

QoS를 위한 오버레이 멀티캐스트의 복원경로에 관한 연구

(A study on the Backup Path of Overlay Multicast for QoS)

김 현 기*
(Hyen-Ki Kim)

요 약 최근 멀티미디어 스트리밍 분야에서 멀티미디어 콘텐츠를 효율적으로 전송하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 응용층에서 구현할 수 있는 오버레이 멀티캐스트는 멀티미디어 콘텐츠를 효율적으로 전송하기 위한 방법이다. 오버레이 멀티캐스트는 물리 층의 변경 없이 멀티캐스트 전송을 구현 할 수 있고 알고리즘에 따라 적용방식을 다양하게 할 수 있는 특징이 있다. 본 연구에서는 멀티미디어 콘텐츠의 안정된 전송을 위한 오버레이 멀티캐스트의 복원경로 구성 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 오버레이 멀티캐스트에서 QoS를 보장하기 위하여 최소한의 검색방법으로 복원경로를 구성함으로써 빠르고 간단한 복원경로를 구성할 수 있다.

핵심주제어 : 유니캐스트, 멀티캐스트, QoS, 오버레이 멀티캐스트, 복원경로

Abstract Recently, studies for effective multimedia contents delivery have been widely performed in the multimedia streaming area. Overlay multicast, which can be implemented in the application layer, is method to transmit multimedia content's effectively. The Overlay multicast method can implement multicast transmission without changing the physical layer, and it has the characteristic that the application method can be diversify according to the algorithm. This paper has proposed the backup path construction method of overlay multicast for stabilized multimedia contents transmission. The proposed method can construct a backup path with the minimum searching method for guaranteed QoS(Quality of Service) and in overlay multicast so a fast and simple backup path can be constructed.

Key Words : Unicast, Multicast, QoS, Overlay Multicast, Backup Path

1. 서 론

최근 멀티미디어 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 기술적인 발전에 힘입어 멀티미디어 데이터 전송 기술은 대용량의 데이터를 전송하는 인터넷 방송 뿐 아니라 인터넷 기반의 전자상거래나 제품판매 촉진 또는 기업 홍보 등의 동영상 광고나 각종 행사를 실시간으로 생중계 서비스할 수 있고, 영

상과 음성 및 문자를 병행하여 전달하는 e-러닝(e-learning) 등의 다양한 인터넷 서비스에서 활용될 수 있다[1-4].

멀티미디어 콘텐츠의 전송 방법에는 유니캐스트 방식과 멀티캐스트방식들이 사용되고 있다. 현재 대부분의 멀티미디어 데이터의 전송은 유니캐스트(HTTP, UDP, FTP) 방식이 사용된다. 현재 사용되는 라우터는 대부분 유니캐스트만 지원되는데, 이는 수신자의 정보 관리에 효율적이고 대부분의 소프트웨어가 유니캐스트용으로 개발

* 국립 안동대학교 전자정보산업학부 멀티미디어공학전공

되어 사용되기 때문이다[5-7].

유니캐스트 전송 방식은 동시에 많은 접속자가 발생하였을 경우 회선 용량을 서로 나누어 전송하기 때문에 대역폭이 증가한다. 이러한 단점을 해결하기 위해 멀티캐스트 방법을 사용하는데 멀티캐스트 전송방법은 수신자에게 데이터를 직접 전송하는 것이 아니라 정해진 그룹으로 동시에 전송하므로 이용자의 수가 증가하여도 대역폭이 증가되지 않는다. 그러나 이 방법은 라우터가 멀티캐스트 전송을 지원해야하고, 사용자의 정보를 전달 받을 수 없기 때문에 실제로 광범위하게 사용되기 어렵다. 최근에는 유니캐스트와 멀티캐스트를 응용한 방법들이 연구되고 있다[8].

오버레이 멀티캐스트 방식은 라우터가 아닌 종단 호스트 혹은 서버레벨에서 멀티캐스트 데이터를 포워딩 하는 기술로 필요에 따라 가상적으로 구성하는 네트워크 구조를 의미한다. 본 논문에서는 멀티미디어 콘텐츠의 안정된 멀티미디어 데이터의 전송을 통하여 QoS를 보장하기 위한 오버레이 멀티캐스트의 복원경로 구성 방법을 제안하였다.

2. 멀티미디어 스트리밍 서비스

멀티미디어 스트리밍 서비스의 대표적인 예로는 e-러닝과 인터넷방송 등이 있다. 이 중에서 e-러닝은 교수자와 학습자간의 실시간 학습뿐만 아니라 시공간을 초월하여 학습이 이루어 질 수 있고, 적은 비용으로 효과를 누릴 수 있는 매우 효율적인 교육 수단이며, 특정 시간에 일제히 모이는 것이 아니라 언제 어디서나 편한 시간에 개별적 학습이 가능하다. 특히 다양한 디지털 미디어를 활용한 학습이 가능해 일방적인 주입식 교육이 아닌 양방향 맞춤형 교육이 가능하다는 점도 큰 장점으로 손꼽힌다[9, 10].

e-러닝에서 제공되는 콘텐츠들은 텍스트뿐만 아니라 이미지, 동영상, 음성 등 멀티미디어 요소가 모두 적용되며 네트워크를 통해 전송된다. 비실시간 학습에는 이메일, 게시판 등의 기능이 필요하고 실시간 학습을 위해서는 일방적인 멀티미디어의 전송 뿐 아니라 양방향 정보교환을 위한 실시간 문자서비스나 화상대화서비스가 가능해야

한다. 특히 화상대화 서비스는 화면의 끊임이 없이 음성과 영상이 전달되어야 원활한 학습이 이루어 질 수 있다.

인터넷 방송은 기존의 지상파 방송 및 위성 방송과는 다른 특징이 있다. 기존의 방송과 같이 일방적인 콘텐츠 제공이 아니라 송신자와 수신자간의 양방향 통신이 가능한 대화형(interactivity) 혹은 양방향성(bi-directional) 서비스를 제공하여 사용자 중심의 주문형 서비스가 가능하다. 인터넷 방송 서비스의 종류로는 고객의 주문에 따라 콘텐츠가 배달되는 주문형(on-demand) 서비스와 스포츠실황 또는 뉴스를 실시간 중계하는 생중계(live broadcast)서비스가 있다. 주문형 서비스는 고객의 요청에 따라 콘텐츠가 전달되는 "pull service" 모델에 해당되고 생중계 서비스는 모든 서비스 요청자에게 동시에 콘텐츠를 전달하는 "push service" 모델이다[1].

3. 멀티미디어 콘텐츠 전송 방식

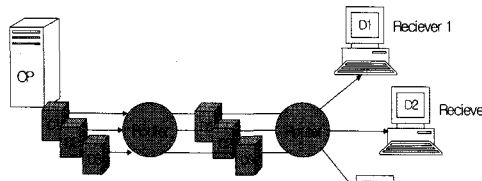
멀티미디어 스트리밍 서비스는 주문형(on-demand) 서비스와 생중계(live broadcasting) 서비스로 구분된다. 주문형 서비스는 개별 수신자의 요구에 적합한 서비스를 제공해야하며, 생중계 서비스는 동시에 많은 사람에게 전송하므로 전송하는 멀티미디어 콘텐츠가 효율적으로 전송되도록 관리되어야 한다.

인터넷에서 멀티미디어 콘텐츠 전송방식은 크게 유니캐스트와 멀티캐스트로 구분된다. 현재 많은 네트워크 시스템이 유니캐스트만 지원하는 환경이며 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 라우터, 허브 등의 개선이 필요하다. 그리고 유니캐스트 기반 환경에서 멀티캐스트 데이터 포워딩(forwarding)을 수행을 병행하는 오버레이 멀티캐스트(overlay multicast) 방식이 급부상하고 있다. 현재 대부분 멀티미디어 콘텐츠는 유니캐스트 방식으로 제공되며 멀티캐스트 방식은 일부 화상회의, 인터넷 교육 등에서 적용에 대한 연구가 활발하다.

3.1 유니캐스트

유니캐스트 전송 방식은 하나의 콘텐츠를 하나의 IP에 보내는 방식으로 일대일(1:1) 전송 방식이며 전송을 원하는 수신자에게 요청을 받아 개별적으로 콘텐츠를 제공한다. 즉 다수의 수신자가 콘텐츠의 요청이 있을 경우 각각의 수신자에게 콘텐츠를 전송한다. 같은 데이터를 중복 전송해야 하므로 네트워크 대역폭 및 송신 시스템 장비의 이용 측면에서 비효율적이며 동시 접속자 수 측면에서도 한계를 지닌다[11].

현재 유니캐스트 방식에 의해 서비스되고 있는 라우터들은 대부분 유니캐스트 방식을 지원하고 있다. <그림 1>은 유니캐스트 전송 방식을 나타낸다.

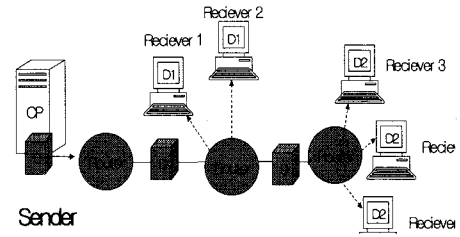


<그림 1> 유니캐스트 전송 방식

콘텐츠 제공자인 CP(contents provider)는 데이터 D를 동일한 데이터 D1, D2, D3으로 복제하여 수신자들(receivers)에게 각각 전송한다.

3.2 멀티캐스트

멀티캐스트 전송방식은 하나 이상의 송신자들이 다수의 수신자에게 전송하는 일대다(1:N)전송 방식이다. 송신자가 정해진 그룹에게 동시에 콘텐츠를 보내는 방식으로 수많은 동시 접속자를 갖는 실시간 멀티미디어 전송에 적합한 전송방식이다. 그러나 현재 일부 ISP에서 멀티캐스트 방법을 도입하고 있지만 대부분의 소프트웨어와 라우터, 허브 등이 유니캐스트 방식만 지원하고 있고 또한 개별 고객에게 특성화된 콘텐츠 및 품질을 제공하는 주문형 방송서비스에 어려움이 있어서 실용화 단계에 이르지 못하고 있다. <그림 2>는 멀티캐스트 전송 방식을 나타낸다. 하나의 데이터(D)가 정해진 그룹에 전송되어 수신자들이 데이터(D)를 공유하게 된다.



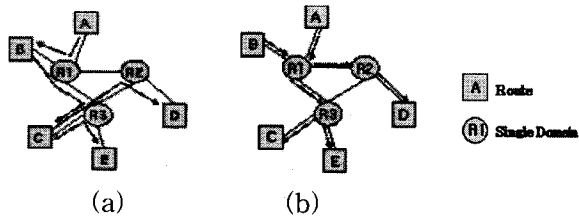
<그림 2> 멀티캐스트 전송 방식

3.3 오버레이 멀티캐스트

오버레이 멀티캐스트 방식은 라우터가 아닌 종단 호스트 혹은 서버레벨에서 멀티캐스트 데이터를 포워딩 하는 기술로 그동안 멀티캐스트의 도입 지연에 대응하여 신속한 멀티캐스트의 도입을 원하는 멀티캐스트 콘텐츠 제공자(MCP)나 관련 기술 개발자들에게 관심을 얻고 있다[12].

오버레이 네트워크는 실제 망 환경에서 물리적인 구성으로 연결되는 경로와는 달리 가상적으로 구성하는 네트워크 구조를 의미한다. 멀티캐스트 전송 방식은 실제 망에서 적용을 위해 멀티캐스트가 지원되는 라우터로 교체해야 하지만, 오버레이 멀티캐스트는 각 사용자의 응용 프로그램만 갖추어지면 구현될 수 있다는 장점이 있다. 그러나 오버레이 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트에 비해 지연 시간이나 대역 폭 사용의 측면에 있어서 비효율적이라는 단점이 있다[13].

오버레이 네트워크 전송방식의 응용으로 End System Multicast⁵⁾는 Peer-to-Peer 방식의 대용량 비디오 스트리밍을 위한 프로토콜로서 그룹 멤버들이 DVMRP(Distribute Vector Multicast Routing Protocol)을 이용하여 멀티캐스트 트리를 스스로 구성한다. 이 모델은 Akamai Technology⁷⁾로 상용화되어 서비스되고 있다. 또한 오버레이 네트워크 전송 모델로서 ALMI²⁾, YOID⁶⁾, RMCP⁸⁾, RMX⁹⁾등이 있다. <그림 3>은 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트 전송 방식의 차이를 보여주고 있다. (a)는 IP 멀티캐스트 전송 방식으로 데이터는 라우터를 통해서 중복 없이 전달되는 반면 (b)는 오버레이 멀티캐스트 전송 방식으로 중복이 발생되지만 라우터의 교체 또는 변경 없이도 전송이 가능함을 보여준다.



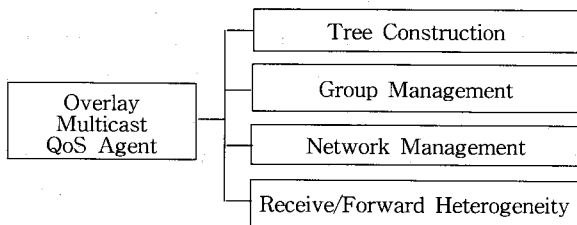
<그림 3> IP 멀티캐스트 및 오버레이 멀티캐스트 전송방식

4. 오버레이 멀티캐스트에서의 QoS 에이전트

4.1 QoS 에이전트

멀티캐스트 전송 방식은 송신자들이 미리 특정 그룹에 가입한 다수의 수신자에게 데이터를 그룹 주소로 송신하는 방식이다. 데이터를 요청하는 수신자들을 특정 그룹에 가입시키고 연결을 유지할 수 있게 하는 QoS(Quality of Service) 에이전트의 기능이 필요하다. 각각의 에이전트들은 호스트 또는 루트에 속해있거나 개별 클라이언트에 속해서 에이전트 기능을 담당 할 수 있다.

오버레이 멀티캐스트는 물리 층의 변경 없이 종단 그룹 통신을 가능하도록 하는 기술이다. 실제 망 환경에서의 구성이 아닌 필요에 따라 응용 계층에서 가상적으로 멀티캐스트 트리를 구성하는 방법이다. 오버레이 멀티캐스트에서 QoS 에이전트에 요구되는 기능은 전송 트리 구성기능, 그룹관리기능, 네트워크 관리 기능, 이종 간의 전송 및 수신 기능, 필요 없는 연결을 제한하는 기능 등이 있다. <그림 4>는 오버레이 멀티캐스트 QoS 에이전트의 기능의 예를 나타낸다.



<그림 4> 오버레이 멀티캐스트 QoS 에이전트

트리 생성(Tree Construction) 기능은 오버레이 멀티캐스트 트리를 구성하기 위한 알고리즘은

로 트리를 구성하며, 미리 계산된 고정된 트리를 사용하는 방법은 오버레이 멀티캐스트 전용 트리 구성으로 노드 구성에 필요한 시간을 예측하는데 편리하다.

그룹 관리(Group Management) 기능은 멤버들이 부모와 자식의 연결로 계층적으로 구성되도록 한다. 각 그룹의 멤버 가입과 연결, 유지, 탈퇴, 복구 등의 기능에 관련된다. 네트워크 관리(Network Management) 기능은 트리의 루트를 선택하는 방법과 데이터 분산 기능에 관련된다. 트리의 루트를 선택 할 때 키(Key)의 역할을 하는 노드를 선택한다. 그룹에 속한 모든 멤버들은 루트 노드를 검색하여 정보를 가진다. 이종간 송수신(Receive and Forward Heterogeneity) 기능은 서로 다른 종류의 데이터간의 송수신 관련 기능이다. e-러닝, 인터넷 방송 등의 스트림 데이터를 전송 할 때 서로 다른 대역폭을 사용하는 경우 다이내믹하게 대역폭을 조절하여 원활한 전송을 위한 기능을 담당한다.

4.2 QoS 보장 방법

멀티미디어 데이터의 효율적인 전송과 QoS를 보장하기 위한 방법으로 안정된 콘텐츠 분산기술, 복원 경로 구성 방법 등이 있다. 콘텐츠 분산 기술로 CDN(Content Distribute Network)⁸⁾은 대용량의 콘텐츠를 다수의 지역 서버에 복사하고 클라이언트의 요청을 적절한 지역 서버로 재전송(Redirection)하여 지역 CDN 서버로부터 전송함으로써 원본 서버의 부하를 줄이고 트래픽을 분산하는 기술이다.

복원 경로 구성 방법은 기본 경로를 연결함과 동시에 복원 경로를 구성하여 네트워크의 연결이 항상 원활이 이루어지게 하는 방법이다. 복원 경로 구성에 관련 연구로는 복원경로 할당에 관한 연구¹¹⁾와 이중트리 구성에 관한 연구¹²⁾ 등이 있으며, 복원경로 할당에 관한 연구는 오버레이 멀티캐스트에서 연결된 링크가 끊어진 경우 복원 경로를 구성 하는 방법에 대한 것이다. 본 연구에서는 복원경로를 구성할 때 기본경로와 복원경로 사이의 최소값을 찾는 방법을 사용하였다. 먼저 기본 경로를 연결한 다음 기본 경로와 복원경로를 재배치하는 방법을 사용하였다. 특히 물리 층

과 오버레이층에서 기본 경로와 복원경로 두 가지 경로를 물리 층에서 연결하고 같은 방법으로 오버레이 네트워크에서 대응시킴으로 연결을 완성한다.

4.3 QoS 에이전트에서 복원 경로의 구성

QoS 에이전트는 경로 연결 및 관리 기능에서 복원경로의 설정과 연결을 담당한다. 본 논문에서는 자신의 부모 노드(node)와 같은 레벨의 가장 가까운 노드 2개의 주소로써 복원 트리를 구성한다. 복원경로는 각각의 노드가 복원 경로를 가지는 과정을 설명하고 부모 노드가 끊어진 경우에 대해서 설명을 한다.

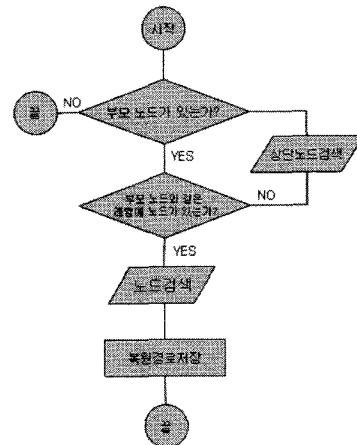
- (1) 각각의 노드가 복원경로를 저장하는 과정
 - ① 각각의 노드는 자신의 부모노드가 있는지 검색한다.
 - ② 자신의 부모노드와 같은 레벨에 노드가 있는지 검색한다.
 - ③ 노드를 검색한다.
 - ④ 자신의 부모 노드를 제외한 2개의 노드의 주소를 복원 경로 주소로 저장한다.

- (2) 부모 노드가 끊어진 경우
 - ① 부모 노드가 끊어졌는지 확인한다.
 - ② 복원 경로가 있는지 검색한다.
 - ③ 가까운 노드를 검색한다.
 - ④ 복원 경로를 연결한다.
 - ⑤ 복원 경로가 없는 경우 복원 경로를 저장하는 과정을 거친다.

<그림 5>는 복원경로를 저장하는 과정을 나타낸다. 모든 트리는 복원경로를 가지며 자신의 부모와 같은 레벨의 가장 가까운 다른 노드의 2개의 주소를 가진다.

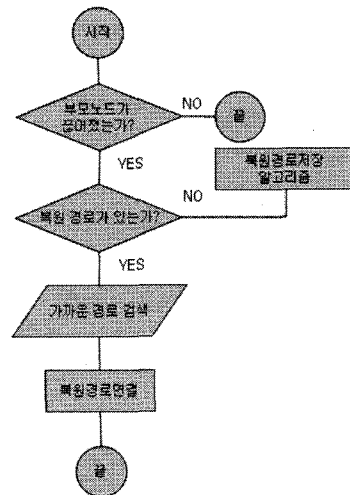
먼저 자신의 부모노드가 있는지 검색하고 부모 노드와 같은 레벨에 노드가 있는지 확인한다. 만약 노드가 있으면 노드를 검색하여 복원 경로에 저장한다.

<그림 6>은 복원경로를 연결하는 과정을 나타낸다.



<그림 5> 복원경로 저장 과정

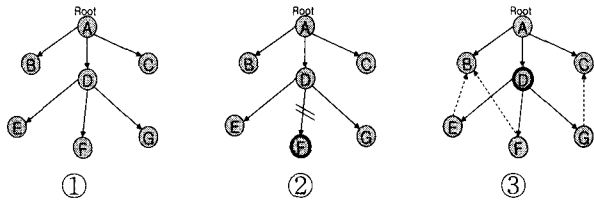
부모 노드가 연결이 끊어지거나 일정 속도 이하일 경우 자신이 가지고 있는 복원경로가 저장되어 있는지 검색하고 저장된 복원경로가 있으면 그 중에서 가까운 경로에 바로 연결한다. 만약 복원 경로가 저장되어 있지 않으면 복원 경로를 다시 검색한다. 만약 최상단 레벨의 노드일 경우 부모 노드가 루트 로드인 경우 더 이상의 대체경로 주소를 가지지 않는다.



<그림 6> 복원경로 연결과정

<그림 7>은 복원경로 구성을 위한 트리를 나타낸다. ①에서 노드 F는 부모노드 D와 같은 레벨의 노드 B와 노드 C의 주소로 대체경로 주소로 저장한다. 마찬가지로 E와 G의 경우도 부모 노드와 같은 레벨의 노드 B와 노드C를 대체경로

주소로 저장한다. 부모 노드(D)가 연결이 되지 않은 경우(②) 노드(F)는 각각 복원경로로 저장된 주소 중에서 가까운 곳에 연결된다(③). 그 결과 Path(B, F), Path(C, G)가 생성되어 연결된다.



<그림 7> 복원경로 구성을 위한 트리

본 논문에서 제안한 방법은 항상 안정된 트리 구성을 위해 루트 노드를 제외한 모든 노드는 자신의 부모와 같은 레벨의 가장 가까운 노드 2개의 주소만을 복원 경로로 가지도록 하였다.

5. 성능분석 및 고찰

성능 분석을 위해서 먼저, QoS 에이전트별로 복원경로를 위한 트리의 구성하는 방법에 따라 에이전트의 기능과 특징을 비교 분석하고, 다음으로 이중트리 구성 방식과 제안된 방법의 복원 경로 재구성 시간을 분석하였다. <표 1>은 QoS 에이전트에서 복원경로를 위하여 트리를 구성하는 방법에 따라 에이전트의 기능과 특징을 비교 분석하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 복원경로를 재구성하는 방법으로 다른 방법에 비하여 노드 검색 속도가 빠르고, 노드에서 데이터 크기를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

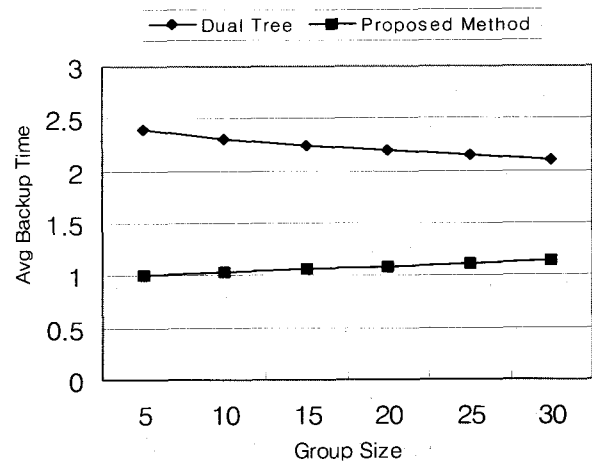
다음으로 본 논문에서는 <표 1>에서 복원경로를 구성하는 방법 중에서 이중 트리 구성 방식과 제안된 방법의 복원 경로 재구성 시간에 대하여 비교 분석하였다.

복원 경로를 구성하기 위한 네트워크는 30×30 그리드에서 선택된 100개의 노드로 구성되는 $G(V, E)$ 로 가정한다. 여기에서 V 는 노드의 집합, E 는 링크의 집합을 의미한다. $G(V, E)$ 에서 각 링크 $(i, j) \in E$ 인 경우 $d(i, j)$ 개의 검색이 필요하다. 데이터 전송을 위한 트리를 유지하기 위해서, 모든 노드는 자신의 부모와 같은 레벨의 가장 가까운 노드 2개의 주소를 유지하며, ping 메

<표 1> QoS 에이전트에서 복원경로를 위한 트리 구성방법

Function	QoS Agent	Reference	Characteristics	Uses
Tree Construction	Waypoint machines	ESM ⁹⁾	Fast Internet connections, and they provide large amounts of bandwidth to ensure	Peer-to-Peer
	Session Controller	ALMI ²⁾	Centralized construction	Small group communications
	AMRoute	AMRoute ¹³⁾	Create a mesh of bidirectional tunnels	Broadcasting
	Overcast nodes	Overcast ¹⁴⁾	To optimized for bandwidth	Scalable and reliable single source multicast
Backup Path	Dual-Tree	Dual-Tree ¹²⁾	Failure Restoration with Dual-Tree	For fault tolerance
	Proposed Method	Backup-Tree	Fast node searching speed, and Minimize data size for node	To construction the backup path

시지를 이용하여 주기적으로 이들 노드의 존재 여부를 확인한다. <그림 8>은 그룹 크기에 따른 평균 복원 경로 재구성 시간을 나타내었다.



<그림 8> 그룹 크기에 따른 평균 복원 시간

<그림 8>의 결과로부터 본 논문에서 제안한 복원경로 구성 방법은 자신의 부모와 가장 가까운 레벨의 주소를 복원 경로로 가짐으로써 기존의 이중트리 구성 방법에 비하여 복원 경로 재구성 시간이 감소됨을 알 수 있다. 제안된 방법은 트리 구성시 복원경로를 미리 저장하고 있으므로 단지 2번의 검색이 필요하며, 링크 연결이 실패

할 경우에는 가까운 경로에 연결이 이루어지므로, 링크가 끊어질때 마다 복원경로를 구성하는 기존의 방법보다 효율적임을 알 수 있다. 멀티미디어 스트리밍에서는 끊임이 없는 멀티미디어 데이터의 전송이 필수적으로 요구되므로 제안된 방법은 멀티미디어 스트리밍의 응용분야에 효율적으로 적용할 수 있다.

6. 결 론

멀티미디어 스트리밍에서 텍스트, 비디오, 오디오 등의 멀티미디어 데이터를 효율적이고 안정되게 전송하는 것은 QoS 만족을 위해서 중요하다.

본 논문에서는 멀티미디어 콘텐츠의 안정된 데이터의 전송을 통하여 QoS를 보장하기 위한 오버레이 멀티캐스트의 복원경로의 구성방법을 제안하였다. 즉, 멀티미디어 스트리밍에서 효율적이고 안정된 복원 경로를 구성하기 위해 오버레이 멀티캐스트 트리 각각의 노드가 자신의 부모와 같은 레벨의 노드를 복원 경로로 저장하여 특정 노드가 끊어지거나 전송이 일정속도 이하로 늦어지는 경우 QoS 에이전트에서 신속하게 복원경로로 연결하여 경로를 재구성하는 방법이다. 제안된 방법은 최소한의 검색방법으로 복원경로를 구성함으로써 빠르고 간단한 복원경로를 구성할 수 있다.

멀티미디어 콘텐츠의 효율적인 전송과 수신을 위해 기존의 라우터의 개선이 필요하지 않고 응용 프로그램으로 구현이 가능하며 유니캐스트와 멀티캐스트의 장점을 살릴 수 있는 오버레이 멀티캐스트 전송방식이 향후 주목 받을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국인터넷방송협회, <http://www.korwa.or.kr/doc/sub4/doc3.php>
- [2] RFC 1889, "RTP: A transport protocol for real-time applications," <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- [3] 고주영, 심재창, 김현기, "오버레이 멀티캐스트에서의 트래픽 에이전트에 관한 고찰", 한국정보처리학회 논문지, Vol.12-B, No.6, 2005.
- [4] Georgios K. Tegos and Diana V, "E-learning of trend modeling in a web-environment", SIGCSE Bulletin, Vol. 37, June 2005.
- [5] ESM, <http://esm.cs.cmu.edu/>
- [6] P. Francis. "Yoid: Extending the internet multicast architecture. Unrefereed", Technical report, NTT, April 2000.
- [7] Akamai Technology <http://www.akamai.com>
- [8] RMCP, <http://ectp.etri.re.kr/>
- [9] Y. Chawathe, S. McCanne, and E. Brewer, "RMX:Reliable Multicast in Heterogeneous Networks", In Proc. IEEE INFOCOM, March 2000.
- [10] Internet2, <http://www.internet2.edu/>
- [11] Weidong Cui, Ion Stoica, and Randy H. Katz, "Backup Path Allocation based on a Correlated Link Failure Probability Model in Overlay Networks", International Conference on Network Protocols (ICNP), November 2002.
- [12] Aiguo Fei, Jun-Hong Cui, Mario Gerla, and Dirceu Cavendish, "A Dual-Tree Scheme for Fault-Tolerant Multicast", In Proceedings of IEEE ICC 2001, Helsinki, Finland, June 2001.
- [13] E. Bommaiah, L. Mingyan, A. Mcauley, and R. Talpade, "Amroute: Adhoc multicast routing protocol," Internet Draft, Aug. 1998.
- [14] J. Jannotti, D. Gifford, K. L. Johnson, and M. F. Kaashoek, "Overcast: Reliable multicasting with an overlay network," in Proc. 4th Symp. Operating System Design Implementation (OSDI), Oct. 2000.



김 현 기 (Hyun-Ki Kim)

- 1986년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1988년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2000년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1988년~1995년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2004년~2005년 University of Washington 방문교수
- 2002년~현재 국립 안동대학교 전자정보산업학부 멀티미디어공학전공 교수
- 관심분야 : 멀티미디어시스템 및 응용, 이러닝 등

논문접수일 : 2009년 8월 25일

논문수정일 : 2009년 9월 17일

게재확정일 : 2009년 10월 20일