

# 이질적 수신자의 대역폭 효율을 고려한 개선된 SARLM 기법

노주이, 구명모, 김상복  
경상대학교 컴퓨터과학과  
e-mail:juyi98@hotmail.com

## An Advanced-SARLM Method for Bandwidth Efficiency of Heterogeneous Receivers

Ju-yi Noh, Myung-Mo Ku, Sang-Bok Kim  
Dept. of Computer Science, Gyeongsang National University

### 요 약

화상회의 시스템에서 대역폭의 이용률을 높이기 위한 연구로서 SARLM(Source Adaptive Receiver-Driven Multi-Layered Multicast)이 있다. 이 기법은 레이어의 병합(merging)과 분할(splitting)을 통해 새로운 레이어(layer)의 수와 각 레이어의 전송률을 결정하는데, 레이어의 병합 시 전체 수신자의 가용 대역폭(available bandwidth)의 이용률이 낮아지는 현상이 발생한다.

본 논문에서는 레이어의 병합 시 수신자의 가용 대역폭의 이용률을 개선한 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 특정 레이어를 수신하는 수신자가 아주 적은 경우 하위 레이어의 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자와 병합하고, 하위 레이어를 재그룹핑(regrouping) 한다. 실험 결과, 레이어의 병합 시 전체 수신자의 대역폭 이용률을 향상시킬 수 있었다.

### 1. 서론

화상회의 시스템은 단일의 송신자와 다수의 수신자로 구성되는데, 지나치게 높은 전송률은 대역폭이 낮은 수신자의 혼잡을 발생시키고, 반면에 너무 낮은 전송률은 대역폭이 높은 대부분의 수신자의 대역폭을 낭비시킨다. 이러한 수신자의 대역폭 이질성으로 인한 문제를 해결하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있다[1-7].

SARLM(Source Adaptive Receiver-Driven Multi-Layered Multicast Algorithm)에서 수신자는 비디오 패킷을 수신한 후 혼잡 피드백을 생성하여 송신자 측으로 전송하고, 중간 라우터는 피드백 병합 알고리즘을 수행하여 피드백 폭주(feedback implosion)를 회피한다[8]. 송신자는 병합된 피드백 패킷을 분석하여, 새로 생성할 레이어의 수와 각 레이어의 전송률을 조절한다. 이 기법은 레이어의 수를 결정할 때, 레이어의 병합(merging)과 분할(splitting)을 통해 전체 수신자의 대역폭 이용률을 높이고자 하였는

데, 하위 레이어와 병합되는 상위 레이어의 수신자는 많은 레이어를 수신할 수 있음에도 불구하고 가용 대역폭보다 낮은 품질의 비디오를 수신해야 하므로 대역폭의 이용률이 낮아지는 현상이 발생한다.

본 논문은 송신자가 새로 생성할 레이어의 수를 결정함에 있어서, 병합 시 수신자의 대역폭 이용률을 향상시키기 위한 개선된 SARLM 기법을 제안한다. 수신자는 수신하는 비디오 패킷의 손실률 정도에 따라 레이어의 전송률 변화를 요청하고, 송신자는 수신한 피드백 패킷을 분석하여 레이어를 병합과 분할 그리고 그대로 전송할 것인지를 판단한 후 전송률을 계산한다. 만약 어떤 레이어의 수신자 수가 임계치보다 작다면 하위 레이어를 수신하는 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자와 병합하고, 하위 레이어의 나머지 수신자는 재그룹핑하여 대역폭의 전체 이용률을 향상시키고자 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존의 SARLM 기법을 살펴보고, 3장에서는 제안하는 기법에서 송신자

가 새로운 레이어 수를 결정할 때의 병합 방법을 고찰한다. 4장에서는 실험을 통해서 제안하는 기법의 성능을 평가하며, 5장은 결론이다.

## 2. SARLM(Source Adaptive Receiver Driven Layered Multicast)

SARLM 기법은 세 가지 구성요소를 포함한다[8]. 첫째, Multilevel Explicit Congestion Notification(M-ECN)은 네트워크의 중간 라우터들이 네트워크 내의 혼잡 상태를 나타내기 위한 메커니즘으로 ECN-Explicit Congestion Notification)을 확장한 것이다. 둘째, 수신자 기반 알고리즘은 수신자가 비디오 패킷으로부터 혼잡(congestion) 정보를 수집하여 피드백을 생성한다. 중간 라우터는 피드백 폭주 문제를 회피하기 위해서 피드백 병합(feedback merging) 알고리즘을 실행한다. 이때, 라우터는 전송하는 각 레이어에 대해 똑같은 종류의 서비스를 요구하는 수신자의 수를 가산하고, 테이블에 저장한다. 표 1은 라우터가 보유하는 피드백 정보를 나타낸다.

$n$	$R_n$	$D_n^1$	$D_n^2$	$I_n^1$	$I_n^2$
-----	-------	---------	---------	---------	---------

표 1. 피드백 패킷의 정보

- ' $n$ ' 레이어의 번호
- ' $R_n$ ' 현재의 전송률에 만족하며 변화를 요구하지 않는 수신자들의 수
- ' $D_n^1$ ' ' $n$ ' 레이어의 전송률의 적은 감소를 요구하는 수신자들의 수
- ' $D_n^2$ ' ' $n$ ' 레이어의 전송률의 많은 감소를 요구하는 수신자들의 수
- ' $I_n^1$ ' ' $n$ ' 레이어의 전송률의 적은 증가를 요구하는 수신자들의 수
- ' $I_n^2$ ' ' $n$ ' 레이어의 전송률의 많은 증가를 요구하는 수신자들의 수

셋째, 전송률 피드백 메커니즘은 수신한 혼잡 피드백을 이용하여 송신자가 생성하는 비디오 레이어의 수와 각 레이어의 전송률을 조절하도록 한다.

비디오를 전송하는 동안 대역폭의 제약으로 인해 최상위 레이어를 수신하는 수신자가 없을 경우가 발생하는데, 이런 경우 그 레이어의 전송을 중단하는 것이 적절하다. 또 어떤 레이어가 최상위 레이어가 아니면서 그 레이어를 수신하는 수신자가 임계값 아래로 떨어진다면 인접 레이어와 병합한다. 특정 레이어의 전송률의 증가와 감소를 요구하는 수신자의

수가 거의 똑같은 경우, 변화량 계수인 식 (1)의 출력은 거의 0에 가깝게 되므로 전송률의 변화는 발생하지 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 하나의 레이어를 두 개로 분할하여 전송한다.

송신자는 식 (1)을 이용하여 수신자 대부분의 요구를 만족시키기 위한 최적의 대역폭을 계산한다. 특정 레이어 ' $n$ '의 전송률에서 변화량 계수( $\Delta n$ )는 다음과 같다.

$$\Delta n = \frac{R_n + \sum_{k=1}^2 [D_n^k(1-j_k) + I_n^k(1+j_k)]}{[R_n + \sum_{k=1}^2 (D_n^k + I_n^k)]}$$

식 (2)는 각 레이어 ' $n$ '의 새로운 전송률( $B'_n$ )을 계산하는데 사용한다. 식 (2)에서 ( $B_n$ )는 현재의 전송률을 나타낸다.

$$B'_n = \Delta n B_n - \left( \sum_{m=1}^{n-1} B'_m \right) \left( \sum_{m=1}^{n-1} B_m \right)$$

## 3. 이질적 수신자의 대역폭 효율을 고려한 개선된 SARLM 기법

제안하는 기법에서 송신자는 수신자의 가용 대역폭의 상태 변화에 따른 혼잡 피드백을 이용하여 레이어를 병합하고 분할함으로써 가용 대역폭의 이용률을 높인다. 따라서 송신자는 수신자가 요청하는 서비스에 적절하게 대응해야 하는데, 피드백을 분석하여 최적의 레이어 수와 각 레이어의 전송률의 결정해야 한다. 수신자는 도착하는 비디오 패킷의 손실률을 계산하여 가용 대역폭에 적절한 멀티캐스트 그룹을 결정하고, 수신 레이어의 번호와 손실률 정도에 따라 레이어의 전송률 변화에 대한 서비스 요청을 피드백 패킷에 기입하여 송신자 측으로 전송한다. 송신자는 네트워크를 통해 수신한 피드백 패킷을 병합하여 레이어 번호순으로 정렬하고 분석한다. 각 레이어는 수신자의 서비스 요청에 따라 레이어를 병합하거나 분할 또는 그대로 유지하는 처리과정을 거쳐 새로운 전송률로 코딩된다.

### 3.1 레이어 병합(merging)

전송하는 레이어의 수는 최소 2에서 최대 허용 레이어수까지의 범위 내에서 가변적으로 변한다. 최소한의 품질을 보장할 수 있도록 기본 레이어를 포함해서 적어도 2개 이상의 레이어를 전송하도록 한다. 만약 레이어를 수신하는 수신자의 수가 아주 작을

때, 그 레이어는 하위 레이어를 수신하는 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자와 병합하고, 하위 레이어의 나머지 수신자는 재그룹핑 한다. 이는 기존의 SARLM 기법에서 병합의 발생으로 인해 불가피하게 더 낮은 레이어를 수신해야만 하는 수신자의 수신률을 보장하면서, 하위 레이어를 수신하는 수신자의 손실률을 줄일 수 있다.

### 3.2 알고리즘

제안하는 기법의 알고리즘 다음과 같다.

```
//layer           레이어
//recv_Nn         특정 레이어에 대한 피드백을 전송하는
                  모든 수신자의 수
//recv_Xi         특정 레이어의 전송률 증가를 요청하는 수
                  신자의 수
//recv_Xd         특정 레이어의 전송률 감소를 요청하는 수
                  신자의 수
//recv_I2         특정 레이어의 전송률의 많은 증가를 요청
                  하는 수신자의 수
//layer_threshold 레이어 수의 최대 임계치
//recv_threshold  특정 레이어를 수신하는 수신자의 최소 임
                  계치

for(highest layer; base layer; n--) {
    if((layer[n] ≠ 1) and (recv_Nn < recv_threshold))
        merging();
    if(highest layer < layer_threshold) {
        if((recv_Xi > recv_threshold)
           and (recv_Xd > recv_threshold)) {
            splitting();
        }
    }
    change_factor();
    new_rate();
}

merging(){
    layer[n].recv_Nn //merging
    = (layer[n].recv_Nn +layer[n-1].I2 )
    layer[n-1].recv_Nn //regrouping
    = (layer[n-1].recv_Nn - (layer[n-1].recv_I2)
}

splitting(){
    split layer[n]
}

```

제안하는 기법의 알고리즘에서 송신자는 피드백을 받은 모든 레이어, 즉 최상위 레이어에서부터 기본 레

이어까지에 대한 수신자의 서비스 요청을 분석한다. layer[n]이 1(기본 레이어)이 아니면서 전체 수신자의 수가 임계치(recv\_threshold)보다 작을 때, layer[n]의 모든 수신자와 layer[n-1]의 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자(layer[n-1].recv\_I2)를 병합하여 하나의 그룹을 형성하고, layer[n-1]의 나머지 수신자는 재그룹핑 한다. 만약 현재 전송하고 있는 최상위 레이어가 허용된 최대 레이어수(layer\_threshold)보다 작은 경우에 한해서 layer[n]에 대한 전송률 증가를 요청하는 수신자(layer[n].recv\_Xi)와 감소를 요청하는 수신자(layer[n].recv\_Xd)가 수신자 수의 임계치(recv\_threshold)를 초과하면 그 레이어를 분할한다. 전송할 레이어의 수가 결정된 후, layer[n]의 변화량 계수를 산출한 후 새로운 전송률을 계산한다.

### 4. 실험 결과

본 논문의 실험 환경은 단일의 송신자와 7대의 수신자로 구성하였으며, 실험 조건으로 어플리케이션 차원에서 각각의 수신자에 대한 대역폭을 300KB~900KB까지로 제한하였다. 실험을 위한 레이어의 초기 설정은 표 2와 같다. 초기에 설정한 레이어의 수는 3이며 최대 허용 레이어 수의 범위 내에서 동적으로 변화한다. 전송할 수 있는 최대 허용 레이어 수는 적은 수신자의 규모를 고려하여 4로 제한하였다.

레이어 번호	레이어의 전송률(KB)
1	200
2	400
3	700

표 2. 각 레이어의 초기 전송률

손실률 정도에 따른 수신자의 전송률 변화 요청은 0~2%는 많이 증가, 3~5%는 조금 증가, 6~7%는 그대로 유지, 7~8%는 조금 증가, 9~10%는 많이 증가로 구분하였다. 손실률이 10%를 초과하면 수신하던 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하여 하위 레이어의 멀티캐스트 그룹으로 동적으로 가입하도록 설정하였다.

그림 2는 기존의 SARLM 기법과 제안하는 기법의 대역폭 이용률을 비교한 것이다. 그림 2에서 20초경과 후, 기존의 SARLM 기법은 레이어의 병합이 발생하여 최상위 레이어를 수신하던 수신자가 하위 레이어를 수신하게 되어 전송 레이어의 수가 감소하였으며, 제안하는 기법에서는 병합과 재그룹핑이 발

생하여 레이어의 수는 변화가 발생하지 않았다. 기존의 기법에서 병합으로 인해 상위 레이어는 더 좋은 품질의 비디오를 수신할 수 있음에도 불구하고, 더 낮은 비디오의 레이어를 수신하게 되므로 가용 대역폭의 낭비가 발생하고, 레이어의 전송률 증가로 인해 하위 레이어를 수신하던 수신자 중 손실률이 높은 수신자의 손실률 증가를 유발시켜 하위 레이어로 떨어지는 결과를 초래한다. 제안하는 기법에서는 레이어의 병합 시, 상위 레이어를 수신하던 수신자와 하위 레이어의 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자(손실률 0~2%)의 병합이 이루어지고, 하위 레이어의 수신자 중 손실률이 3~10%인 수신자는 재그룹핑 된다. 따라서 상위 레이어의 수신자와 하위 레이어의 비디오 수신 상태가 양호한 수신자가 병합되므로 기존의 SARLM 기법에서 병합으로 인한 대역폭 낭비 문제를 개선하는 효과를 가져 왔으며, 하위 레이어의 재그룹핑은 수신자의 손실률을 감소시켜 보다 안정적인 비디오 수신을 보장할 수 있었다.

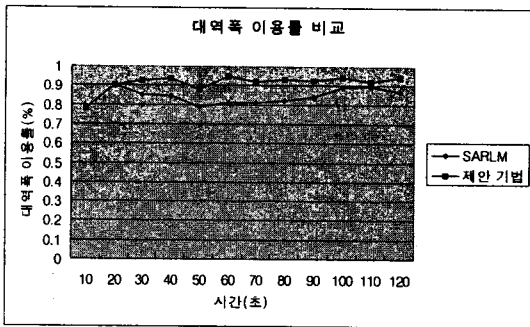


그림 2. 대역폭 이용률 비교

#### 4. 결론

본 논문은 SARLM을 기반으로 하여 화상회의 시스템에서 이질적인 수신자의 가용 대역폭 이용률을 개선한 기법을 제안한다. 송신자는 네트워크를 통해 수신한 피드백 패킷을 분석하여, 각 레이어에 대한 수신자의 서비스 요청에 따라 레이어를 병합하거나 분할 또는 그대로 유지하는 처리과정을 거쳐 새로운 전송률을 적용한다. 이때, 레이어의 수신자 수가 아주 작다면 하위 레이어를 수신하는 수신자 중 전송률의 많은 증가를 요청하는 수신자와 병합하고, 하위 레이어의 나머지 수신자는 재그룹핑 한다. 또 어떤 레이어의 전송률이 많은 수신자의 서비스 요청을 만족시켜주지 못하는 경우 각 수신자의 가용

대역폭의 정도에 적합하게 레이어를 분할하여 전송한다. 실험결과, 기존의 SARLM 기법에 비해서 전체 수신자의 수신률과 전체 대역폭의 이용률 측면에서 우수한 성능을 나타냈다.

#### 참고문헌

- [1] Q. Zhang, Q. Guo, Q. Ni, and W. Zhu, "Sender-adaptive and Receiver-driven Layered Multicasting for Scalable Video over the Internet", submitted to *IEEE Trans. on Multimedia special issue on streaming media*, 2002.
- [2] Q. Ni, Q. Zhang, and W. Zhu, "SARLM: Sender-adaptive & Receiver-driven Layered Multicasting for Scalable Video", *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'01)*, Aug. 2001.
- [3] SS. Y. Cheung, M. H. Ammar, and X. ali, "On the Use of Destination Set Grouping to Improve Fairness in Multicast Video Distribution", *Proc. of IEEE INFOCOM*, 1996.
- [4] Brett J. Vickers, Celio Albuquerque, Tatsuya Suda, "Adaptive Multicast of Multi-Layered Video: Rate-Based and Credit-Based Approaches", *Proc. of IEEE INFOCOM*, 1998.
- [5] Célio Albuquerque, Brett Vickers and Tatsuya Suda, "An End-to-End Source-Adaptive Multi-Layered Multicast (SAMM) Algorithm", In *Proc. 9th International Packet Video Workshop*, New York, April 1999.
- [6] 구명모, 정상운, 김상복, "화상회의 시스템을 위한 대역폭 관리 알고리즘 설계 및 구현", 한국멀티미디어학회 논문지, 제 3권 제 4호, 2000. 8.
- [7] S. McCanne, V. Jacobson, M. Vetterli, "Receiver-driven layered multicast", *ACM SIGCOMM*, August 1996.
- [8] Shantanu Bhardwaj, Raj Jain, "Source Adaptive Receiver Driven Layered Multicast Video", M.S. thesis, The Ohio State University, 2002.