

이종환경에서 실시간 스트리밍 서비스를 위한 다대다 오버레이 멀티캐스트 기법

피영수[○], 윤미연, 김대원, 신용태
승실대학교 일반대학원 컴퓨터학과
(coolps[○], myyoon, kdwon2002, shin)@cherry.ssu.ac.kr

Many-to-many Overlay Multicast Communication for Real-time Streaming over Heterogeneous Networks

Youngsoo Pi[○], Miyouon Yoon, Daewon Kim, Yongtae Shin
Dept. of Computing, Soongsil University

요 약

멀티캐스트 기술은 인터넷 서비스에 필수불가결한 요소임에도 불구하고, 네트워크상의 구현에 어려움으로 인해 그 기술이 활용되지 못하고 있다. 멀티캐스트 기술의 장점을 활용하기 위하여 어플리케이션 레벨에서 멀티캐스트 기능을 구현한 응용 멀티캐스트 프로토콜들이 제안되고 있다[1,2]. 본 논문에서는 이기종 환경에서 다수의 송신자가 상이한 전송률을 갖는 수신자들에게 다양한 대역폭을 제공하고 보다 효과적인 실시간 스트리밍 전송 서비스를 지원하기 위한 멀티캐스트 기법을 제안한다. 본 연구에서 제안하는 멀티캐스트 기법의 통신구조는 소스기반의 전송트리가 내포되어 있는 n 차 정다면체 구조를 갖으며, 서로 비슷한 전송률을 갖는 수신자들끼리 서브 그룹을 구성하므로 실시간 데이터 전송시 주어진 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있다.

1. 서 론

멀티캐스팅은 다자간 화상회의, 인터넷 방송 등과 같이 다수의 수신자에게 동일한 데이터를 효율적으로 전송하는 것으로 데이터 전송 측면에서 매우 효과적이다. 그러나 IP기반의 멀티캐스트는 하위 계층의 변경을 요구하고 라우터가 그룹 상태를 유지함으로써 복잡성이나 오버헤드가 증가되고 신뢰성이나 흐름제어와 같은 추가적인 메커니즘이 지원되기 힘들어 보급의 한계에 직면하였다 [1]. 이러한 이유로 오버레이 멀티캐스트라 불리는 응용 레벨 멀티캐스트가 대체 기술로 제안되고 있다[1, 2]. 이 기법은 멀티캐스트 기능들을 라우터 대신 종단 호스트에 구현하며 데이터 전송시 데이터를 수신한 종단 호스트에서 데이터를 복제하여 전달한다. 이는 라우터에 의존하는 멀티캐스트와 달리 하부 네트워크 관련 시스템들을 요구하지 않는다.

일반적으로 오버레이 멀티캐스트 환경에서는 송신자가 다수의 수신자에게 실시간 데이터 전송시 단일 전송률로 전송하므로 상이한 수신환경을 갖는 수신자들간의 전송률 편차가 심하여 효과적인 전송이 어렵다.

따라서 본 논문에서는 이기종 환경에서 다자간에 실시간 데이터를 효과적으로 전송하기 위한 멀티캐스트 통신 기법을 제안한다. 제안한 기법은 멀티캐스트 그룹이 소스기반의 전송트리를 구성하고 수신자들은 다수의 서브 그룹을 갖는 n 차 정다면체 구조하에서 다수의 송신자가 실시간 데이터를 전송할 경우 계층적 압축기법[3]을 사용하여 상이한 전송률을 갖는 각각의 수신자들에게 적당한 전송률로 데이터를 전송한다. 이는 서로 비슷한 대역폭을 지원하는 수신자들끼리 서브그룹을 구성하므로써 대용량의 실시간 데이터를 전송할 경우 제한된 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있다. 또한 단일 전송률과 대조적

으로 멀티캐스트 그룹의 크기가 증가하더라도 그룹의 확장성을 지원한다.

본 논문은 2장에서 본 연구의 기본이 되는 기법들에 대해 알아보고 3장에서는 다수의 송신자가 상이한 수신환경을 갖는 수신자들에게 실시간 데이터를 효과적으로 전송하기 위한 멀티캐스트 기법을 제안한다. 4장에서는 실시간 데이터 전송시 다중 전송률과 단일 전송률에 대한 자원 사용량을 비교하기 위한 성능 분석을 하고, 마지막으로 본 연구의 결론과 향후 연구에 대해 언급하도록 한다.

2. 관련 연구

[4]는 멀티캐스트 그룹에 참여한 멤버들간의 제어 정보를 전달하기 위한 n 차 정다면체의 제어구조를 제안하였다. n 차 정다면체는 스페닝 트리를 내포하고 있으며 이 트리를 통해 제어정보를 전달한다. n 차 정다면체는 $N=2^n$ 노드를 가지며 각 노드는 비트 스트링 $k_n k_{n-1} \dots k_2 k_1$ ($k_i \in \{0, 1\}$)로 식별되며 각 노드들은 하나의 비트 스트링의 위치가 다른 노드들과 연결된다. 또한 정다면체 구조에서 노드들을 추가하고 정렬하기 위해서 Gray 코드[5]를 사용한다. Gray 코드는 제어 정보를 전송하기 위해 각 노드의 다음 홉을 지역적으로 계산할 수 있다. 따라서 노드를 추가할 경우 000->001->011->010->100과 같은 순서로 정렬하므로 스페닝 트리를 간단하고 쉽게 구성할 수 있다. 결과적으로 n 차 정다면체를 갖는 제어 토폴로지는 크기가 큰 멀티캐스트 그룹을 지원하기에 안정적이고 그룹의 크기가 커지더라도 확장성에 제한이 없는 장점을 제공한다.

계층적 압축기법[3]은 전송될 데이터를 계층적으로 압축하여 다수의 채널로 전송함으로써 수신 노드들에게 다

양한 대역폭을 제공한다. 데이터는 하나의 기본 레이어와 여러 개의 보조 레이어로 분할하여 사용자의 환경에 따라 계층별로 전송한다. 이처럼 상이한 수신환경을 가진 수신자에게 다양한 전송률을 제공함으로써 제한된 대역폭을 보다 효과적으로 사용하여 실시간 데이터와 같은 대용량의 데이터를 효율적으로 전송할 수 있다.

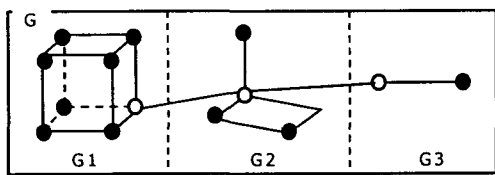
따라서, 본 연구에서는 다자간 통신을 지원하기 위해 n차 정다면체의 통신 구조를 갖는 멀티캐스트 기법을 제안한다. 이 기법은 다수의 송신자가 동시에 상이한 대역폭을 갖는 수신자들에게 다수의 계층으로 분할 압축된 실시간 데이터를 전송하여 제한된 대역폭을 효율적으로 사용하고, 멀티캐스트 그룹에 참가자들이 증가하여도 다자간의 통신이 원활하도록 지원한다.

3. 다자간의 멀티캐스트 통신기법

다대다 통신환경에서 다수의 송신자가 동시에 다양한 수신환경을 갖는 수신자들에게 실시간 데이터를 효과적으로 전송하기 위해 멀티캐스트 그룹(i.e., $G=G1UG2UG3$)은 소스기반의 전송트리를 내포하고 있는 n차 정다면체 구조로 구성되며 각 수신자들은 자신의 수신환경에 알맞은 서브 그룹에 참여한다. 그룹에 참여한 참가자들은 주기적으로 네트워크 상황을 체크하여 세션으로의 참여 및 탈퇴를 결정한다. 그룹에 참여하고 있는 참가자가 실시간 데이터 전송시 계층적 압축 기법[3]을 사용하여 여러 개의 계층으로 실시간 데이터를 분할 압축하여 전송함으로써 상이한 수신환경을 갖는 참여자들에게 다양한 대역폭을 제공한다. 참여자들은 다수의 송신자로부터 실시간 데이터를 수신하기 때문에 재생을 위한 버퍼제어가 요구된다. 본 연구에서는 그룹관리에 대한 측면은 다루지 않도록 한다.

3.1 수신 대역폭을 고려한 다자간의 멀티캐스트 통신구조

이러한 환경에서 확장성있는 다자간의 멀티캐스트를 지원하기 위한 통신구조는 소스기반의 전송트리가 내포되어 있는 다중의 n차 정다면체 구조이다. 단순히 하나의 n차 정다면체 구조를 갖는 경우 다대다 통신 및 그룹의 확장성은 지원할 수 있으나, 실시간 데이터 전송시 다양한 수신환경을 갖는 수신자들에게 데이터가 제대로 전달이 되지 않고 대역폭을 효과적으로 사용할 수가 없다. 따라서, 수신자들은 자신의 수신환경에 알맞은 멀티캐스트 서브 그룹에 가입하여 다양한 전송률을 제공하는 것이 대역폭 활용에 보다 효과적이다. [그림 1]은 제안된 다자간 멀티캐스트 통신 구조를 도식화한 것이다.



[그림 1] 수신대역폭을 고려한 다자간의 멀티캐스트 통신구조

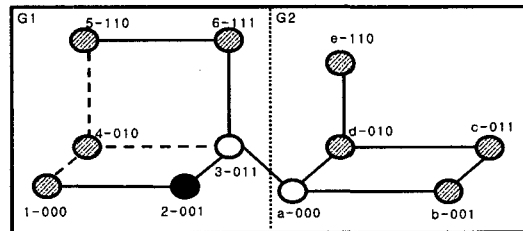
그룹 (*, G)는 서로 다른 수신 대역폭을 제공하는 그룹 G1, G2, G3를 가지며, 각각의 그룹은 수신자들의 수

신자들의 수신률이 상이한 Ethernet, VDSL, ADSL과 같은 이종환경에서 다자간 멀티캐스트를 수행한다고 가정하자.

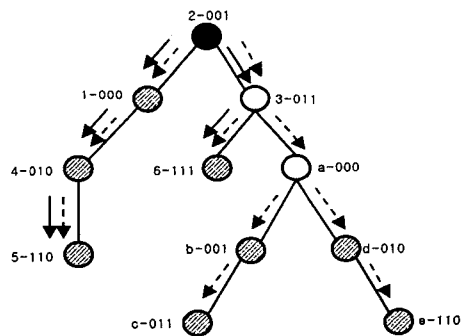
Ethernet의 경우 VDSL보다 높은 전송률을 제공하고 ADSL은 가장 낮은 전송률을 제공한다. 따라서 서브그룹 G1은 Ethernet 환경에서 통신하는 참여자들로 구성되고 G2는 VDSL, G3는 ADSL순으로 정렬된다. 서브그룹간의 통신은 각 서브 그룹에 참여한 참여자들 중 전송 지연시간이 가장 짧은 참여자들끼리 연결되어 실시간 스트림을 전달하도록 한다. 본 제어구조는 실시간 스트림 전송시에 형성되는 트리구조를 내포하고 있어 해당 그룹에게 실시간 데이터 전송이 필요할 때, 신속한 트리를 구성해 내며, 트리를 구성하는 알고리즘은 [5]에서 제안한 Gray 코드 알고리즘을 응용하여 적용한다.

3.2 전송 트리의 구성

트리는 다자간의 통신을 지원하기 위하여 전송을 원하는 참여자가 자신을 루트로 하는 소스기반의 트리를 사용한다. 송신자는 다수의 수신환경을 갖는 수신자들에게 실시간 데이터를 여러 개의 계층으로 분할 압축하여 다중전송률로 실시간 데이터를 전송한다. 다음의 [그림 2]는 n차 정다면체로 구성된 멀티캐스트 그룹을 나타내며, [그림 3]은 두개의 서브 그룹에 속한 참여자들이 전송트리를 구성하여 실시간 데이터를 전송하는 절차를 도식화한 것이다.



[그림 2] 멀티캐스트 그룹



[그림 3] 전송 트리

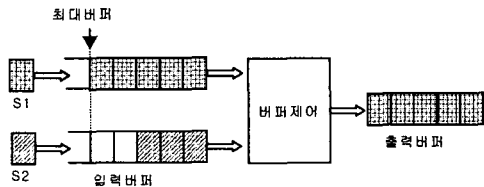
멀티캐스트 그룹은 n차 정다면체로 구성된 두개의 서브그룹으로 구성된다. G1은 10Mbps의 전송률을, G2는 128Kbps의 전송률을 지원한다. 서브그룹 G1은 높은 전송률을 지원하는 참여자들로 구성되어 있기 때문에 소스

(2-001)는 계층적으로 압축된 모든 실시간 데이터를 10Mbps로 전송하더라도 참여자들은 대역폭의 정체가 손실없이 모든 실시간 데이터를 수신할 수 있다. 반면에 서브그룹 G2는 G1보다 낮은 전송률을 지원하기 때문에 참여자들은 하나의 채널만 가입하여 실시간 데이터를 수신할 수 있다. 만약 동시에 또 다른 소스(i.e 1-000)가 실시간 데이터를 전송할 경우 소스(1-000)를 중심으로 전송트리를 이전의 절차와 같은 방식으로 구성하여 동시에 다중의 참여자들에게 실시간 데이터를 계층적으로 전송할 수 있다. 결과적으로 상이한 수신환경을 가진 참여자들끼리의 다대다 통신은 n차 정다면체를 사용하므로 전송트리를 신속하게 구성할 수 있으며 특별한 Drop 정책을 사용하지 않아도 자신의 수신환경에 알맞는 실시간 데이터를 수신하므로 제한된 대역폭을 효과적으로 사용하여 실시간 스트리밍 서비스를 지원할 수 있다.

3.3 버퍼관리

일대다 통신과 달리 다대다 통신 환경에서 참여자는 하나의 소스가 아닌 다중의 소스로부터 실시간 데이터를 수신하기 때문에 재생을 위한 버퍼관리가 필요하다. 본 연구에서는 참여자들의 동기화와 재생을 위한 특별한 스케줄링 기법은 고려하지 않으며 스트림 전송시 네트워크의 전송 지연은 동일한 것으로 가정한다. 다음 [그림 4]는 두 개의 소스 S1, S2에서 실시간 데이터를 한명의 참여자에게 전송하는 경우를 보여준다. 본 구조에서는 다수의 입력버퍼를 동적으로 생성, 삭제가 가능하다. 두 개의 소스 S1, S2 중에서 최초 실시간 데이터를 전송한 소스는 S1이다. 따라서 참여자의 입력 버퍼에는 S1에서 전송한 실시간 데이터가 먼저 도착한다. 참여자는 S1에서 전송받은 실시간 데이터가 최대버퍼에 도달하면 버퍼 제어에 의해 출력버퍼로 전송하여 재생을 시작한다.

S1에 대한 입력버퍼가 출력버퍼로 이동하는 동안 S2의 버퍼가 최대버퍼에 도달하여 S2에 대한 입력버퍼의 내용은 출력버퍼로 전송되어 재생된다.



[그림 4] 버퍼제어

이처럼 다수의 송신자가 동시에 스트림을 전송하더라도 입력버퍼에 도착한 순서대로 재생을 함으로써 스트림의 충돌 없이 스트림을 재생할 수 있다.

4. 성능분석

제안한 기법의 우수성을 입증하기 위해서 대역폭 사용률을 단일 전송률과 다중 전송률을 비교, 분석하였다. T_s 는 단일 전송률을, Tm_i 는 i 노드의 최대 전송률을 의미하고, B_i 는 각 참여자들의 대역폭을 나타낸다. i 노드의 RU_{si} 는 단일 전송시 자원사용률이며, i 노드의

RU_{mi} 은 다중 전송시의 자원사용률, D_{max} 는 소스의 최대 전송률을 의미한다.

$$T_s = \min\{B_i\}, 0 \leq i < n \text{-----} \textcircled{1}$$

$$Tm_i = \min\{B_i, D_{max}\}s.t.$$

$$T_s \leq B_i \leq \max\{B_i\}, 0 \leq i \leq n \text{-----} \textcircled{2}$$

수식 ①과 ②는 각 참여자에 대한 단일/다중 전송률을 보여준다. 단일 전송률의 경우 대역폭을 최소한의 값으로 사용하고 ②의 경우 서로 다른 수신환경을 고려함으로써 자신의 대역폭에 가장 알맞은 데이터 품질을 전송해주도록 한다

$$RU_{si} = \frac{T_s}{B_i}, 0 < i \leq n \text{-----} \textcircled{3}$$

$$RU_{mi} = \frac{\min\{Tm_i, D_{max}\}}{B_i}, 0 < i \leq n \text{----} \textcircled{4}$$

수식 ③과 ④에서 볼수 있듯이 단일전송률을 지원하는 경우에는 T_s 보다 더 큰 대역폭을 사용하는 참여자의 경우에는 만족할 만한 품질을 제공하지 못할 뿐만 아니라, 자원 사용률이 매우 낮음을 알 수 있다. 그러나 다중 전송률을 지원하는 경우에는 자신의 요구 대역폭에 맞는 데이터의 품질을 보장할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 이기종 환경에서 n차 정다면체의 통신구조를 갖는 멀티캐스트 그룹에서 다수의 송신자들은 상이한 대역폭을 갖는 수신자들에게 다중전송률을 지원함으로써 다자간의 실시간 스트리밍 서비스가 가능하도록 제안하였다.

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 이기종 통신환경에서 다자간의 실시간 통신을 위한 확장성있는 오버레이 멀티캐스트 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 서로 비슷한 대역폭을 지원하는 수신자들끼리 서브그룹을 구성함으로써 수신자들의 피드백에 기반하여 송신자측에서 전송률을 조절할 필요가 없으며 단일 전송률과 대조적으로 멀티캐스트 그룹의 크기가 증가하더라도 그룹의 확장성에 제한이 없다. 향후 다수의 송신자로부터 전달되는 스트림을 보다 효율적으로 버퍼를 제어하는 기법에 대한 꾸준한 연구가 요구된다.

6. 참고 문헌

- [1] Sherlia Shi and Jonathan S. Turner, Issues in Overlay Multicast Networks: Dynamic Routing and Communication Cost, under submission, May 2002.
- [2] Yang-Hua Chu, Sanjay Rao, and Hui Zhang. A case for end system multicast. In Proceedings of ACM Sigmetrics, Santa Clara, CA, 2000.
- [3] McCanne, S., V. Jacobson, and M. Vetterli. Receiver-driven Layered Multicast, In Proc. of SIGCOMM'96. Stanford, CA, pp. 117-130. 1996.
- [4] J.Liebeherr and B.S.Sethi. A Scalable Control Topology for Multicast Communications, in: proc. IEEE infocom 98, March 1998.
- [5] M.J.Quinn. Parallel Computing:Theory and Practice. McGraw-Hill, New York, 2nd edition, 1994.