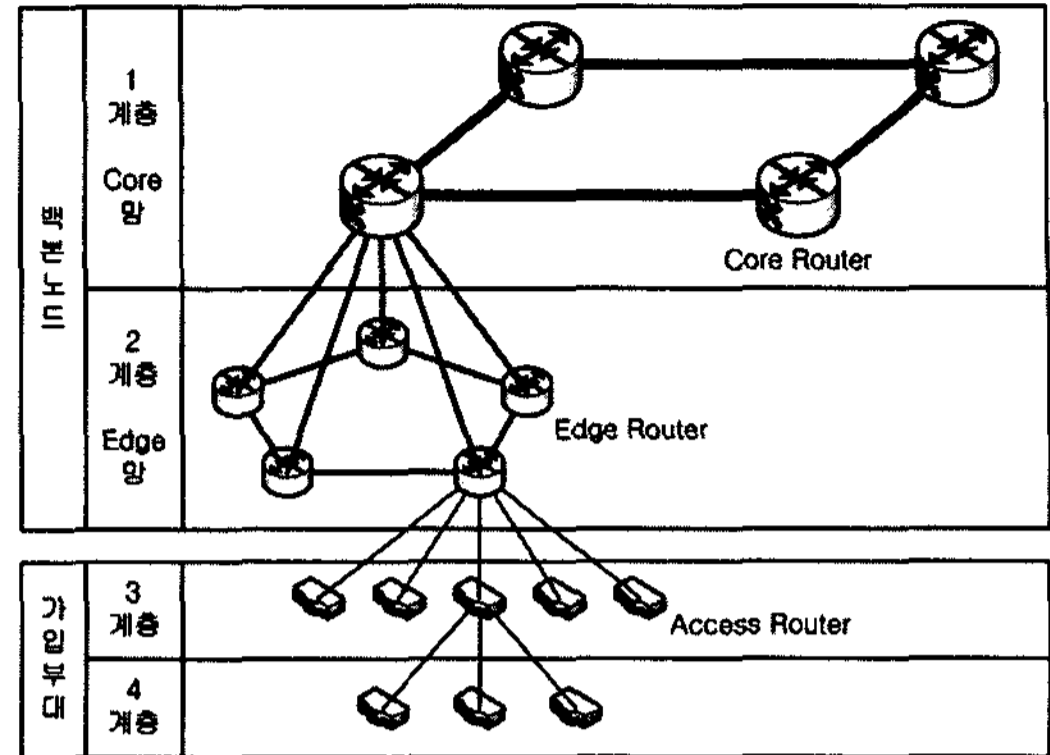


그림 2 차세대 국방정보통신망 구성 개념

이하로 지역에 따라 연결되는 수는 상이하다. 또한 Core 및 Edge 노드의 라우터는 생존성을 위해 이중으로 구성된다.

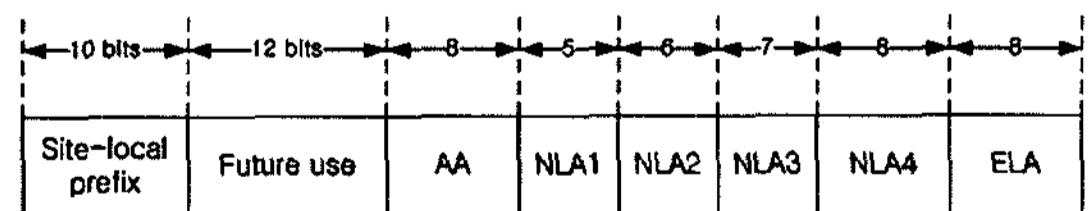
3계층 Access망 가입부대는 대대급 이상 부대 및 지역 지원부대로써 인접한 Edge 라우터에 연결된다. Edge 라우터와 Point-to-Point 방식으로 연결되며 부대 규모에 따라 대역폭이 할당된다.

4계층 Access망 가입부대는 독립 중대급 이하 부대로써 인접한 3계층 Access 라우터에 Point-to-Point 방식으로 연결되며 지역에 따라 유선 또는 무선 네트워크로 구성된다.

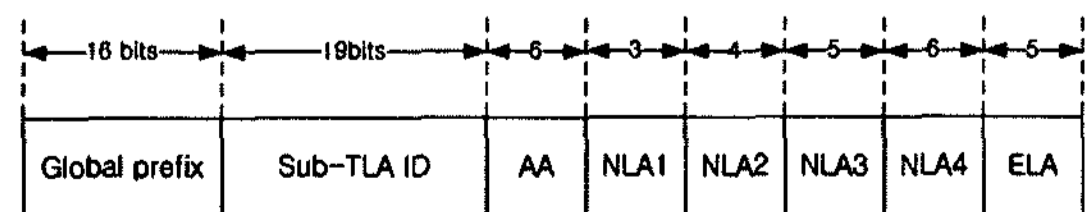
3. 선행 연구 분석

선행 연구[3]은 IPv6 주소를 기반으로 국방정보통신망의 주소체계를 설계하기 위해 국방 조직(organization)을 계층적으로 분석하고, 인트라넷을 기준으로 적용한 방안과 인터넷과의 통합을 기준으로 적용한 방안을 그림 3과 같이 설계하였다.

그림 3은 인터페이스 식별자인 interface ID 부분을 생략한 상위 64비트 prefix에 대한 할당 방안으로, AA (Application Aggregation) 필드는 군에서 운영하는 응



(a) 인트라넷 적용 방안



(b) 인터넷과 통합 시 적용 방안

그림 3 조직 기반 할당 방안[3]

용체계(즉, 응용체계를 위한 서비스망)를 구분하는 필드이고, NLA(Node Level Aggregation)는 국방 조직의 각 계층적 구조에 해당하는 부대를 구분하는 필드이며, ELA(End Level Aggregation)는 최하위 조직 및 Subnet ID를 구분하는 필드로 정의하였다.

그러나 IPv6 주소 할당 시 계층적으로 나누는 기준은 조직의 계층 구조가 아니라 네트워크 토폴로지의 계층을 의미한다[5,6]. 국방정보통신망의 계층적 토폴로지와 국방 조직의 계층적 구조는 서로 다르므로, IPv6 주소는 네트워크 토폴로지를 기반으로 설계를 해야 한다. 또한 IPv6 Site-local 주소(FEC0::)는 Global Unicast 주소 대역으로 편입될 예정이기 때문에 임의대로 사용하는 것이 제한된다[7,8].

[4]는 국방정보통신망의 네트워크 토폴로지를 기반으로 그림 4와 같이 주소를 설계하였다. 차세대 네트워크 토폴로지는 현재 운영하는 ATM 백본망과 IP망으로, 토폴로지가 변하지 않고 단지 회선의 대역폭과 가입부대만 증가할 것이라고 가정하고 있다.

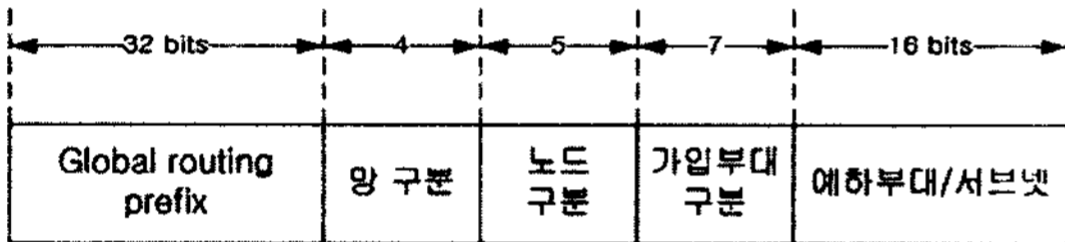


그림 4 서비스망 우선 할당 방안[4]

[4]는 응용별 네트워크(C4I, KJCCS, MIMS, 국방전산망, 인터넷 등) 구분을 위한 “망 구분” 필드를 최상위 4비트로 할당하였고, ATM 백본망의 22개 노드를 구분하기 위해서 5비트를, 각 노드에 연결되는 가입부대를 위해 7비트를 할당하였다. 마지막으로 가입부대의 예하부대 및 서브 네트워크를 구분하기 위해 16비트를 할당하였다.

그러나 [3,4]는 응용체계(즉, 응용체계별 네트워크)를 구분하는 “AA” 필드와 네트워크를 구분하는 “망 구분” 필드를 가장 먼저 할당함으로써, 라우팅 테이블의 크기가 서비스망의 개수에 비례해서 커지는 단점이 있다. 즉, 하나의 네트워크 경로(route)에 라우팅 정보가 여러 개 있음을 의미한다.

또한, [4]는 현재의 네트워크 토폴로지를 기준으로 IPv6 주소를 설계했기 때문에 네트워크 토폴로지가 바뀌게 될 차세대 국방정보통신망에 적용하기에는 제한이 된다.

4. 차세대 국방정보통신망을 위한 IPv6 주소 할당

본 논문에서 제안된 방안은 라우터들의 라우팅 테이블 크기를 최소화하고 경로 요약을 효율적으로 구성할 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다. 이유는 IPv6 주소 할당 정책[5]의 주소관리 목적에 기반을 두기 때문이다.

주소 설계는 차세대 국방정보통신망의 네트워크 토폴로지를 바탕으로 한다. 예를 들어 그림 5와 같이 Core 계층의 노드 수에 알맞은 prefix를 할당하고, 하위 Edge 계층은 상위 계층의 prefix를 포함한 Edge 노드 수에 알맞은 prefix를 할당하는 것이다.

주소 설계 기준은 KRNIC 또는 ISP에서 최초 /32 prefix를 할당받은 것으로 가정한다. 그리고 각 계층의 노드에 주소 할당 시 1개의 예비 주소를 포함해서 할당한다. 왜냐하면 차후 해당 노드에 추가적인 주소 수요가 발생할 수 있으며, 주소 단편화를 방지하기 위함이다.

제안하는 IPv6 주소 설계는 그림 6과 같다. 라우터의 라우팅 테이블 크기를 최소화하기 위해 [3,4]와 같이 서비스망부터 할당하는 대신, 네트워크의 상위 계층 노드부터 주소를 할당한다.

우선, 1 계층 Core망은 7개의 노드에 구성되어 있으므로 예비를 포함하여 4비트를 할당한다(“Core node ID” 필드). 각 Core 노드는 6개 이하의 Edge 노드와 연결되므로 Edge망에는 예비 주소를 포함하여 4비트를 할당한다(“Edge node ID” 필드).

각 Edge 노드에는 대략 140개 이하의 3계층 Access 노드가 연결되므로 예비 주소를 포함하여 9비트를 할당하며(“3 layer Access node ID” 필드), 각 3계층 Access 노드에는 3개 이하의 4계층 Access 노드가 연결되므로

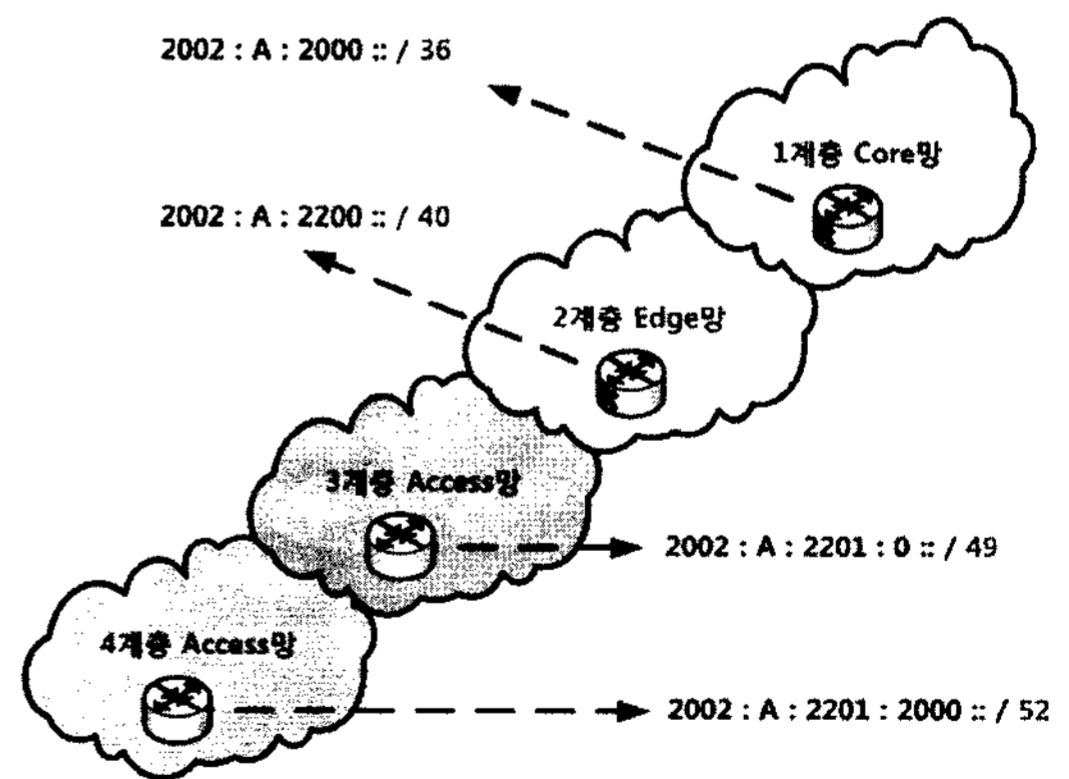


그림 5 네트워크 토폴로지 기반 주소 할당 개념

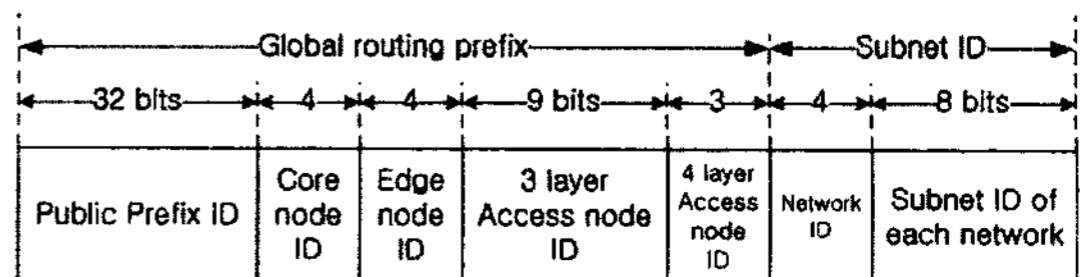


그림 6 제안하는 IPv6 주소 할당 방안

예비 주소를 포함하여 3비트를 할당한다("4 layer Access node ID" 필드). 그러므로 52비트의 prefix ID가 각 Access 노드의 Global routing prefix가 되고 12비트가 LAN영역을 구분하는 Subnet ID가 된다.

차세대 국방정보통신망 내의 서비스망(C4I, 국방전산망, VoIP 등)을 구분하기 위해서 "Subnet ID" 필드 내에 4비트를 할당하고("Network ID" 필드), 나머지 8비트는 각 서비스망의 Subnet ID로 지정한다("Subnet ID of each network" 필드).

이와 같이 설계하면 백본(Core and Edge) 노드에서는 각 서비스망 개수와 관계없이 전체 트래픽에 대한 경로를 지정할 수 있으며, Access 노드에서 서비스망에 따라 경로를 통제할 수 있기 때문에, 백본 노드의 라우팅 테이블 크기가 서비스망 개수에 관계없는 라우팅 정보를 가질 수 있는 것이다. 이는 라우터의 메모리를 최소로 사용해서 프로세스 효율을 높일 수 있고, 라우팅 정보의 가독성을 높여 네트워크 관리에 편의성을 제공한다.

5. 제안 방안의 시뮬레이션

제안 방안을 적용한 네트워크의 라우팅 테이블과 경로 요약의 효율성을 검증하기 위해 네트워크 시뮬레이션 툴인 OPNET Modeler 12.0(included an IPv6 module)을 사용하였다.

본 장에서는 제안 방안과 서비스망을 구분하는 필드를 먼저 할당한 기존 방안을 비교하여 라우팅 테이블의 크기가 줄어드는 지, 경로 요약이 효율적으로 이루어지는 지를 검증한다.

실험 네트워크는 그림 7과 같이 OPNET으로 구성하여 두 가지 경우에 대한 IPv6 주소를 static 방식으로 설정 후 라우팅 테이블 정보를 분석한다. 서비스망 개수는 3개로 가정하였다.

실험 후 Core 노드 A를 예로 들면, 경로 요약을 적

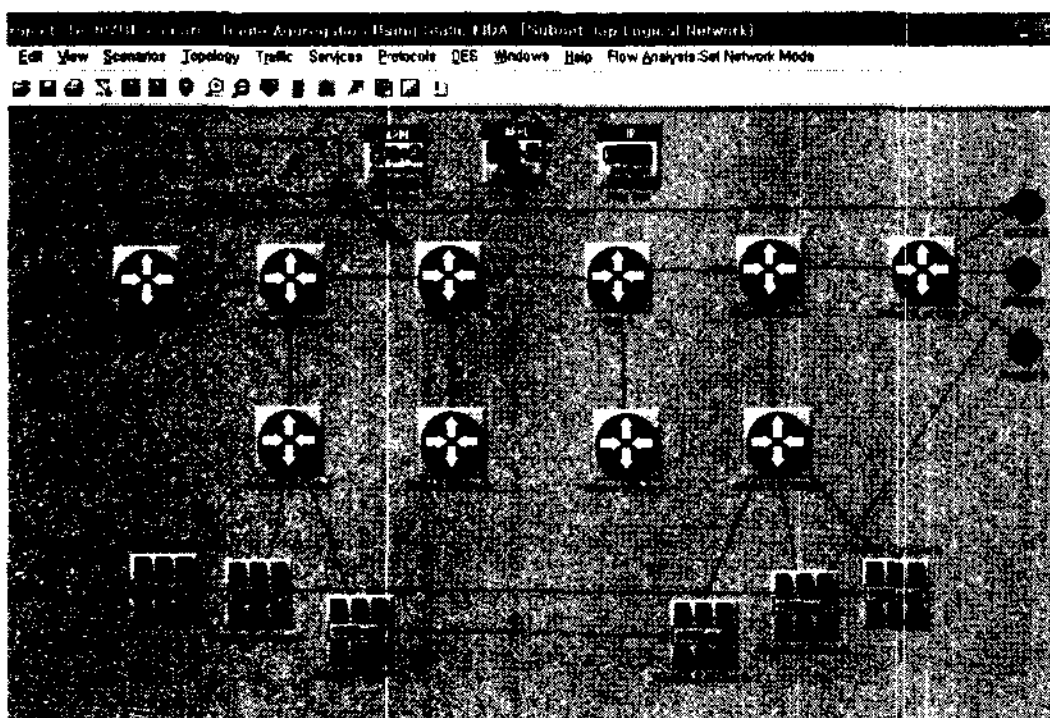


그림 7 실험 네트워크 구성도

	Destination	Source Protocol	Next Hop Address	Next Hop Node	Outgoing Interface
1	2002:A:0:1:0:0:0/64	Direct	2002:A:0:1:0:0:0:1	Core A	IF11
2	2002:A:0:1:0:0:0:1/128	Local	2002:A:0:1:0:0:0:1	Core A	IF11
3	2002:A:1000:1:0:0:0/64	Direct	2002:A:1000:1:0:0:0:2	Core A	IF10
4	2002:A:1000:1:0:0:0:2/128	Local	2002:A:1000:1:0:0:0:2	Core A	IF10
5	2002:A:1000:2:0:0:0/64	Direct	2002:A:1000:2:0:0:0:2	Core A	IF4
6	2002:A:1000:2:0:0:0:2/128	Local	2002:A:1000:2:0:0:0:2	Core A	IF4
7	2002:A:1100:0:0:0:0/40	Static	2002:A:1000:1:0:0:0:1	Edge A of Core A	IF10
8	2002:A:1200:0:0:0:0/40	Static	2002:A:1000:2:0:0:0:1	Edge B of Core A	IF4
9	2002:A:2000:0:0:0:0/36	Static	2002:A:0:1:0:0:0:2	Core B	IF11
10					

(a) 제안 방안의 Core 노드 A 라우팅 테이블

	Destination	Source Protocol	Next Hop Address	Next Hop Node	Outgoing Interface
1	2002:A:1000:1:0:0:0/64	Direct	2002:A:1000:1:0:0:0:1	Core A	IF11
2	2002:A:1000:1:0:0:0:1/128	Local	2002:A:1000:1:0:0:0:1	Core A	IF11
3	2002:A:1100:1:0:0:0/64	Direct	2002:A:1100:1:0:0:0:2	Core A	IF10
4	2002:A:1100:1:0:0:0:2/128	Local	2002:A:1100:1:0:0:0:2	Core A	IF10
5	2002:A:1100:2:0:0:0/64	Direct	2002:A:1100:2:0:0:0:2	Core A	IF4
6	2002:A:1100:2:0:0:0:2/128	Local	2002:A:1100:2:0:0:0:2	Core A	IF4
7	2002:A:1110:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:1:0:0:0:1	Edge A of Core A	IF10
8	2002:A:1120:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:2:0:0:0:1	Edge B of Core A	IF4
9	2002:A:1200:0:0:0:0/40	Static	2002:A:1000:1:0:0:0:2	Core B	IF11
10	2002:A:2110:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:1:0:0:0:1	Edge A of Core A	IF10
11	2002:A:2120:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:2:0:0:0:1	Edge B of Core A	IF4
12	2002:A:2200:0:0:0:0/40	Static	2002:A:1000:1:0:0:0:2	Core B	IF11
13	2002:A:3110:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:1:0:0:0:1	Edge A of Core A	IF10
14	2002:A:3120:0:0:0:0/44	Static	2002:A:1100:2:0:0:0:1	Edge B of Core A	IF4
15	2002:A:3200:0:0:0:0/40	Static	2002:A:1000:1:0:0:0:2	Core B	IF11
16					

(b) 기존 방안의 Core 노드 A 라우팅 테이블
그림 8 Core 노드 A 라우팅 테이블

용한 Core 노드 A의 라우팅 정보는 제안 방안의 경우 그림 8(a)와 같이 9개 항목으로 나타나며, 기존 방안은 그림 8(b)와 같이 15개 항목이 된다.

그러나 그림 8(b)를 보면, Core 노드 A에서 Edge 노드 A나 Core 노드 B로 가는 경로 요약 정보가 각각 3개가 있음을 알 수 있다. 즉, 인접 노드로 가는 경로가 서비스망 개수만큼 비례해서 나타나는 것이다. 그림 8(a)는 서비스망 개수와 관계없이 경로 요약이 이루어지므로, 제안 방안이 기존 방안에 비해 경로 요약의 효율이 높음을 알 수 있다. 그에 따라 라우팅 테이블의 크기도 제안 방안이 기존 방안에 비해 적음을 확인할 수 있다.

각 노드에 따른 라우팅 테이블의 크기를 수식으로 나타내면 제안 방안은 표 1과 같고, 기존 방안은 표 2와 같다. 제안 방안의 Core 노드 수식의 의미는, 다른 Core 노드로의 경로를 위해 (C-1)개가, 해당 Core 노드에 연결된 Edge 노드로의 경로 위해 ce 개의 경로 정보가 필요함을 의미하고, cl 은 Core 노드에 직접(direct) 연결된 링크 수를 나타내는 것이다.

표 1과 2에서 알 수 있듯이 제안 방안은 서비스망 개수(k)와 관계없이 일정한 크기의 라우팅 테이블 크기를 가지지만, 기존 방안의 라우팅 테이블 크기는 k 에 비례하는 것을 알 수 있다.

표 1 각 노드에 대한 제안 방안의 라우팅 테이블 크기

구분	방안 1
Core 노드	$(C-1) + \overrightarrow{ce} + 2\overrightarrow{cl}$
Edge 노드	$\overrightarrow{ea} + 2\overrightarrow{el} + 1$
Access 노드 (3 layer)	$\overrightarrow{aa} + k + 2\overrightarrow{al} + 1$

표 2 각 노드에 대한 기존 방안의 라우팅 테이블 크기

구분	방안 2
Core 노드	$k \times ((C-1) + \overrightarrow{ce}) + 2\overrightarrow{cl}$
Edge 노드	$k \times \overrightarrow{ea} + 2\overrightarrow{el} + 1$
Access 노드 (3 layer)	$k \times \overrightarrow{aa} + k + 2\overrightarrow{al} + 1$

- k : 논리적인 네트워크의 개수
- C : Core 노드의 총 개수
- \overrightarrow{ce} : 해당 Core 노드에 연결된 Edge 노드의 개수
- \overrightarrow{cl} : 해당 Core 노드에 연결된 링크의 개수
- \overrightarrow{ea} : 해당 Edge 노드에 연결된 Access 노드의 개수
- \overrightarrow{el} : 해당 Edge 노드에 연결된 링크의 개수
- \overrightarrow{aa} : 해당 Access 노드에 연결된 Access 노드의 개수
- \overrightarrow{al} : 해당 Access 노드에 연결된 링크의 개수

6. 결론

본 논문에서는 차세대 국방정보통신망을 기반으로 라우팅 테이블 크기를 최소화할 수 있는 IPv6 주소를 설계 방안을 제안하였다. 이를 위해 차세대 국방정보통신망의 토폴로지 및 국제 IPv6 주소 할당 정책, 국방 IPv6 주소 할당에 관한 선행 연구를 분석한 결과 [3]은 네트워크 토폴로지 기준으로 설계하지 않았으며, [4]는 현재의 국방정보통신망 기준으로 설계하여 차세대 국방정보통신망에 적용하는 것이 제한되었다. 또한, 공통적으로 서비스망을 구분하는 필드를 가정 먼저 할당하여 라우팅 테이블의 크기가 그에 비례적으로 증가하는 제한사항도 있었다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 차세대 국방정보통신망 토폴로지를 기준으로 설계하면서 서비스망을 구분하는 필드 위치를 사용자 LAN(Subnet ID)영역으로 조정하여 설계했다. 그 결과 경로 요약의 효율성을 높이고, 논리적인 네트워크 개수에 관계없이 일정한 크기의 라우팅 정보를 갖게 할 수 있었다. 또한 OPNET 시뮬레이터를 이용해서 실험 네트워크를 구성 후 IPv6 주소를 설정하여 동작을 확인해봄으로써 실제 네트워크에

운영 가능한 방안임을 확인했다.

참고 문헌

- [1] 합참, "장기 합동 지휘통제·통신 발전방향", 2006.
- [2] 한국전자통신연구원, "차세대 국방정보통신망 최적화 설계 연구", 2004.
- [3] 김기범, "국방정보통신망의 IPv6 주소체계 및 할당방안 연구", 국방대학교 연구보고서, 2002.
- [4] 홍진기, 최인수, 임재혁, "차세대 네트워크 환경을 위한 IP 주소체계 도입/관리정책에 관한 연구", KIDA 연구보고서, 2006.
- [5] APNIC, "IPv6 Address Allocation and Assignment Policy", <http://www.apnic.net/docs>, 2007.
- [6] APNIC, "APNIC guidelines for IPv6 allocation and assignment requests", <http://www.apnic.net/docs>, 2007.
- [7] C. Huitema, B. Carpenter, "Deprecating Site Local Addresses", RFC3879, 2004.
- [8] R. Hinden, S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture", RFC4291, 2006.