

# Xcast 기술 동향

## Trends on Xcast Technologies

신명기(M.G. Shin)  
김용진(Y.J. Kim)

차세대인터넷표준연구팀 선임연구원  
차세대인터넷표준연구팀 책임연구원, 팀장

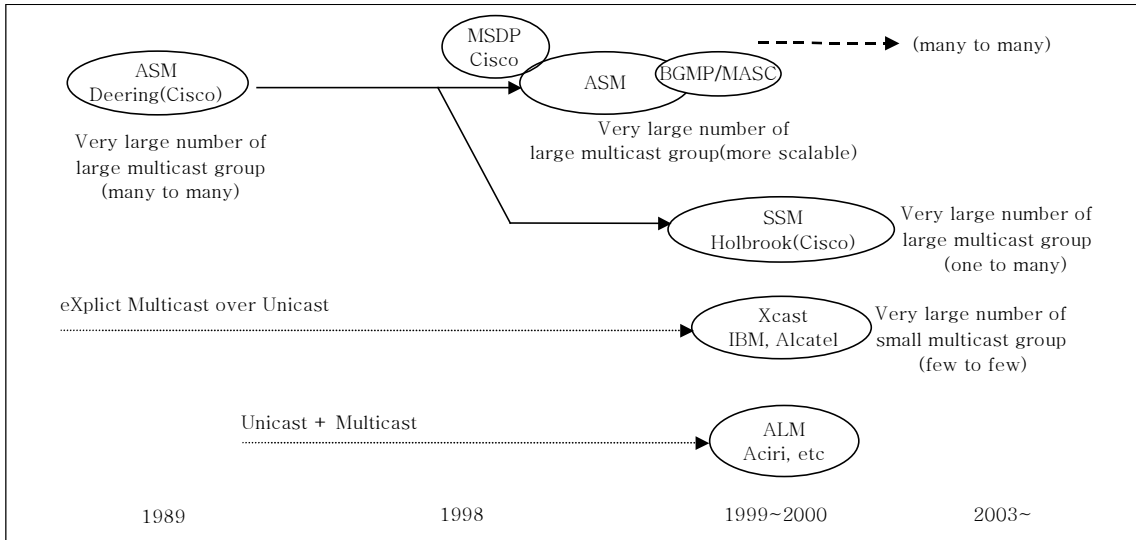
본 고에서는 최근 IETF를 중심으로 새롭게 제안되고 있는 Xcast(Explicit Multicast) 기술에 관해 소개한다. Xcast 멀티캐스트 방식은 IBM의 SGM(Small Group Multicast), Alcatel의 CLM(Connectionless Multicast), Fujitsu의 MDO6(Multiple Destination Option for IPv6) 제안을 수정, Xcast로 통합한 것으로 기존 IP 멀티캐스트 방식과는 달리, IP 패킷 내에 수신자 목록을 명시적으로 포함하여 전송함으로써 소규모 그룹 통신을 위해 적합한 새로운 멀티캐스트 통신 방식이다. 본 고에서는 Xcast 기본 프로토콜 규격을 중심으로 최근 기술동향 및 국내 Xcast-KR 연구동향 등을 소개한다.

## 1. 서론

IP 멀티캐스트는 여러 송수신자 간에 n:n 통신 환경에서 데이터를 효율적으로 전송하는 방식으로 1989년 Steve Deering에 의해 제안되어 그간 많은 연구와 관련 기술들이 개발되어 왔다[1]. 그러나 기존 멀티캐스트 방식(최근 n:n 환경을 기반으로 한 종래의 멀티캐스트 방식은 ASM(Any-Source Multicast)로 불림)은 망 상에 있는 모든 라우터가 멀티캐스트 패킷을 포워딩하기 위해 정보를 동적으로 유지하여야 하며, 이로 인해 멀티캐스트 트리를 효율적으로 구성하는 것이 큰 문제로 인식되어 인트라도메인(intra-domain)을 위한 DVMRP, MOSPF, PIM-DM/SM, CBT에서부터 인터도메인(inter-domain)을 위한 MSDP, BGMP에 이르기까지 많은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 표준화 완료, 혹은 현재 표준화중에 있으나, 실제 n:n 환경을 지향하는 많은 수의 가입자를 갖고 있는 많은 수의 그룹 세션(very large number of large multicast group)에

서는 확장성(scalability)의 문제로 인해 전체 인터넷 상에서는 도입이 안되고 있는 실정이다[2]. 또한 멀티캐스트 주소 할당, 그룹 접근제어 등도 현재의 방식이 풀어야 할 심각한 문제 중의 하나로 인식되고 있다. 따라서 1999년부터는 이러한 ASM의 문제를 해결하기 위해 종래의 n:n 환경을 좀 더 세분화 하여 1:n 혹은 소규모의 환경에 맞는 멀티캐스트 솔루션을 개발하고자 하는 노력들이 진행 되었으며, 대표적으로는 1:n 환경을 위한 SSM(Source-Specific Multicast) 와 소규모 그룹을 지향하는 Xcast 등이 제안되어 있다[3],[4]. 본 고에서는 소규모 그룹 통신을 위해 최근에 새롭게 제안된 Xcast 기술을 소개한다. (그림 1)은 최근 멀티캐스트 도입을 위한 솔루션의 로드맵을 나타낸 것이다[5].

Xcast 방식은 멀티캐스트 적용 분야를 크게 다음과 같이 나누어 생각한다. 즉, 멀티캐스트를 수많은 목적지에 전달하는 브로드캐스트(broadcast) 유형의 멀티캐스트와, 매우 작은 그룹에 전달하는 내로우캐스트(narrowcast) 유형의 멀티캐스트로 구분



(그림 1) 멀티캐스트 도입을 위한 솔루션 로드맵

하고, 두 가지 경우에는 서로 다른 방법을 쓰는 것을 제안한다. Xcast는 후자의 경우, 즉 소규모 그룹 통신에 초점을 맞춘 것으로 기존 멀티캐스트 방식과 같이 대역폭(bandwidth) 소모를 최소화 하는 동시에 라우터 상에서 멀티캐스트 트리를 구성하기 위한 정보를 유지하지 않으므로 동시에 멀티캐스트 세션의 수는 많고, 한 그룹의 가입자는 적은(very large number of small multicast group) IP 텔레포니, 소규모 영상회의, 네트워크 게임들에 주요하게 사용될 수 있다.

## II. Xcast 프로토콜 개요

### 1. Xcast 기본 프로토콜 규격

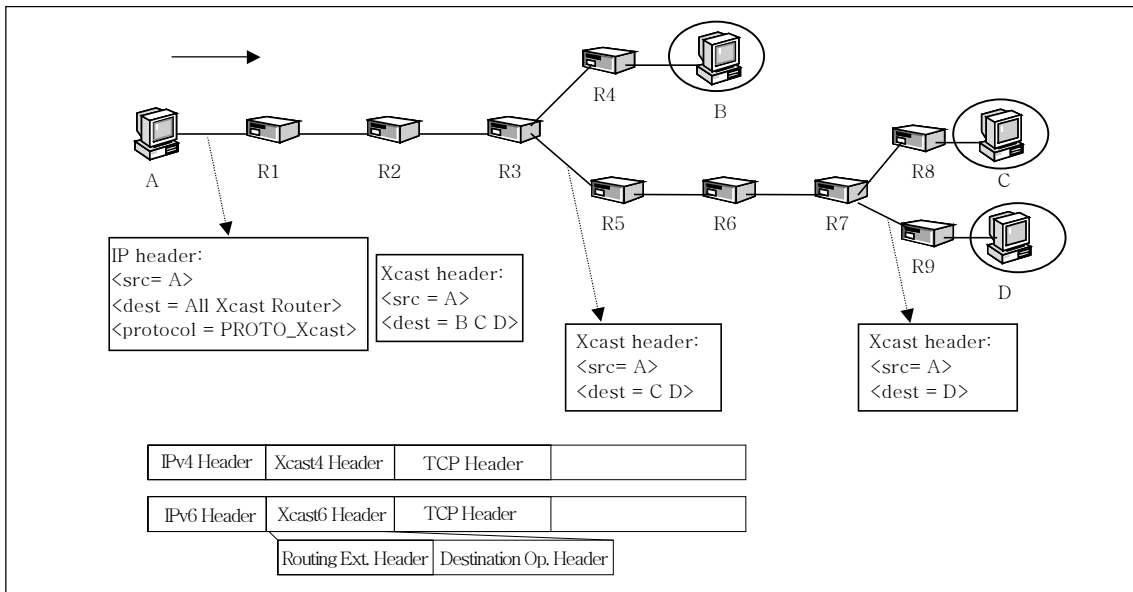
Xcast는 기존 IP 멀티캐스트 방식과는 달리, IP 패킷 내에 수신자 목록을 포함시켜 전송하여 기존 멀티캐스트와 동일하게 라우터간 대역폭의 절약을 가져오는 반면, 라우터간 별도의 멀티캐스트 프로토콜을 사용하지 않는 방식이다[4]. IPv4에서는 별도의 Xcast4 헤더를 정의하고 있으며, IPv6에서는 확장 헤더(extension header)를 이용, Routing Extension 헤더와 Destination Option 헤더 내에

Xcast6 헤더를 정의한다(그림 2) 참조). Xcast에서는 송신자가 패킷을 보내고자 하는 모든 수신자 주소를 알고 있어야 한다. 송신자는 모든 수신자 주소를 Xcast 헤더에 엔코딩하고, 그 패킷을 서브넷 라우터로 보낸다. 각 라우터는 헤더를 읽어 Xcast 헤더 내의 수신자 주소 목록의 다음 목적지에 따라 그 패킷을 복사한 후, 그 패킷들을 다음 홉들로 각각 전달한다. 하나의 수신자만이 남았을 때, Xcast 패킷은 일반적인 유니캐스트 패킷으로 변환하여 나머지 라우터에서는 유니캐스트 패킷으로 처리한다. 이것을 X2U(Xcast to Unicast)라고 부른다. 예를 들어 (그림 2)에서 A가 B, C, D에게 패킷을 전달하고자 한다면, Xcast 헤더 엔코딩의 자세한 부분을 생략하면 A가 R1에게 보내는 패킷은 다음과 같다.

[ src = A | dest = B C D | payload ]

R1에서 이러한 패킷을 받았을 때, Xcast 헤더를 적절히 처리할 수 있어야 한다. 이러한 Xcast 패킷을 받았을 때, 라우터가 헤더를 처리하는 과정은 다음과 같다.

- ① Xcast 헤더 내에 열거된 수신자 목록에 따라 다



(그림 2) Xcast 전송 및 Xcast 헤더(IPv4와 IPv6) 구성 예

음 홉 들을 결정하기 위해 라우팅 테이블을 참조한다.

- ② 다음 홉에 따라 수신자 목록을 재분리한다.
- ③ 앞선 과정에서 결정된 다음 홉들에 따라 각각 하나의 패킷들만을 전송하도록 기존의 패킷을 복사한다.
- ④ 각 패킷의 Xcast 헤더 내의 수신자 목록을 구분한 다음 홉에 맞게 수정한다.
- ⑤ 수정된 패킷들을 다음 홉들로 보낸다.
- ⑥ 특정 홉에 하나의 수신자만 존재하면(즉, Xcast 헤더 내에 수신자 목록이 하나만 존재하면) 그 Xcast 패킷을 종래의 유니캐스트 패킷 변환으로 전송한다(X2U).

(그림 2) 예에서, R1은 R2에게 <B C D> 수신자 목록을 포함한 하나의 패킷을 보내고, R2는 R3에게 같은 수신자 목록을 갖는 하나의 패킷을 보낸다. R3가 패킷을 받았을 때, 위의 알고리즘에 따라 R5로 수신자 목록을 <C D>로 갖는 하나의 패킷을 보내고, 수신자를 <B>로 하는 하나의 유니캐스트 패킷을 B로 보낼 것이다. R4는 유니캐스트 패킷을 받아서 <B>로 전달한다. R5는 받은 Xcast 패킷을 R6로 전

달하고, R6는 R7으로 전달한다. R7이 패킷을 받았을 때, R8과 R9으로 각각 <C>, <D>를 수신자 주소로 하는 유니캐스트 패킷을 전달하고, 각 패킷은 <C>와 <D>로 전달된다.

## 2. Xcast 헤더 엔코딩 방식

IP 헤더의 소스 주소 필드에는 Xcast 송신자의 주소가 담겨지고, 목적지(destination) 주소 필드는 'All-Xcast-Router' 주소(link-local multicast 주소로 정의됨[2])가 담겨진다.

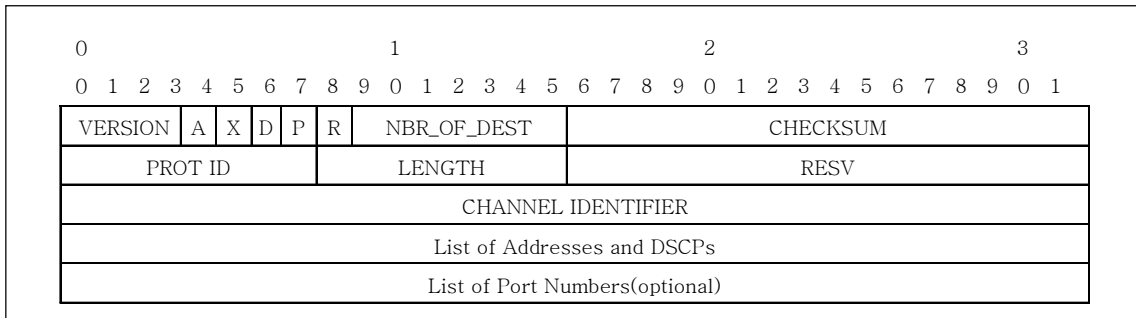
### 가. IPv4 Xcast 엔코딩(Xcast4)

IPv4를 위한 Xcast 헤더는 IPv4 헤더와 수송계층 헤더 사이에 위치한다.

[IPv4 header|Xcast4|transport header|payload]

Xcast4 헤더 포맷은 (그림 3)과 같다. Xcast4 헤더는 IPv4 헤더의 옵션 필드에 위치하며, 고정된 부분과(12 옥텟) 가변 부분으로 나뉘어져 있다.

고정된 부분 영역에 해당되는 필드의 대한 설명



(그림 3) Xcast4 헤더 포맷

은 다음과 같다.

- VERSION(4비트): Xcast 버전 번호
- A(anonymity 비트, 1비트): 이 비트가 “1”이면, 비트맵(bitmap)에서 관련 비트가 “0”인 목적지 주소는 보안을 위해 “0”으로 다시 쓰여져야 한다.
- X(Xcast 비트, 1비트): 이 비트가 “1”이면, 라우터는 Xcast 패킷을 유니캐스트 패킷으로 변환해서는 안된다(즉, Xcast 헤더 내의 수신자 목록이 하나이면 “0”으로 세팅).
- D(DSCP 비트, 1비트): 이 비트가 “1”이면, 패킷은 각 수신자를 위해 DS-byte를 포함하는 것을 의미한다.
- P(Port 비트, 2비트): 이 비트가 “1”이면, 패킷은 각 수신자들을 위한 별도의 포트 번호가 포함됨을 의미한다.
- NBR\_OF\_DEST(7비트): 수신자 목록의 수
- CHECKSUM(16비트): Xcast 헤더에 대한 체크섬
- PORT ID(8비트): Xcast 헤더 다음에 오는 헤더의 프로토콜 번호
- LENGTH(8비트): Xcast 헤더의 길이(4옥텟 단위)
- RESV(Reserved, 16비트)
- CHANNEL IDENTIFIER(4옥텟): Xcast 세션은 (송신자 주소, 채널 식별자)의 쌍으로 고유하게 식별될 수 있다.

고정된 부분 영역에 해당되는 필드에 대한 설명은 다음과 같다. D 비트가 “0”이면, DSCP 리스트는 없다.

- Bitmap: 4-옥텟의 배수 만큼의 크기. 수신자 목록의 크기에 대응하는 만큼의 크기를 갖는다. 각 수신자들이 처리되었는가를 표시한다.
- List of destination: 각 4옥텟, 수신자 주소 목록
- List port number: 각 2옥텟, 수신자에 대응하는 포트 번호 목록

#### 나. IPv6 Xcast 엔코딩(Xcast6)

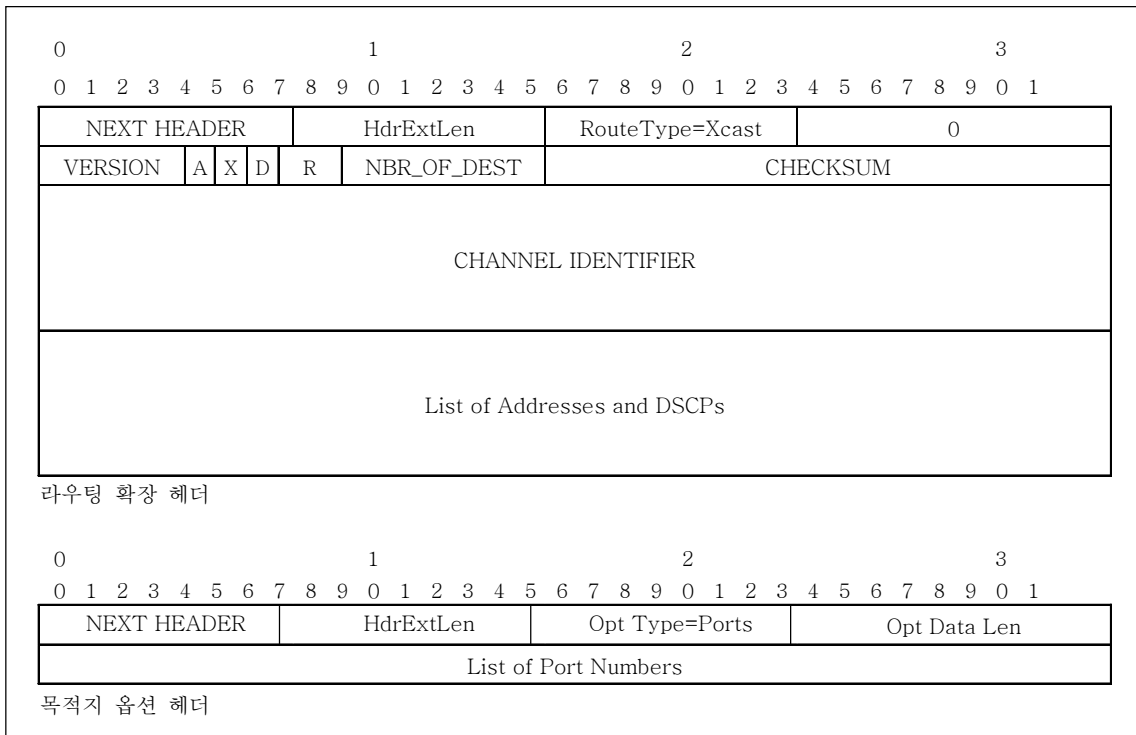
Xcast6 헤더 포맷은 (그림 4)에 도식화 했듯이 Xcast 관련 필드들이 IPv6 확장 헤더들(라우팅 확장 헤더, 목적지 옵션 헤더)에 저장되는 것을 제외하고, IPv4와 유사하다.

[IPv6 header|Xcast6|transport header|payload]

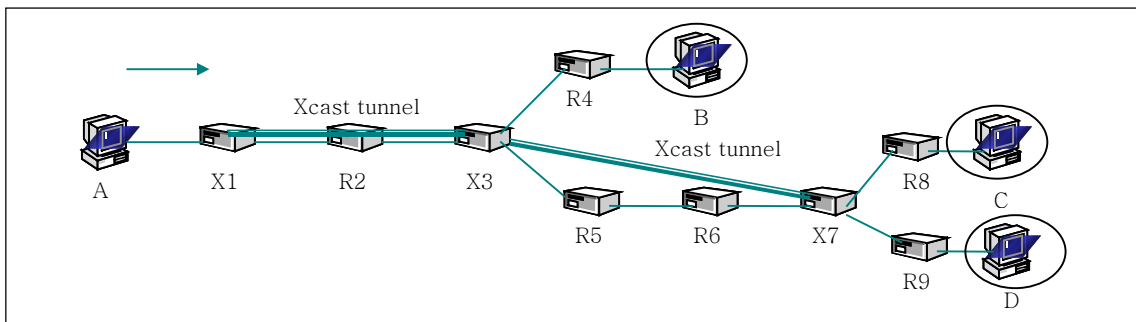
### III. 기존 네트워크 상에 Xcast 도입을 위한 고려사항

#### 1. Xcast 터널링

Xcast 지원이 불가능한 라우터들이 존재하는 네트워크에서 Xcast를 제공하는 한 가지 방법은 Xcast 지원이 가능한 라우터 간에 터널을 설정하는 것이다. Xcast 라우터는 기존 유니캐스트 라우팅 프로토콜(RIP, OSPF, ISIS 등)을 사용하여 Xcast 라우팅 정보를 교환하고 유지한다. 이 정보를 이용하여, Xcast 패킷은 다른 라우터로 홉-바이-홉 방식에 의거, 포



(그림 4) Xcast6 헤더 포맷



(그림 5) Xcast 터널링 예

워딩 되거나 네트워크에 있는 비-Xcast 라우터를 넘어 터널링 된다. 예를 들어 (그림 5)와 같이, A가 B, C, D로 패킷을 보내려 한다고 하자. 여기에서 라우터 'X'는 Xcast를 지원하고 'R'은 지원하지 못한다고 가정할 때, <표 1>은 Xcast 터널을 이용하여 생성된 라우팅 테이블을 보여준다.

라우터 X1은 Xcast 지원 가능 라우터 상대인 X3로 터널을 설정한다. 라우터 X3는 Xcast 지원 가능 라우터 상대인 X1과 X7로 터널을 설정한다. 라

<표 1> (그림 5)터널링에 따른 Xcast 라우팅 테이블

X1 라우팅 테이블		X3 라우팅 테이블		X7 라우팅 테이블	
Dest	NextHop	Dest	NextHop	Dest	NextHop
B	X3	A	X1	A	X3
C	X3	C	X7	B	X3
D	X3	D	X7		

우터 X7은 Xcast 지원 가능 라우터 상대인 X3으로 터널을 설정한다. 따라서 송신자 A가 Xcast 패킷을

디폴트 Xcast 라우터 X1으로 보내면, X1과 X3 사이에 있는 링크 위의 패킷은 (그림 6)과 같이 캡슐화 되어 전송되게 된다.

Payload
UDP
Xcast B, C, D prot = UDP
Inner IP src = A, dest = All_X_prot = Xcast
Outer IP src = X1, dest = X3, prot = IP

(그림 6) Xcast 캡슐화 예

## 2. Premature X2U

만약에 라우터가 자신의 다음 홉 라우터가 Xcast 를 지원하지 못한다는 것을 발견하면, 그 라우터는 Premature X2U를 수행한다. 즉, Xcast 헤더 내에 포함된 각각의 수신자 목록에 따라 유니캐스트 패킷을 각각 보낸다. 이 방식은 Xcast 패킷이 자신의 실제 분기점(branching point)에 도달하기 전에 행해진다.

## 3. Semi-permeable 터널링(IPv6)

Semi-permeable 터널링은 터널의 설정을 요구하지 않는다는 점에서 매우 유용한 방법이다. IPv6 만 가능하며, 홉-바이-홉 옵션 헤더를 추가함으로써 가능하게 된다. IPv6 패킷은 홉-바이-홉 옵션을 사용함으로써 라우터 상에서 추가적인 처리를 할 수 있다. Xcast 홉-바이-홉 옵션의 타입에는 Xcast6를 인지할 수 없는 라우터들이 Xcast6 데이터그램을 기존 유니캐스트 IPv6 데이터그램으로 다룰 수 있도록 하고, IPv6 헤더에 있는 수신자 주소로 포워딩 할 수 있도록 하기 위하여 prefix '00'을 포함시킨다. 따라서 그 패킷들은 적어도 만약 모든 참여 단말이 Xcast 를 지원한다면 모든 수신자로 전송될 것이다.

(그림 5)의 예에서 송신자 A가 semi-permeable 터널링을 이용하여 Xcast 패킷을 수신자 B, C, D로 보낼 때, (그림 7)과 같은 패킷을 생성하여 전송한다. 최종 수신자 주소 중의 하나가 목적지 주소로 포함된다.

Payload
UDP
Xcast
Inner IP src = A, dest = All_X_prot = Xcast
Xcast SP-tunnel Hop-by-Hop
Outer IP src = A, dest = B, prot = IP

(그림 7) Semi-permeable 터널링 예

## IV. Xcast 멀티캐스팅 방식의 장점

기존의 멀티캐스트 방식[1]과 비교해서, Xcast [4]는 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 라우터는 각 멀티캐스트 세션의 정보를 저장할 필요가 없다. 이것은 Xcast가 세션 개수의 관점에서 매우 확장성이 뛰어나도록 한다.
- 멀티캐스트 주소를 할당할 필요가 없다.
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 필요하지 않다. Xcast 패킷은 항상 유니캐스트 라우팅에 따라 경로를 결정하기 때문에 특별히 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 요구하지 않는다.
- PIM-SM이나 CBT 처럼 코어(core) 라우터가 없기 때문에, "single point of failure"가 없다. 공유 멀티캐스트 트리 방식과는 달리, Xcast는 네트워크 지연을 최소화하고 네트워크 효율성을 최대화한다.
- 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 만약 path가 대칭(symmetric)하지 않은 경우에 비최단경로(non-shortest-path)를 만들었던 반면 Xcast는 대칭형 경로가 요구되지 않는다.
- 유니캐스트 경로 변화에 자동적으로 반응한다. 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에서는 유니캐스트와 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 사이에 통신을 위해서 특별한 노력이 필요하다. 많은 구현에서는, 이것은 폴링 기반으로 구현하여 지연을 초래했다.
- 좀더 쉬운 보안기법과 인증이 가능해진다. 종래의 멀티캐스트 그룹 모델과는 달리, Xcast에서는 모든 송신자들이 모든 수신자 주소를 알아야

만 한다. 이것은 송신자가 특정 수신자를 거부할 수도 있고 특정 수신자로 가는 트래픽을 쉽게 계산할 수 있다는 것을 의미한다. 송신자뿐만 아니라, 보더 라우터 또한 자신의 도메인에서 몇 차례 패킷이 복제되어야 하는지 쉽게 알 수 있다. 이것은 쉽게 수신자의 수나 송신자 당 대역폭을 제한할 수 있도록 한다.

- 수신자 각각에 서로 다른 DiffServ CodePoints(DSCP)를 포함하도록 할 수 있다. 기존의 멀티캐스트 프로토콜에서 각 서비스 클래스에 대해서 각각의 그룹을 만들어야만 했지만, Xcast는 하나의 멀티캐스트 채널 내에서 서로 다른 서비스 요구사항을 갖는 수신자를 갖도록 할 수 있다.
- Xcast 패킷은 트래픽 엔지니어링에 따른 유니캐스트 경로를 이용할 수 있다.

Xcast의 단점은 다음과 같다.

- 각 패킷은 모든 수신자 주소를 포함한다. 수신자 주소 목록을 압축하는 방법을 이용하는 것이 유용할 수 있다.
- 헤더를 처리하는 오버헤드가 증가한다. 각 패킷에 있는 수신자 주소 각각은 라우팅 테이블의 참조를 필요로 한다. 따라서 n개의 수신자를 갖는 Xcast 패킷은 n개의 유니캐스트처럼 n번의 라우팅 테이블 참조가 필요하다. 추가적으로, 다음 홉 마다 서로 다른 헤더를 갖는 패킷이 만들어져야만 한다. 그렇지만, 다음과 같이 보완이 가능하다.
  - Xcast는 전형적으로 적은 수의 수신자들이 존재할 때에 사용되기 때문에, 비분기점(non-branching point)과 비교할 때, 매우 적은 수의 분기점이 존재한다. 오직 분기점에서만 새로운 헤더가 만들어진다.
  - 비트맵을 씌으로써, 헤더를 만드는 것이 매우 간단해진다.
  - 비분기점 중에서, 그들 중 많은 수가 하나의 수

신자만 포함할 것이다. 이러한 경우에 일반적인 유니캐스트 포워딩만이 적용될 수 있다.

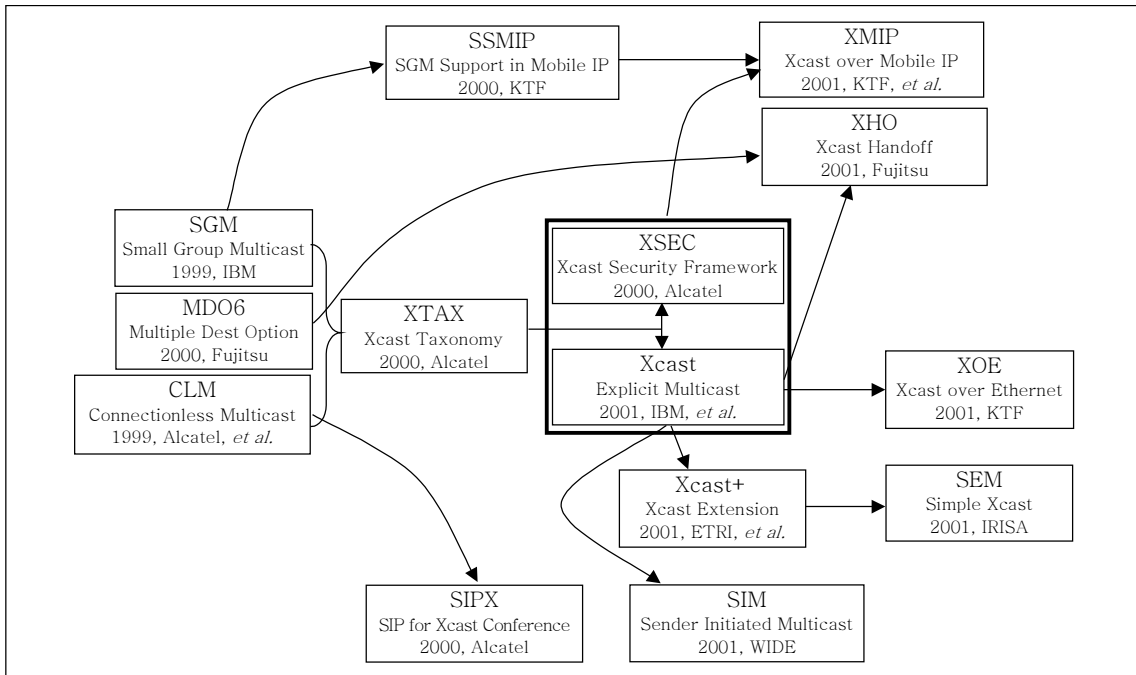
- 수신자 주소 목록을 계층적으로 엔코딩 함으로써 패킷 포워딩을 더 쉽게 할 수도 있다.
- Xcast는 오직 소수의 수신자들로 구성된 세션에만 적합하다.

Xcast가 IETF 회의 중계와 같은 다수의 가입자가 참여하는 세션에는 적합하지 않지만, 많은 수의 소규모 세션들을 지원한다는 점에서 기존의 멀티캐스트 방식을 보완한다고 할 수 있다.

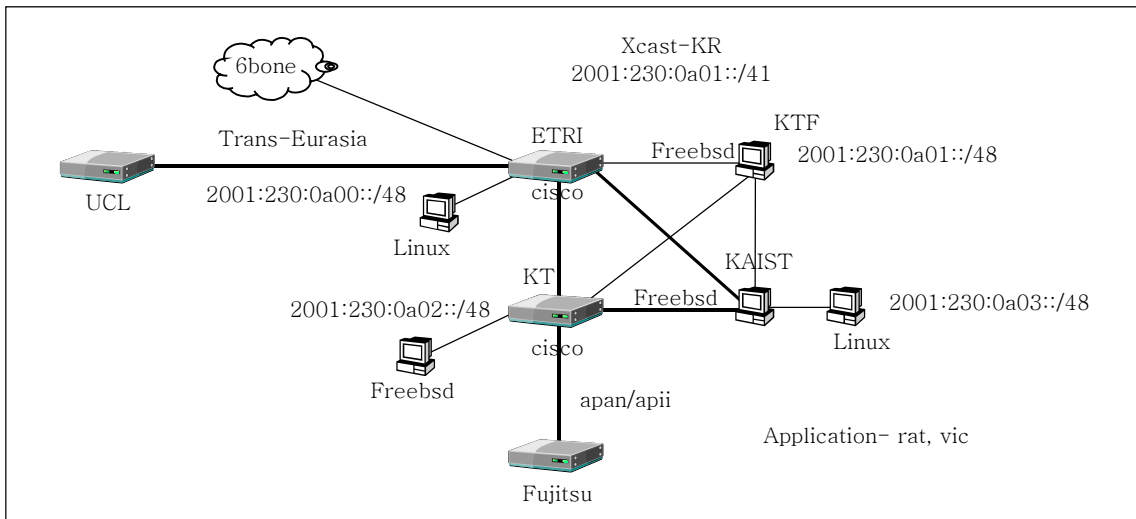
## V. Xcast 기술 로드맵

Xcast 기술은 IBM의 SGM, Alcatel의 CLM, Fujitsu의 MDO6 제안을 수정, Xcast로 통합한 것으로, 현재의 기본 규격만이 <draft-draft-ooms-xcast-basic-spec-01.txt>로 정의되어 있으며, 관련된 보안 프레임워크가 <draft-paridaens-xcast-sec-framework-01.txt>로 정의되어 있다[4],[6]-[9]. Xcast의 확장기술로는 ETRI에서 제안한 Xcast+(Xcast Extension), 일본 NAIST/WIDE에서 제안한 Sender Initiated Multicast(SIM), 프랑스 IRISA에서 제안한 Simple Explicit Multicast(SEM) 등이 있다[10]-[12]. Xcast 관련한 주변 기술로는 KTF와 ETRI가 공동 제안한 XMP(Xcast over Mobile IP), KTF의 Xcast over Ethernet, Fujitsu의 Xcast-Handoff in Mobile IP 등이 존재한다(그림 8) 참조[13]-[15].

현재 Xcast 관련 표준화를 위해 48차 IETF 회의에서 공식 BoF가 개최되었으나 공식 WG으로의 구성은 미루어진 상황이며, 최근 50차 회의부터는 비공식 회의를 정기적으로 하고 있다. 최근에는 ETRI, KTF, 일본 Fujitsu를 중심으로 Xcast IG(Incubation Group)으로 그룹 이름을 변경하고 IETF 표준화 활동과 동시에 실제 망에서 Xcast를 도입하기 위한 구현 작업, 관련 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있는 상황이다. 현재 Xcast 관련 구현물로는



(그림 8) Xcast 기술 로드맵



(그림 9) 국내 Xcast6 테스트베드 망 구성도

Xcast4와 관련하여 IBM과 Alcatel이 코드를 공개한 바 있으며, Xcast6와 관련해서는 일본 Fujitsu가 NetBSD 상에서 동작하는 베타 코드를 공개하였으며, ETRI도 Linux 2.4.8 기반의 Xcast6 코드를 올해 안으로 발표할 예정이다.

## VI. 국내 Xcast-KR 연구동향

국내에서는 Xcast 기술과 관련하여 ETRI를 비롯하여 KTF, KAIST, 숭실대, 이화여대, Xcast-KR 등을 통해 관련 기술에 대한 연구를 진행중에 있다. 특



히 ETRI, KTF, KT, KAIST 등은 Xcast6 기술에 대한 연구에 많은 노력을 기울이고 있으며, (그림 9) 에서와 같이 국내 Xcast6 테스트베드를 구축하고, IPv6 Native 망 혹은 6Bone 터널 상에서 Xcast6 기술에 대한 실험 및 관련 기술들을 개발하고 있다. ETRI는 Xcast+ 기술에 기반하여 기존의 멀티캐스트 데이터를 Xcast를 이용하여 전송하는 방법을 연구 중에 있으며, 이를 Mobile IPv6, QoS 기술들과 접목하려는 노력을 하고 있다. KTF는 Mobile IP에서는 Xcast 기술 적용 방안(XMIP)을 연구중이며, 기존 Mobile IP 멀티캐스트에서 발생하는 여러 가지 문제들을 Xcast를 통하여 해결하려는 노력을 기울이고 있다.

## VII. 결론

본 고에서는 최근 IETF를 중심으로 새롭게 제안되고 있는 Xcast 기술에 관해 기본 프로토콜 규격을 중심으로 최근 기술동향 및 국내 Xcast-KR 연구동향 등을 소개하였다. Xcast 기술은 기존 멀티캐스트 방식을 대체하는 방법이 아닌, 소규모 그룹 통신을 위해 기존 멀티캐스트에 보완적인 방법이다. Xcast 기술은 최근 인터넷 전화, 네트워크 게임, ICQ 통신 등 새로운 소규모 그룹 통신을 요구하는 새로운 응용들에게 효율적인 IP 데이터그램 전송 방법을 제공할 수 있을 것으로 보인다. 특히 IPv6의 경우는 기존 헤더의 수정없이 확장 헤더를 통하여 Xcast 기능을 제공 가능하므로 기존의 IPv4 보다는 라우터 입장에서 수정, 확장이 용이하게 보장될 수 있으며, 홉-바이-홉 옵션 등을 통해 Semi-permeable 터널링을 통하여 네트워크 상에서 점진적인 도입이 가능하므로 Xcast 기술의 도입이 많은 장점을 가지고 있다.

## 참고 문헌

- [1] S. Deering, Multicast Routing in a Datagram Internetwork, *PhD thesis*, Dec. 1991.
- [2] C. Diot, B. Levine, B. Lyles, H. Kassem and D. Balensiefen, "Deployment Issues for the IP Multicast Service and Architecture," *In IEEE Networks Magazine's Special Issue on Multicast*, Jan. 2000.
- [3] H. Holbrook *et al.*, Source-Specific Multicast for IP, <draft-ietf-holbrook-ssm-arch-00.txt>, 2000.
- [4] R. Boivie *et al.*, Explicit Multicast(Xcast) Basic Specification, <draft-ooms-xcast-basic-spec-00.txt>, 2000.
- [5] 신명기, SSM/Xcast, KRnet2001 발표자료, 2001.
- [6] R. Boivie, Small Group Multicast, <draft-boivie-sgm-01.txt>, 2000.
- [7] D. Ooms, Connectionless Multicast, <draft-ooms-cl-multicast-02.txt>, 2000.
- [8] Y. Imai, Multiple Destination option on IPv6(MDO6), <draft-imai-mdo6-02.txt>, 2000.
- [9] O. Paridaens and D. Ooms, Security Framework for Explicit Multicast, <draft-paridaens-xcast-sec-framework-01.txt>, Nov. 2000.
- [10] M. Shin *et al.*, Explicit Multicast Extension(Xcast+) Supporting Receiver Initiated Join, <draft-shin-xcast-receiver-join-00.txt>.
- [11] V. Visoottiviseth, Sender Initiated Multicast(SIM), <draft-vasaka-xcast-sim-00.txt>. 2001.
- [12] Ali Boudani, Simple Explicit Multicast(SEM), <draft-boudani-simple-xcast-00.txt>, 2001.
- [13] J. Lee and M. Shin, XMIP(Xcast over Mobile IP), <draft-lee-xcast-xmip-00.txt>, 제출 예정.
- [14] Jiwoong Lee, Xcast over Ethernet, <draft-lee-xcast-ethernet-01.txt>.
- [15] Yutaka Ezaki *et al.*, Mobile IPv6 handoff by Explicit Multicast, <draft-ezaki-handoff-xcast-01.txt>, 2001.