

## 10주차 2차시 IPv6 주소 및 패킷

### 【학습목표】

1. IPv6 주소 및 헤더에 대해 설명할 수 있어야 한다.
2. IPv6 패킷 형식에 대해 설명할 수 있어야 한다.

### 학습내용1 : IPv6 주소 및 헤더

#### 1. IPv6 (Internet Protocol version6) 주소

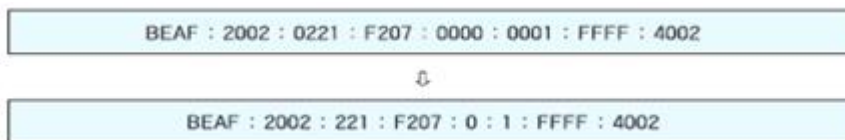
##### 1) 주소 표기

- 16진수 콜론 표기법(hexadecimal colon notation)
- 128비트를 16비트씩 8개의 필드로 나누어 콜론(:)으로 구분  
예) BEAF:2002:0221:F207:0000:0000:FFFF:4002

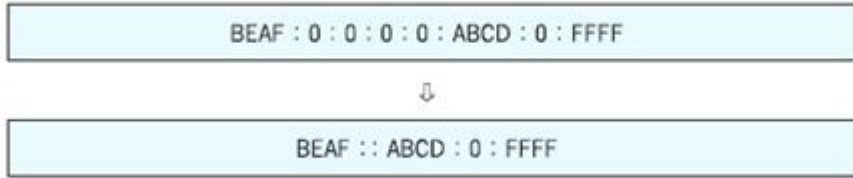


##### 2) 주소 생략법

- “0”의 값을 포함하는 주소에 대한 주소 생략법
- 각 필드에서 선행하는 0은 생략
  - 예) 0221은 221로, 00AB는 AB로, 0000은 0으로 생략  
단, 뒤에 나오는 0은 생략 불가



- 0으로만 나타난 연속된 필드는 0을 모두 삭제하고 2개의 콜론(이중콜론) 만으로 나타냄
  - “::”기호를 사용하는 경우 주소당 한 번만 허용
  - “::”는 주소 내에서 선행과 후행에 관계없이 사용



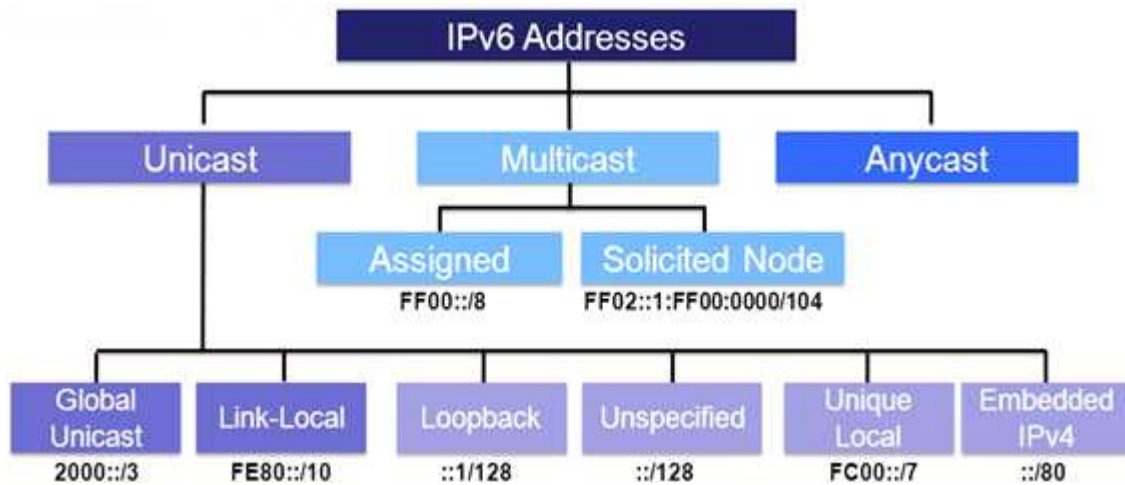
- IPv4와 IPv6의 주소를 함께 표현하는 경우
    - 하위 32비트를 IPv4 형식으로 표기
    - x:x:x:x:x:d.d.d.d - “x”는 16진수 값, “d”는 10진수 값
- 예)       ::203.252.1.1  
          ::FFFF:123.1.0.42

### 3) 주소 프리픽스 표현방법

- IPv6의 주소 뒤에 “/”를 표기하고 프리픽스의 길이를 10진수의 숫자로 표기
  - 예)     BEAF :: ABCD : 0 : FFFF / 70



## 2. IPv6 주소 형태



### 1) 유니캐스트(Unicast) 주소

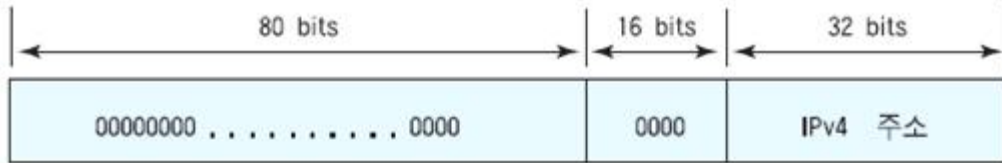
1:1 통신시 서로 간의 인터페이스를 식별하는 주소

- 미지정(Unspecified) 주소
  - 0:0:0:0:0:0:0:0 혹은 ::
  - 노드가 자신의 주소를 알 수 없을 때 이를 알아내기 위하여 사용
    - (예로, 호스트를 초기화할 때 자신의 IP 주소를 알지 못하므로 미지정 주소를 발신지 주소필드에 사용하여 자신의 주소를 얻음)
  - 목적지 주소로 사용 불가능하며, 어떠한 노드에도 할당되지 않음
- 루프백(loopback) 주소
  - 0:0:0:0:0:0:0:1 혹은 ::1
  - IPv4의 127.0.0.1과 같음
  - 호스트의 주소 및 발신지의 주소로 사용될 수 없음

- IPv4 주소를 포함한 IPv6 주소

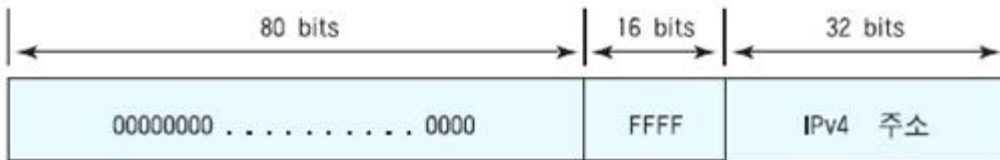
- IPv4 호환 주소(IPv4-compatible address)

- IPv6 패킷이 IPv4 네트워크를 경유하고자 할 때
    - 128비트 중 상위 96비트를 0으로 하고 나머지 32비트를 IPv4 주소로 사용



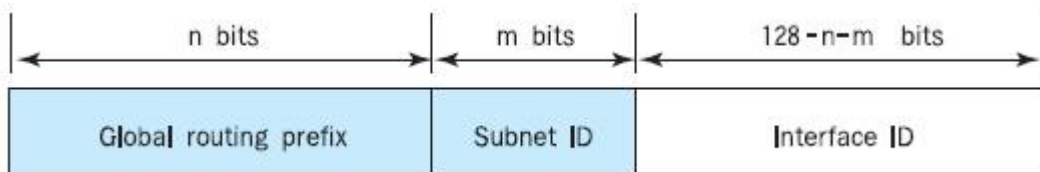
- IPv4 매핑 주소(IPv4-mapped address)

- 호스트가 IPv6를 지원하지 않는 경우 IPv6 네트워크에서 IPv4 호스트를 식별하기 위한 주소
    - IPv4 호스트들의 주소를 IPv6 주소로 변환할 때 사용하는 주소
    - 상위 80비트를 0으로 하고 다음 16비트를 1로, 나머지 32비트를 IPv4 주소로 사용

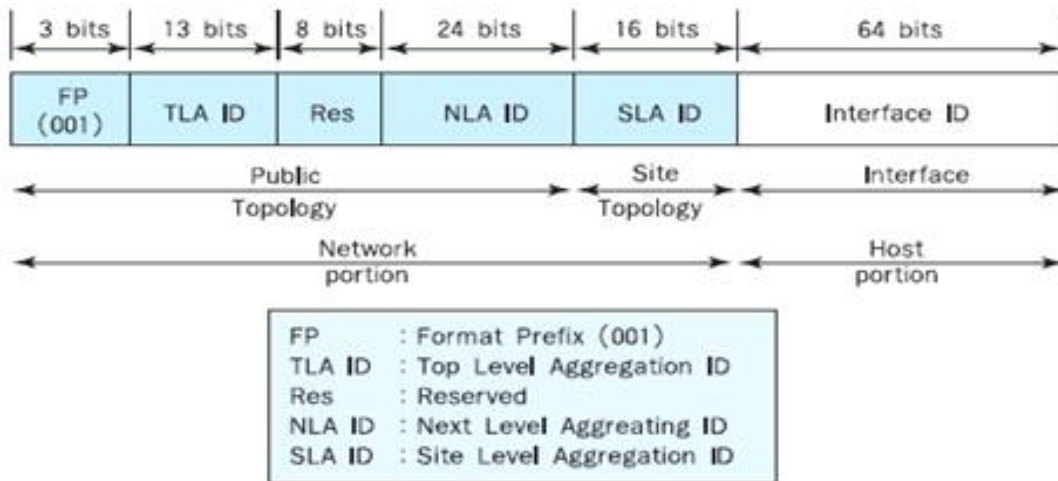


- 글로벌 유니캐스트 주소

- 인터넷 상의 호스트를 구별할 수 있는 세계적으로 유일한 주소
    - 첫 세 비트가 000으로 시작되는 경우
      - 인터페이스 ID 필드의 크기가 고정되어 있지 않음



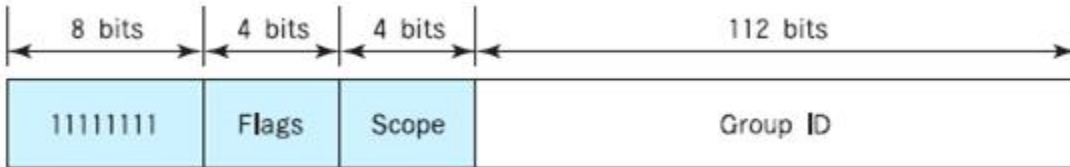
- 첫 세 비트가 000으로 시작되지 않는 경우
  - 64비트의 인터페이스 ID 필드
  - 통합 글로벌 IPv6 유니캐스트 주소(Aggregatable Global Unicast Address)
- TLA ID: 라우팅의 계층 구조에서 최상위 식별자이다. 현재는 8,192개의 TLA ID가 존재한다. TLA ID 할당은 IANA(Internet Assigned Numbers Authority)에서 관장하고 있다.
- Res: TLA ID나 NLA ID의 크기에 대한 확장성을 고려하여 향후 사용을 위한 예약된 비트이다.
- NLA ID: 특정 단위의 사이트를 구별하기 위해서 TLA ID에 의해 기관 단위로 할당되는 식별자이다. 또한 NLA ID는 네트워크 규모에 따라 계층적인 할당이 가능하다.
- SLA ID: NLA ID를 할당 받은 최종 개별 사용자가 그 조직 내부의 서브 네트워크를 설계하기 위해 이용하는 식별자이다. IPv4와는 다르게 16비트이기 때문에 최대 65,535개의 서브 네트워크를 구성할 수 있다.



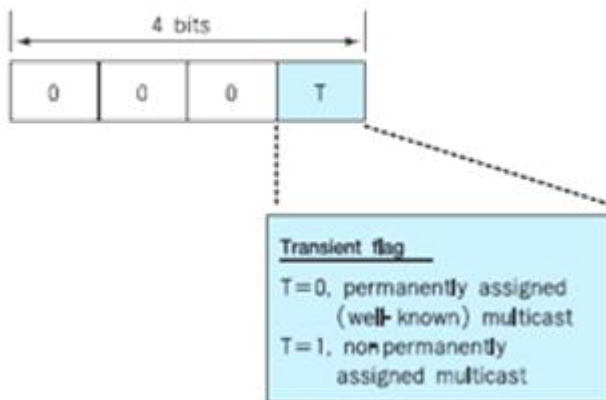
- 로컬 유니캐스트 주소
  - 글로벌 주소에 대한 절약과 특정 조직(사이트) 내에서의 보안문제를 위하여 해당 사이트에서만 사용
  - 인터넷 상에서는 사용할 수 없으며 로컬 사이트 내에서만 사용

## 2) 멀티캐스트 주소

- 인터페이스 그룹을 식별하는 주소
  - 임의의 멀티캐스트 주소로 패킷을 전송하는 경우 해당 멀티캐스트 그룹에 등록되어 있는 모든 호스트가 패킷을 받음
- 동일한 프리픽스 공유 여부와 무관
- 동일한 물리적 네트워크에 연결되어 있지 않는 경우에도 패킷 전달
- 상위 8비트는 모두 1로 되어 있음



- Flags: 설정된 멀티캐스트의 주소가 이미 규정되어 있는 잘 알려진 주소인지, 일시적으로 사용되기 위한 주소인지에 대한 구분. 4비트 중 상위 3비트는 비사용.
  - 마지막 비트가 0인 경우: 영구적으로 규정되어 있는(well-known) 멀티캐스트 주소
  - 마지막 비트가 1인 경우: 일시적(transient)인 주소



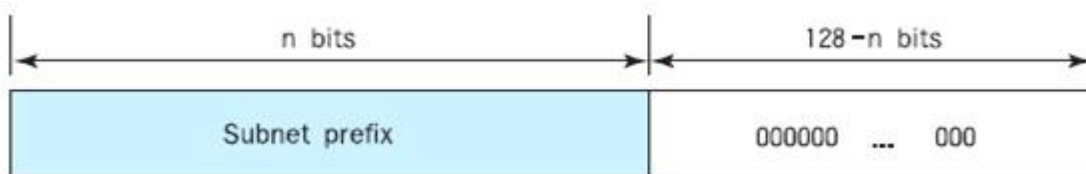
- Scope: 멀티캐스트 트래픽이 전달될 수 있는 IPv6 네트워크의 범위를 나타냄
  - 노드 로컬 범위(Node-local scope): 멀티캐스트 주소가 해당 노드(호스트)내에서 유효
  - 링크 로컬 범위(Link-local scope): 그 인터페이스가 소속되어 있는 동일 링크상에서 유효
  - 이와 같은 범위 구분 방식으로 사이트 로컬 범위(Site-local scope)와 조직 로컬 범위(Organization-local scope)가 존재하고, 글로벌 범위(Global scope)와 같은 경우는 전 세계에서 유효

값(16진수)	범 위
0	Reserved
1	Node-local scope
2	Link-local scope
5	Site-local scope
8	Organization-local scope
E	Global scope
F	Reserved

- 예약된 멀티캐스트 주소
  - 멀티캐스트 그룹에 할당되어서는 안되는 이미 정해져 있는 주소  
 $FF0x:0:0:0:0:0:0:0$  (x는 0~F를 나타내는 16진수 값)
- 모든 노드 멀티캐스트 주소
  - 해당되는 범위내의 모든 IPv6 노드를 식별하는 주소  
 $FF01::1$  (노드 로컬 범위에서의 모든 노드를 지칭하는 멀티캐스트 주소)  
 $FF02::1$  (링크 로컬 범위에서의 모든 노드를 지칭하는 멀티캐스트 주소)
- 모든 라우터 멀티캐스트 주소
  - 해당되는 범위내의 모든 IPv6 라우터들을 식별하는 주소  
 $FF01::2$  (노드 로컬 범위에서의 모든 라우터를 나타내는 멀티캐스트 주소)  
 $FF02::2$  (링크 로컬 범위에서의 모든 라우터를 나타내는 멀티캐스트 주소)  
 $FF05::2$  (사이트 로컬 범위에서의 모든 라우터를 나타내는 멀티캐스트 주소)

### 3) 애니캐스트 주소

- 해당 그룹에 속하는 인터페이스 중 가장 가까운 거리(라우팅 프로토콜에 의해 설정되는 네트워크상의 가장 짧은 거리)에 있는 인터페이스에게만 패킷이 전달
- 서브 네트워크상의 가장 가까운 자원을 찾아내기 위한 수단으로도 사용
- 호스트의 주소 및 발신지의 주소로 사용될 수 없음



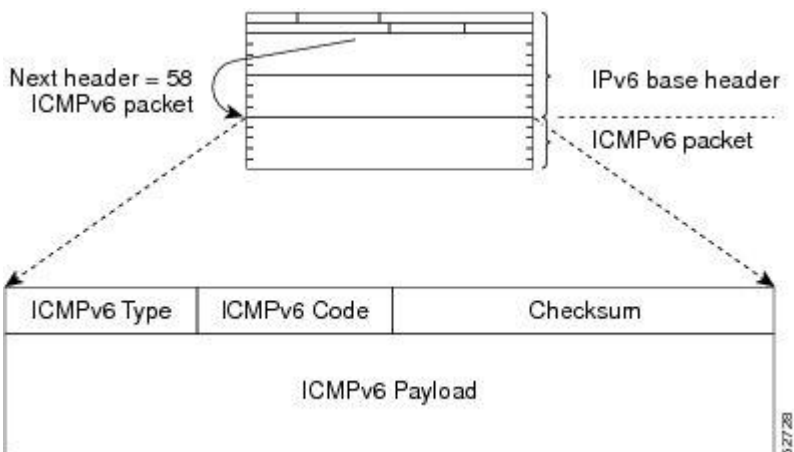
## 학습내용2 : IPv6의 패킷 형식

### 1. 기본 구조

- 기본헤더: 40바이트 고정 크기
- 확장헤더: 데이터 전송시 특정 기능을 사용할 때 추가
- 상위 계층의 PDU: TCP 세그먼트 혹은 UDP 메시지 혹은 ICMP(Internet Control Message Protocol)
- 페이로드 필드(~65,535바이트): 확장헤더 + 상위 계층의 PDU



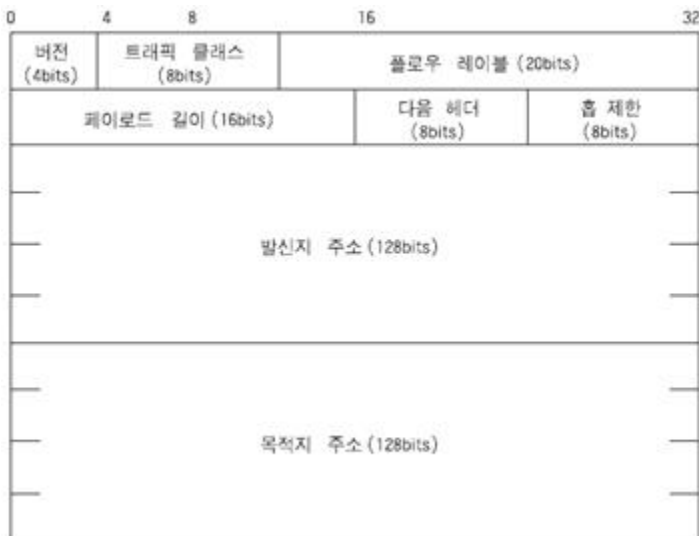
- ICMPv6 (Internet Control Message Protocol version 6)
  - RFC4443에 정의된 IPv6용 인터넷 제어 메시지 프로토콜
  - 오류보고 및 진단기능을 수행하며, 향후 변경 사항 구현을 위한 확장 프레임 워크를 제공
  - IPv6 Next Header 값이 58로 설정된 패킷에 의해 전송
  - NDP(Neighbor Discovery Protocol)는 ARP의 기능을 대체, SEND(SEcure Neighbor Discovery)는 NDP 확장, MLD(Multicast Listener Discovery)는 멀티 캐스터 수신기를 검색하는 데 사용





## 2. 기본 헤더

- 버전(Version: 4비트) 필드
  - IP의 버전을 나타냄(IPv6의 경우 6)
- 트래픽 클래스(Traffic Class: 8비트) 필드
  - IPv6 패킷의 클래스나 우선순위를 나타냄(IPv4의 TOS필드와 유사)
- 플로우 레이블(Flow Label: 20비트) 필드
  - 네트워크 상에서 패킷들의 어떤 특정한 흐름에 대한 특성을 나타내는 필드
  - 기본적으로 0으로 되어 있고, 음성이나 화상 등의 실시간 데이터의 트래픽을 나타내기 위해 0이 아닌 값으로 설정
- 페이로드 길이(Payload Length: 16비트) 필드
  - 페이로드의 길이를 바이트 단위로 표시
  - 필드의 길이가 16비트이므로  $2^{16}$ (65,536) 바이트까지 표시



- 더 큰 데이터그램을 보내기 위해서는 홉-바이-홉(Hop-by-Hop) 확장헤더의 점포 페이로드(Jumbo Payload) 옵션을 이용
  - 점포 페이로드 옵션을 사용할 경우 페이로드 길이 필드는 모두 '0'으로 설정
- 다음 헤더(Next Header: 8비트) 필드
  - IPv6 기본헤더 다음에 어떠한 종류의 확장 헤더가 오는지를 나타내는 필드

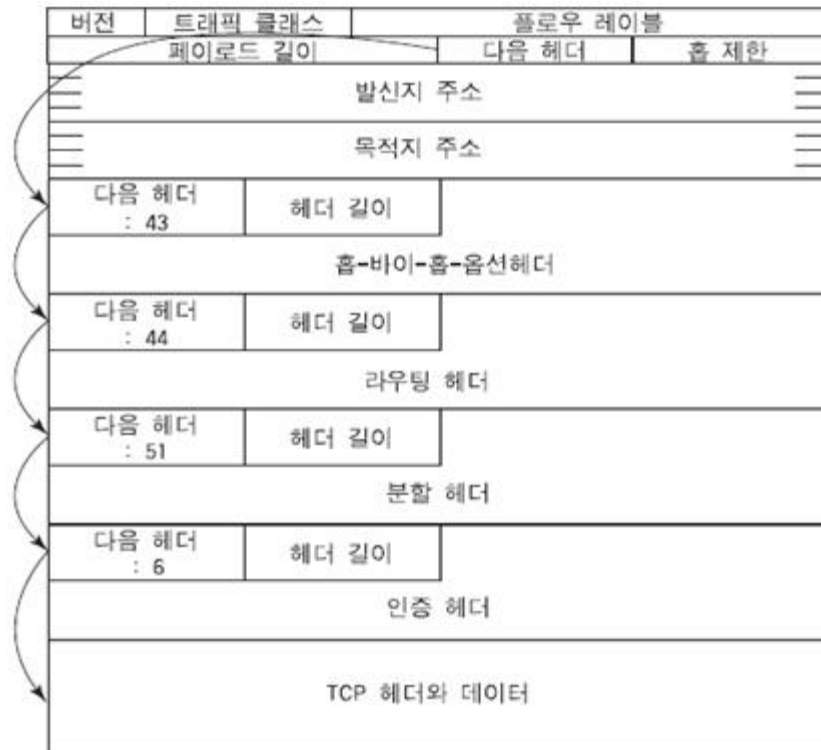
- 홉 제한(Hop Limit: 8비트) 필드
  - IP 패킷이 전송되는 거리를 홉(hop) 단위로 제한할 때 사용하는 필드(IPv4의 TTL 필드와 같은 역할)
  - 헤더 생성 시 임의의 초기값으로 설정되고 각 라우터를 지날 때마다 이 값을 1씩 감소시키며 홉 제한 값이 0이 되면 패킷을 폐기
  - 라우팅 루프가 발생하는 것을 방지하는 것 외에 멀티캐스트 그룹 내에서 가장 가까운 서버를 찾는 것에도 이용

값 (10진수)	헤더
0	Hop-by-hop Options Header
2	Internet Control Message Protocol
4	Internet Protocol
6	Transmission Control Protocol
17	User Datagram Protocol
41	Encapsulated IPv6 Header
43	Routing Header
44	Fragment Header
45	Inter-domain Routing Protocol
46	Resource Reservation Protocol
50	Encapsulating Security Payload
51	Authentication Header
58	Internet Control Message Protocol v6
59	No Next Header
60	Destination Options Header

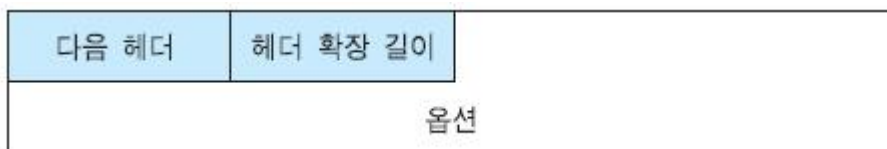
- 발신지, 목적지 주소(Source, Destination Address : 128비트) 필드
  - 패킷을 보내는 호스트의 주소와 패킷이 도착해야 할 목적지 호스트의 주소를 나타냄

## 3. 확장 헤더

- 기본적인 기능 외에 추가적인 기능들을 지원
- 다음 헤더(Next Header) 필드로부터 다음 확장 헤더를 식별
- 확장 헤더는 IPv6 패킷 내에 없거나 혹은, 하나 이상 존재



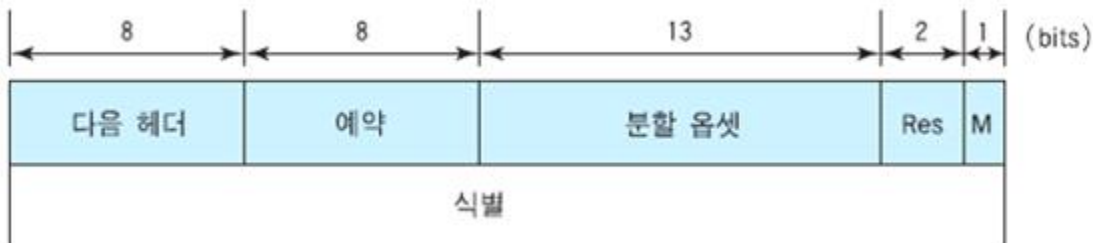
- 홉-바이-홉(Hop-by-Hop) 옵션 헤더
  - 패킷이 전달되는 경로상의 모든 라우터가 검사해야 하는 옵션 정보를 전달
  - Pad1 옵션(옵션 타입 0)
    - 헤더 내에서 한 바이트의 패딩을 삽입하기 위하여 사용
  - PadN 옵션(옵션 타입 1)
    - 두 바이트 내지는 그 이상의 패딩을 삽입하기 위하여 사용
- 점보 페이로드(Jumbo Payload) 옵션(옵션 타입 194)
  - 패킷 길이가 65,535 바이트로 제한됨에 따라 이 이상의 길이를 갖는 패킷을 보내기 위해 사용되는 옵션
  - 32비트의 페이로드 길이 필드를 사용하여 최대 4,294,967,295 바이트까지의 패킷을 전송
  - 점보그램(jumbogram): 65,535 바이트보다 큰 사이즈의 IPv6 패킷



- 목적지 옵션 헤더(Destination Options Header)
  - 최종 목적지 노드에서만 검사
  - 헤더 형식은 홑-바이-홑 헤더 형식과 동일
- 라우팅 헤더(Routing Header)
  - 패킷의 라우팅 경로에 대한 제어를 하는 필드
  - IPv4의 느슨한 소스 라우팅(Loose Source Routing) 기능과 비슷

다음 헤더	헤더 확장 길이	라우팅 타입(0)	남은 세그먼트
예약된			
주소 1			
...			
주소 N			

- 분할 헤더(Fragment Header)
  - 전송 경로 MTU보다 크기가 큰 패킷을 목적지까지 전송할 때 사용
  - IPv4의 패킷 분할 기능과 달리 IPv6에서는 발신 노드에서만 패킷에 대한 분할이 가능하고 중간의 라우터들은 패킷 분할을 할 수 없기 때문에 분할 헤더 형식이 필요



- 분할 오프셋(Fragment Offset) 필드: 8의 정수배로 표현
- 'Res' 필드: 예약된 필드로 0으로 초기화(아직 사용되지는 않음)
- 'M'(More Fragments Flag) 필드: '1'의 경우는 분할 헤더를 포함한 패킷이 더 존재한다는 의미이고, '0'일 경우는 분할 헤더를 포함한 패킷이 마지막 패킷이라는 의미
- 식별(Identification) 필드: 32비트로 구성되며 다른 분할된 패킷과 구별하기 위해서 사용된다.

## 【학습정리】

1. IPv6 주소 형태는 크게 유니캐스트 주소, 멀티캐스트 주소, 애니캐스트 주소로 분류할 수 있다.
2. IPv6는 주소 정보 등과 같은 일반적 정보를 포함하는 기본 헤더와 특정 기능을 사용할 수 있도록 여러 가지 옵션들을 추가할 수 있는 확장 헤더를 갖고 있다.