

BcN을 위한 IP 멀티캐스트 기술 이슈

CST 최준환

차례

I. 개요

II. 멀티캐스트 기술

III. BcN서비스와 멀티캐스트

IV. 멀티캐스트 구현 이슈

V. 결론

I. 개요

방송은 방송국에서 수신 장치인 TV까지 단방향으로 전송되는 1 대 다 형태의 전송방식을 따른다. 반면 통신은 송신자와 수신자간의 1 대 1 양방향의 전송방식을 기본으로 한다. 송신자와 수신자 관점에서 전자를 브로드캐스트 전송으로, 후자를 유니캐스트 전송으로 각각 구분할 수 있다. 전통적으로 통신에서는 브로드캐스트 방식은 제한적으로 로컬 서브넷 즉, LAN상에서의 DHCP나 ARP와 같은 프로토콜에 한하여 적용되고 있으며, WAN 및 Internetworking 구간에는 사실상 적용되지 않고 있다. 통신에서는 브로드캐스트 대신에 멀티캐스트라는 방식으로 1 대 다 전송을 구현하고 있다. 멀티캐스트와 브로드캐스트는 1 대 다 전송방식으로 방식면에서는 같지만, 멀티캐스트에서의 수신자는 명시적인 신호(IGMP)에 의해 수신 여부를 결정한다는 면에서 차이가 있다. 최근 각종 외국사례에서는 TPS(Triple Play Service),

IP-TV등의 이름으로 통신인프라를 이용하여 방송서비스를 제공하는 경우가 자주 등장하고, 국내에서도 BcN 시범서비스 사업을 통해 I-CoD형태로 멀티캐스트 서비스가 제공될 것으로 예상된다. 본 고에서는 통방융합형 서비스를 제공하는데 필요한 전송방식인 멀티캐스트 기술 및 동향에 대해 알아보고 BcN 서비스로서 방송형 서비스를 제공하기 위해 고려해야 할 사항 및 해결해야 할 사항을 검토하고자 한다.

II. 멀티캐스트 기술

IP 멀티캐스트는 1991년부터 스티브 디어링에 의해 주창되어 IETF에서 여러 가지 멀티캐스트 관련 기술이 표준화되어 왔다. 멀티캐스트 제공을 위해서는 멀티캐스트 주소, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, 멀티캐스트 그룹 제어 프로토콜 등이 필요하다, Class A,B,C,D 로 구분되는 IPv4 주소 체계에서 멀티캐스

트는 Class D에 할당된 주소를 사용한다. Class D 주소는 '1110'으로 시작되는 32bit 주소로서 그 범위는 224.0.0.0 ~ 239.255.255.255에 해당한다.

(표 1) Ipv4 Class 구분

0	X	X	X	X	Class A	0.0.0.0 ~ 127.255.255.255 (Unicast)
1	0	X	X	X	Class B	128.0.0.0 ~ 191.255.255.255 (Unicast)
1	1	0	X	X	Class C	192.0.0.0 ~ 223.255.255.255 (Unicast)
1	1	1	0	X	Class D	224.0.0.0 ~ 239.255.255.255 (Multicast)
1	1	1	1	0	Class E	240.0.0.0 ~ 247.255.255.255 (Reservced)

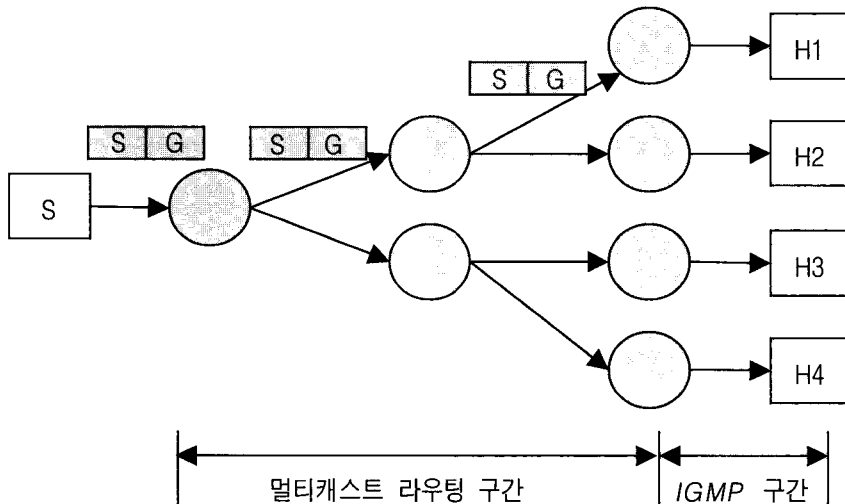
이 주소는 Class A,B,C 에 해당하는 일반적인 유니캐스트 주소와는 달리 특정 호스트에 할당되는 주소가 아니고 멀티캐스트 그룹(G)에 할당되는 주소이다. 멀티캐스트 통신에도 유니캐스트 통신과 같이 송신자와 수신자가 존재한다.

통상적인 유니캐스트 통신에 있어서 IP Header는 송신자 IP 주소, 수신자 IP 주소를 포함할 것이나, 멀티캐스트는 하나의 송신자와 복수의 수신자가 존재

하는 환경이므로 수신자 IP 주소 필드에 특정 수신자 IP주소를 표기하는 것은 적절하지 않다. 이때 수신자 IP 주소 필드에는 목적지 IP 주소가 표기되는 것이 아니고 멀티캐스트 그룹주소(G)가 표기된다.

멀티캐스트 송신자(방송서버)는 멀티캐스트 패킷을 송출하는데 특별한 프로토콜을 사용하지 않는다. 즉 송신자로 부터의 (S,G) 패킷이 그대로 최초의 라우터로 전달되면 라우터에서는 지정된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 이용하여 라우팅을 수행한다.

멀티캐스트는 브로드캐스트와는 달리 지정된 일부 호스트만이 수신할 수 있다. 그러면 멀티캐스트 수신자인 개별 호스트는 어떻게 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있는가라는 문제가 생기는데, 여기에 사용되는 프로토콜이 IGMP이다. IGMP를 이용해 각 호스트는 자신이 원하는 멀티캐스트 그룹(G), 또는 채널(S,G)를 요청하여 수신할 수 있다. 멀티캐스트 그룹(G)를 요청하는 것은 송신자(S)에 상관없이 특정 멀



(그림 1) 멀티캐스트 전송 예

터캐스트 주소(Class D)를 갖는 패킷을 요청하는 것이고, 멀티캐스트 채널(S,G)을 요청하는 것은 송신자(S)와 멀티캐스트 주소 쌍으로 요청하는 차이가 있다. 즉 멀티캐스트 그룹(G)만을 요청할 경우 복수의 소스(S1,S2..)가 동일 멀티캐스트 그룹(G)로 패킷을 보내고 있을 경우 해당하는 모든 소스로부터의 패킷이 수신자인 호스트로 전달되게 된다.

수신단에서 필요한 트래픽이 S1으로부터의 트래픽이면 나머지 소스로부터의 트래픽은 불필요하게 전달된 것이다. 이에 대한 처리는 수신단의 부담이 된다. 이런 경우를 방지하기 위해서는 채널(S,G)단위로 요청하고 수신할 수 있는 체계가 필요하다. IGMPv1[1]과 IGMPv2[2]는 멀티캐스트 그룹(G)을 지원하며, IGMPv3[3]는 채널(S,G)를 지원한다.

멀티캐스트 전송의 핵심은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이라고 할 수 있는데, DVMRP[4], MOSPF[5], CBT[6], PIM[7], PIM-SSM[8] 등 많은 프로토콜이 제안되었으며, 이 중에서 PIM이 가장 일반적으로 채택되고 있으며, 많은 ISP에서도 PIM을 기본 스펙으로 요구하고 있는 실정이다. 전송한 채널단위의 지원을 위해서는 IGMPv3와 PIM-SSM이 함께 사용되어야 한다.

III. BcN 서비스와 멀티캐스트

BcN 서비스 중 멀티캐스트와 밀접한 관련이 있는 서비스는 1 대 1 통신이 아닌 1 대 다 통신이 필요한 경우인 방송형 서비스라고 할 수 있다. 통상적인 방송 서비스는 지상파방송, 케이블방송, 위성방송 등이 있으나 이들 전통적인 방송기술은 멀티캐스트와는 직접적인 연관은 없고 브로드캐스트 방식을 사용하여 제공된다. 즉 모든 방송 신호는 수신단(TV 수상기 또는 STB)까지 특별한 통신 프로토콜 없이 직접

전달된다. 방송채널의 선택은 해당주파수로 튜닝(tuning)하는 것으로 충분하다. 또한 모든 방송 신호 자체가 수신단까지 항상 도달해 있기 때문에 채널 선택 후 화면에 재생되는 시간도 적게 걸린다.

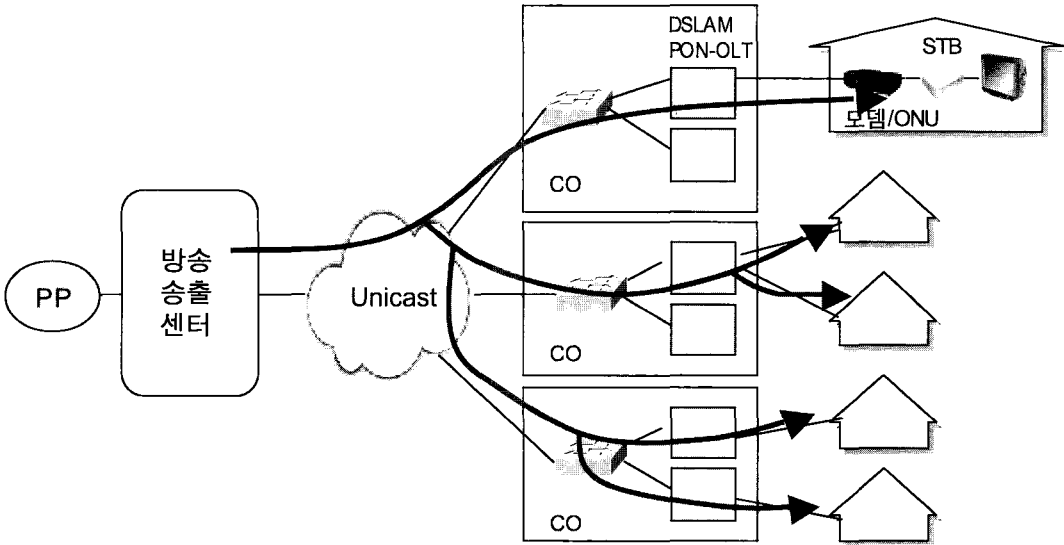
BcN 방송서비스를 제공하는 2가지 접근 방법은 전통적인 브로드캐스트 방식과 IP 멀티캐스트 방식으로 나눌 수 있다. BcN 방송서비스에서의 브로드캐스트 방식은 기존 브로드캐스트 전송방식을 사용하되, 콘텐츠의 디지털화 및 디지털화된 방송 콘텐츠의 디지털전송으로 설명할 수 있는데, 디지털 지상파 방송, 디지털 CATV방송, 위성 방송, DMB 등에서 접근하는 방식이라고 할 수 있다. 반면 멀티캐스트방식을 사용하는 경우는 IP기반의 망을 이용한 경우로서 브로드캐스트 방식을 적용하기 어렵기 때문에 고려된 방식이라고 볼 수 있다.

IP기반의 망에서 방송을 멀티캐스트방식으로 보내고자 하는 이유는 유니캐스트 방식으로 전송할 때 소요되는 엄청난 대역폭 때문인데, 5Mbps 정도의 SD급 방송을 하는 경우 수신자가 천명이면 5G, 만명이면 50G의 대역이 필요하지만 멀티캐스트인 경우 5Mbps로 충분하기 때문이다.

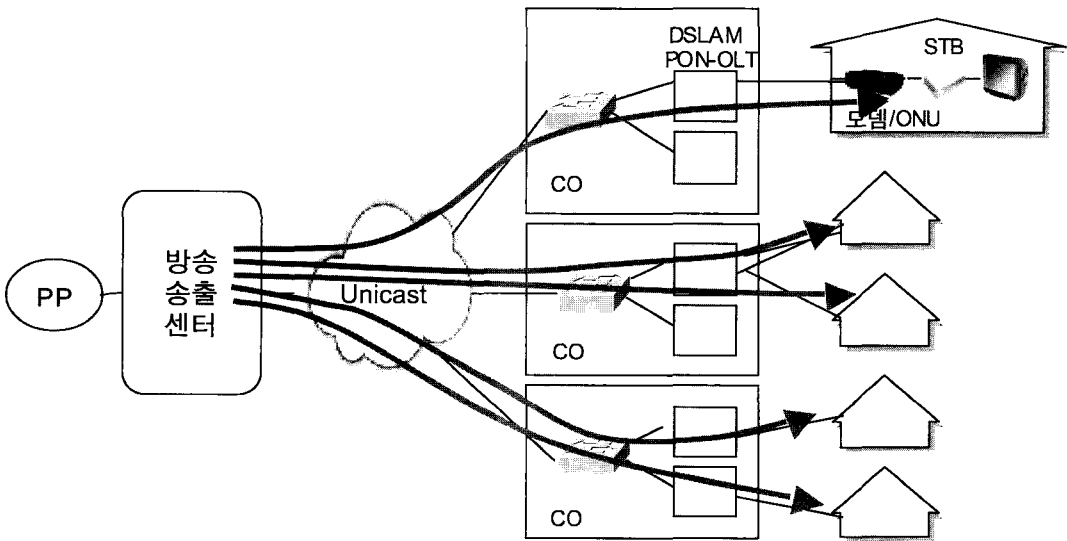
멀티캐스트를 이용한 방송서비스는 현재 이탈리아의 FastWeb, 홍콩의 PCCW, 일본의 Yahoo BB 등에서 상용서비스를 제공하고 있으며, 국내에서도 BcN 시범사업의 주요 서비스 항목으로 고려되고 있다.

(그림 2)에서는 멀티캐스트 방식의 IP-TV 서비스를 (그림 3)에서는 유니캐스트방식의 IP-TV서비스를 나타내었다. 방송송출센터와 망간에 멀티캐스트 방식은 하나의 방송채널을 위한 대역만 필요하지만, 유니캐스트인 경우에는 5배의 대역이 필요하다. 또한 망과 CO간의 인터페이스에서도 복수개의 방송채널 대역이 필요하다.

이런 대역폭 절감이라는 장점에도 불구하고 사실



(그림 2) 멀티캐스트를 이용한 IP-TV 서비스 제공



(그림 3) 유니캐스트를 이용한 IP-TV 방송서비스 제공

상 멀티캐스트 서비스는 상용으로 활성화된 경우는 극히 드물었다. 초기 멀티캐스트를 지원한 많은 사업자들이 대부분 현재 멀티캐스트를 지원하지 않는 경우가 많다[9]. 여기에는 멀티캐스트가 안고 있는 많은 문제점에 기인한다고 할 수 있다. 다음절에서는 이런 문제점에 대해 알아 본다.

IV. 멀티캐스트 구현 이슈

멀티캐스트 구현에 필요한 것이 멀티캐스트 주소, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, IGMP 등이라고 하였는데, 이들 각각에 멀티캐스트를 활성화하는데 문제점을 안고 있다. 이외에도 수요 문제 등의 기술 외적인 문제가 존재한다.

1. 멀티캐스트 주소 문제

우선 멀티캐스트 주소면에서 보면 Class D에 해당하는 멀티캐스트 주소는 사실상 독점적으로 어느 한 기관에 할당된 주소라기 보다는 공용으로 사용하는 주소라는 문제가 있다. 즉 Class A,B,C 등은 각 지역 및 국가 등록기관을 통해 할당받아 배타적으로 사용할 수가 있는 반면 멀티캐스트 주소는 IANA에서 할당한 주소외에 일반 멀티캐스트용으로 사용할 수 있는 주소에 대한 관리주체가 불분명하다. 따라서 특정 방송서버가 224.100.100.100이라는 그룹으로 방송을 할 경우 타 방송서버 역시 224.100.100.100이라는 주소로 방송이 가능하다는 것이다.

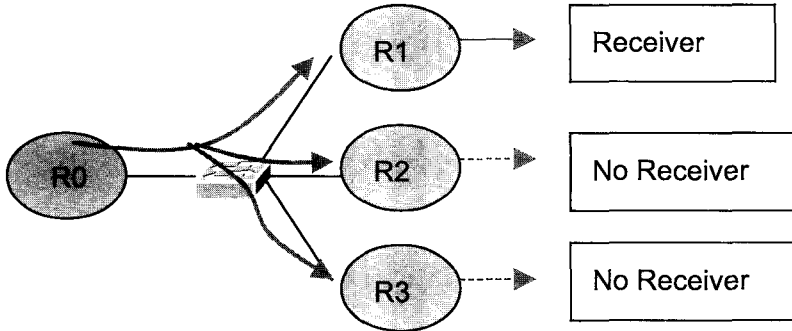
방송을 수신하는 수신단에서 2개의 서버로부터 트래픽을 수신하는 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우를 위해서 GLOP addressing 방식이 대두하였다. GLOP 방식은 239.0.0.0/8 주소 블록을 AS번호를 보유한 기관에게 멀티캐스트 주소로 사용할 수 있게

하는 방식이다. 즉 239.AS(16bits).X를 AS를 보유한 기관에서 배타적으로 할당하여 AS를 보유한 기관(사업자)가 총 256개의 멀티캐스트 주소를 사용하게 한다. 이 방식의 문제점은 사용할 수 있는 주소 개수가 제한되어 있다는 면에서 제약이 있으며, 통상 방송을 제공하는 방송사업자와 망사업자가 분리되어 있는 상황에서는 방송사업자가 연동되어 있는 각 망사업자별로 별도의 멀티캐스트 주소로 방송을 송출해야 하는 번거로움이 존재한다. GLOP 방식의 주소할당 외에 SSM을 이용할 경우 (S,G)를 하나의 채널로 구분하기 때문에 (S1,G)와 (S2,G)가 각기 다른 방송으로 구분되어 처리될 수 있다. 따라서 동일한 그룹주소로 방송을 송출해도 전혀 문제가 되지 않는다. SSM 방식을 위해서도 별도의 멀티캐스트 그룹이 할당되어 있는데 232.0.0.0/8이 그 것이다. 전체 사용할 수 있는 그룹 수는 16백만개이나, (S,G)쌍을 고려할 때 사실상 채널의 수에 대한 제약은 없다고 해야 할 것이다. 단, 이 방식을 사용하기 위해서는 IGMPv3 및 PIM-SSM을 적용해야 한다.

2. 멀티캐스트 라우팅 문제

멀티캐스트 라우팅 프로토콜 자체에 대한 문제라기 보다는 성능의 문제라고 할 수 있다. 즉 이제까지의 망장비인 라우터들은 사실상 멀티캐스트를 많이 고려하지 않은 채 구현된 것으로서 기능적으로는 잘 동작하지만 대용량 트래픽 및 많은 수의 멀티캐스트 채널을 처리하는데 있어서 종종 성능저하를 일으킨다. 이 문제는 꼭 멀티캐스트에 국한된 문제라기 보다는 IPv6, QoS 등 BcN에서 요구하는 많은 기능구현에 있어서도 동일한 문제가 발생하곤 한다. 따라서 성능저하 없이 멀티캐스트를 지원할 수 있도록 장비가 설계되고 구현되어야 할 것이다.

성능문제과 관련하여 Layer3의 문제외에 Layer 2



(그림 4) SW 구간에서의 멀티캐스트 문제

에서도 문제가 발생한다. Layer 2 장비인 LAN S/W는 통상 멀티캐스트 패킷을 처리할 때 브로드캐스트로 처리한다.

(그림 4)에서 R1 밑에는 실제로 멀티캐스트를 요구하는 호스트 및 라우터가 있는 경우이고 R2 및 R3에는 없는 상황에서도 R0로부터의 멀티캐스트 트래픽이 R1 뿐만 아니라 R2, R3로 전달되는 현상이 나타난다. 이는 LAN S/W에서 멀티캐스트 패킷을 브로드캐스트하기 때문에 발생한다. 만약 R1, R2, R3 등이 라우터가 아니고 개별 호스트라면 IGMP를 사용하는 구간이므로 LAN S/W에서 IGMP Snooping을 이용하여 R2 및 R3로 Flooding하지 않게 하는 것이 가능하지만, 망 내부에서는 IGMP를 사용하지 않기 때문에 별도의 고려가 필요하다. 이 부분에 대해서는 Cisco의 Router-port Group Management Protocol (RGMP, RFC3488)이 정의되어 있으나 통상적인 라우터 및 LAN S/W에 탑재되고 있는 것은 아니다.

위의 문제는 백본에서의 S/W 구간에서 불필요한 멀티캐스트 트래픽 제거를 위해 필요한 반면 가입자 구간, 즉 Default Gateway와 STB 등 단말 장치간에 LAN S/W가 존재할 경우에서도 동일한 문제가 발생하는데, 통상 이때 적용하는 것은 IGMP Snooping

기능이다. IGMP Snooping 기능은 LAN S/W에서 IGMP 메시지를 중간에 해독하여 어느 인터페이스에서 멀티캐스트 그룹을 요청했는지를 파악하여 해당 포트에만 멀티캐스트 패킷을 전달하는 기능이다. 초기 LAN S/W에서는 이런 기능이 없었으나 요즘의 대부분 LAN S/W에서는 이 기능이 적용되어 있다. 단 IGMP Snooping을 할 경우 모든 멀티캐스트 트래픽이 일단 LAN S/W의 CPU로 전달되기 때문에 H/W적으로 지원하는 등의 성능상 문제는 검증이 되어야 한다.

3. 수요문제

멀티캐스트에 대한 기술적인 사항은 아니지만 사실상 멀티캐스트 확산에 가장 중요한 이슈는 수요의 부재라고 할 수 있다. 멀티캐스트를 제공하는데 있어서 기술적인 어려움 등은 충분한 수요가 있는 상태라면 극복할 수 있는 문제라고 할 수 있는데 결정적으로 수요가 불충분하였기 때문에 멀티캐스트를 적용한 초기 많은 ISP들이 중국에는 멀티캐스트 서비스 제공을 중단하는 상황이 발생하게 된다[9]. 멀티캐스트의 주된 장점은 대역폭 절감이라고 할 수 있는데,

ISP의 입장에서는 실질적인 장점이 되지 못하는 이유가 유니캐스트 방식으로 할 경우 콘텐츠 프로바이더(CP)가 인터넷 전용회선 용량을 수요에 따라 증속해야 하기 때문에 이에 따른 전용회선 매출을 확보할 수 있지만, 멀티캐스트를 제공할 경우 콘텐츠 프로바이더와 사업자간의 전용회선은 크게 증속할 필요성이 없어진다는 것이다. 따라서 사업자 입장에서는 멀티캐스트 서비스를 적극적으로 추진할 필요성은 약한 것이 사실이다. 이때의 모델은 통신사업자(ISP)와 콘텐츠 프로바이더(CP)가 별도인 경우로서 사실상 통신사업자의 수익모델에 기여할 부분이 적었으나, 현재 예상되는 BcN 서비스는 CP와 ISP가 동일하거나 강한 유대관계를 가진 경우가 대부분이다. 즉 콘텐츠의 전달과 통신사업자의 수익모델이 연관될 수 있는 여건이 마련된 셈이다. 하지만 아직까지 방송 및 통신의 각 영역에서 IP-TV를 보는 입장차이 및 정책결정 지연 등으로 인해 확실한 수익모델화에는 좀더 시간이 걸릴 것으로 판단된다.

4. 품질문제

멀티캐스트는 UDP를 기반으로 하는 프로토콜로서 connectionless 통신 범주에 속한다. UDP이기 때문에 재전송 기술을 사용하여 무결성을 보장하는 TCP와는 달리 망의 상태에 따라 멀티캐스트 서비스 품질이 좌우된다. 근본적으로 품질보장 메커니즘이 구현되지 않는 상황에서 고품질의 멀티캐스트 서비스를 제공하는 것은 어려운 것이다. 품질보장 메커니즘이 구현되고 이를 지원하는 망장비를 사용하는 것이 필요하다. 방송서비스 입장이라면 단순 전송품질 외에 고려되어야 할 중요한 품질요소 중 하나가 채널 전환에 소요되는 시간(Channel Zapping Time)이라고 할 수 있다. 이 시간은 이용자가 채널을 선택하면 STB 등에서 IGMP메시지를 만들고 망으로 해당

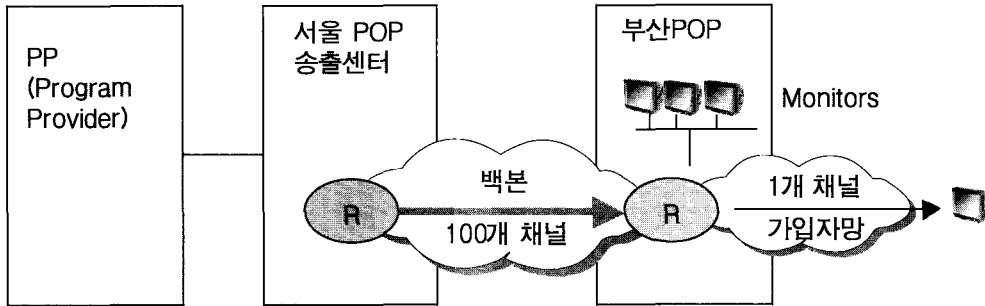
멀티캐스트 채널을 요청하여 트래픽을 수신한 후 최초 화면이 뜨는 데까지 걸리는 시간으로 볼 수 있는데, 기본적으로 소요되는 IGMP메시지 처리 시간, STB에서의 패킷 버퍼링시간 등은 줄이는데 한계가 있는 반면 서비스 제공 구조에 따른 시간은 충분히 줄일 수 있다.

즉 멀티캐스트 서버가 서울 등 중앙에 위치하고 지역(예 : 부산)에서 특정 채널을 수신하고자 할 때 기존에 해당 채널을 보고있는 이용자가 없는 경우 서울에서부터 부산까지 트래픽이 전달되는데 걸리는 시간이 있는데, 만약 부산 POP에 별도의 방송서버가 있다면 이때 걸리는 시간만큼은 단축할 수 있다. 별도 서버를 준비하지 않고도 부산의 POP에서 방송채널마다 IGMP Join을 하면 동일한 효과를 낼 수 있다. 부산 POP내에 IGMP Join을 하는 별도 호스트를 구성할 수도 있고, POP내의 라우터에서 명시적으로 IGMP Join을 할 수도 있다.

부산 POP내의 라우터는 100개 채널 모두에 대해 라우터 명령어를 통해 IGMP Join을 하여 100개 채널에 대한 트래픽을 모두 수신하고 있다가 가입자 측의 특정채널에 대한 IGMP Join이 들어 오면 해당 채널의 트래픽을 가입자측으로 전달해 준다.

이때 걸리는 시간은 서울에서부터 새로 해당 채널에 대한 트래픽을 받는데 걸리는 시간보다 단축될 수 있으며, 극단적으로 가입자의 STB까지 모든 채널에 대한 트래픽이 항상 전달되고 있으면 그 만큼 채널 Zapping Time은 줄어들게 된다. 하지만 이렇게 되면 멀티캐스트의 장점인 대역폭 절감 효과는 반감될 것이고 가입자망 및 구내망에 대한 대역폭 수요가 늘 것이므로 어느 지점까지 트래픽을 항상 넘길 것인지 는 엔지니어링 대상이라고 할 수 있다.

통상 디지털 방식의 방송서비스에서는 화면 전환 시간이 아날로그에 비해 다소 많이 걸리는 것은 이런 멀티캐스트 방식이 아닌 경우에도 발생하는데, 그것



(그림 5) Channel Zapping Time 축소 방안

은 디지털화된 콘텐츠의 일부(Key Frame 등)가 충분히 수신된 다음에 화면을 구성할 수 있기 때문이다. 즉 어느정도의 버퍼링 시간이 필요하며 SD 보다는 HD 등 고품질 방송일수록 요구되는 버퍼링 사이즈는 더 커진다.

5. 보안 문제

멀티캐스트 채널 수신은 특정 장치나 사용자 계정으로 제한되는 CAS 기능이 없다. 동일 LAN 상에서 정상적인 이용자가 특정 멀티캐스트 채널을 수신하고 있으면 비정상적인 이용자도 해당 멀티캐스트 채널을 수신할 수 있는 환경이 된다. 즉 IGMP나 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 자체에 보안 및 시청제한 기능이 포함되어 있지 않으므로 서비스 제공 시 별도 암호화하여 등록된 STB에서만 해독하여 시청할 수 있는 CAS기능이 구비되어야 한다. 또한 수신 쪽 문제 외에도 멀티캐스트가 적용된 망에 아무나 멀티캐스트 망으로 멀티캐스트 트래픽을 전송할 수 있다면 역시 문제가 될 수 있다.

다량의 멀티캐스트 트래픽을 발생하여 망에 부하를 주는 것은 물론 타 방송과 동일한 그룹주소로 악의적인 트래픽을 발생시킬 수도 있으므로 망으로의

멀티캐스트 트래픽 유입에 대한 정책 및 관리가 필요하다. 아직 멀티캐스트 관련한 Virus나 해킹 등의 사례는 없으나 향후 멀티캐스트가 활성화되어 널리 사용될 경우 이런 문제에 대한 대비는 반드시 필요할 것이다.

V. 결론

통신방송 융합형 서비스인 IP-TV 서비스를 멀티캐스트 기술로 제공하는데 고려할 사항들에 대해 알아보았다. 대부분의 기술적인 문제점들은 새로운 장비의 도입과 멀티캐스트 도입을 위한 적절한 망설계 등을 통해 해결 가능하다고 판단이 된다. 관련 표준 및 기술도 어느정도 성숙되어 있고, 실제로 멀티캐스트를 망에 적용하는 라우터 구성도 그리 복잡한 것은 아니다. 또한 멀티캐스트 자체에 대한 기술문제 외에 품질보장이라는 문제 역시 간과할 수 없는 부분이다. 품질보장 기술과 멀티캐스트 기술이 함께 적용되어야 성공적으로 방송형 서비스 제공이 가능할 것이다.

그럼에도 불구하고 멀티캐스트 기술의 일반화에는 수요부재라는 문제가 걸려 있다. 아무래도 멀티캐스트는 유니캐스트 망위에 추가적으로 제공되는 것이

므로 유니캐스트 Only망에 비해 관리 부담이 큰 것이 사실이다. 이런 부담을 상쇄할 만한 수익구조가 없다면 멀티캐스트는 앞으로도 전망이 그리 밝지 않은 것이 현실이다. 현재 BcN 시범 사업이나 각 ISP가 독자 추진 중인 서비스에 멀티캐스트를 통한 방송형 서비스가 시도되고 있는 점은 멀티캐스트 기술에 있어 하나의 중요한 시도로 평가할 수 있을 것이다. 이런 시도를 통해 멀티캐스트 관련 기술력을 배양하고 멀티캐스트 적용에 대한 문제점을 하나 둘 해결해 나가는 것으로 향후 멀티캐스트 활성화를 준비해야 할 것이다.



최준환

1992년 포항공과대학교 전자전기공학(학사)

1992년 ~ 2004년 데이콤

2004년 ~ 현재 (주) CST BcN설계실 실장

관심분야 : MPLS, QoS, Multicast, IPv6

[참고문헌]

- [1] RFC 1112 , Host Extension for IP multicasting
- [2] RFC 2236, Internet Group Management Protocol, Version 2
- [3] RFC 3387, Internet Group Management Protocol, Version 3
- [4] RFC 1075, Distance Vector Multicast Routing Protocol
- [5] RFC 1584, Multicast Extensions to OSPF
- [6] RFC 2201, Core Based Trees(CBT) Multicast Routing Protocol
- [7] RFC 2362, PIM-SM:Protocol Specification
- [8] RFC 3569, An Overview of Source-Specific Multicast(SSM)
- [9] “인터넷 멀티캐스트 현황 및 전망” - 고석주, 민재홍,박기식