

# 무선손실 판별을 활용한 다중 전송률 기반의 계층적 멀티캐스트 혼잡제어

박수현<sup>o</sup>, 김성혜\*, 강신각\*, 홍진표

한국외국어대학교 정보통신공학과, 한국전자통신연구원\*

[parksh@hufs.ac.kr](mailto:parksh@hufs.ac.kr), [shkim@etri.re.kr](mailto:shkim@etri.re.kr), [sgkang@etri.re.kr](mailto:sgkang@etri.re.kr), [jphong@hufs.ac.kr](mailto:jphong@hufs.ac.kr)

## A Multirate-based Layered Multicast Congestion Control with Wireless Loss Differentiation

Soohyun Park<sup>o</sup>, SungHei Kim\*, Shingak Kang\*, Jinpyo Hong

Dept. of Information and Communications Engineering, Hankuk University of Foreign Studies, Electronics and Telecommunications Research Institute\*

### 1. 서론

최근 실시간 멀티캐스트 스트리밍 서비스를 함에 있어 유선 환경만을 고려한 기존의 혼잡제어 메커니즘들은 무선 링크 상의 손실을 모두 네트워크 혼잡에 의한 손실로 판단하고, 전송률을 낮추어 결과적으로 무선 환경에서의 실시간 스트리밍 서비스 제공을 어렵게 만든다. 이를 극복하기 위해, 무선 환경에서 효율적인 무선 손실 판별 알고리즘들이 제안되어 왔다. 본 논문에서는 기존에 제시된 다중 전송률 기반의 계층적 멀티캐스트 기법인 SMCC[1]에 무선 손실 판별 알고리즘 중 하나인 ZigZag[2] 알고리즘을 적용한 W-SMCC 방식을 제시한다. 시뮬레이션을 통해, 무선 손실이 발생했을 때, W-SMCC는 연속적인 패킷 손실 개수와 송신자로부터 수신자까지 패킷이 도달하는데 걸리는 시간을 의미하는 ROTT를 사용하여 무선 손실을 판별하고, 네트워크 혼잡에 의한 유선 손실이면 전송률을 낮추고, 유무선 환경 요소에 의한 무선 손실로 판별되면 전송률을 낮추지 않음으로써, 기존의 SMCC보다 유무선 네트워크 환경에서 수신단에서의 평균 전송률이 향상되었음을 보였다.

### 2. 본론

W-SMCC는 멀티캐스트 도메인에서 무선 환경을 고려하는데 무선 손실 발생시 무선 손실 판별 알고리즘에 의해 이를 감지하여, 전송률을 낮추지 않고 네트워크 혼잡 발생시에만 전송률을 낮추어 제어하는 기법이다. W-SMCC의 간단한 동작은 다음 표 1과 같다.

표 1 W-SMCC의 기본 동작

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 무선 손실 발생시, 전송률을 낮추지 않음</li> <li>2. 네트워크 혼잡에 의한 손실(유선 손실) 발생시, 수신단에서 송신단으로 피드백 메시지를 보내어 송신단으로 하여금 전송률을 낮춤</li> </ol> |
|---|

SMCC는 누적 계층화 멀티캐스트 기법으로써, 각 계층에 따라 별도로 전송률 제어가 필요하다. 이 때, 적용되는 계층을  $l$  이라 하면, 무선 손실 판별을 위한 연속적인 손실의 개수를  $n(l)$ ,  $l$  계층의 ROTT 값을  $ROTT_i(l)$ ,  $l$  계층의 평균 값을  $ROTT_{mean}(l)$ , 표준 편차를  $ROTT_{dev}(l)$  이라 가정할 수 있으며, 이를 ZigZag 기법에 적용하면 다음 식(1), (2)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 &n(l) = 1 \text{ and } ROTT_i(l) < ROTT_{mean}(l) - ROTT_{dev}(l) \text{ or} \\
 &n(l) = 2 \text{ and } ROTT_i(l) < ROTT_{mean}(l) - 0.5 * ROTT_{dev}(l) \text{ or} \\
 &n(l) = 3 \text{ and } ROTT_i(l) < ROTT_{mean}(l) \text{ or} \\
 &n(l) > 3 \text{ and } ROTT_i(l) < ROTT_{mean}(l) + 0.5 * ROTT_{dev}(l)
 \end{aligned} \tag{1}$$

단,  $l = 1, 2, \dots, L$

[2]에서  $\alpha=1/32$ 로 실험했을 때, 가장 좋은 결과를 보였음을 밝힌 바, 논문에서는  $\alpha$ 값을  $1/32$ 로 가정한다.

$$\begin{aligned}
 ROTT_{mean}(l) &= (1-\alpha) * ROTT_{mean}(l) + \alpha * ROTT_i(l) \\
 ROTT_{dev}(l) &= (1-2\alpha) * ROTT_{dev}(l) + 2\alpha * |ROTT_i(l) - ROTT_{mean}(l)|
 \end{aligned} \tag{2}$$

W-SMCC 기법의 수신자에서의 동작 과정을 나타내면 표 2와 같다.  $loss\_seq [l]$ 는 이전에 패킷 손실이 발생한 패킷 순서를 기억하는 변수이고,  $expected\_seq$ 는 현재 손실이 발생한 패킷의 순서를 나타내며,  $n[l]$ 는 연속적인 패킷 손실 여부를 판단하기 위한 조건으로 사용된다. 따라서, 패킷 손실이 발생하게 되면, 이전에 패킷 손실이 발생한 패킷 순서를 확인하여 패킷 손실이 연속적인 손실인지 아닌지를 판단하고, 이에 근거하여 연속적인 손실에 관련된  $n[l]$  변수의 값을 변경하고 무선 손실 판별 알고리즘인 ZigZag 상태로 돌입한다.

W-SMCC를 평가하기 위해, 대표적인 bottleneck 링크 모델인 dumbbell 모델을 바탕으로 시뮬레이션 시나리오를 구성하였다. 시뮬레이션을 위한 토폴로지는 그림 1에서와 같이, 송신단에서는 유니캐스트 트래픽인 TCP 송신자 3과 멀티캐스트 송신자 1로 구성하였다. 수신단에서는 종단 라우터 3개에 각각 멀티캐스트 수신자 2과 TCP 수신자 1로 구성하였다. 또한 각 라우터 2,3,4에서 수신단에 이르는 마지막 홉은 모두 무선 링크로 가정하여 구성하였다.

표 2 수신자에서의 동작 과정

```

expected_seq++;
if (a packet is lost in layer l) then {
    if (expected_seq[l] == loss_seq[l] + 1)
        then {
            n[l]++;
        }
    else {
        n[l] = 1;
    }
    loss_seq[l] = expected_seq[l];
    use ZigZag;
} else
    n[l] = 0;
    
```

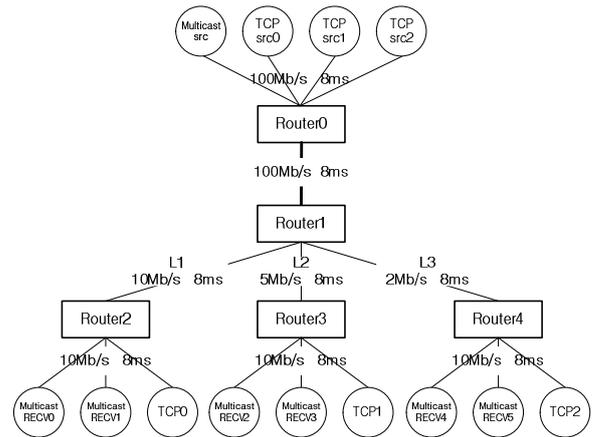


그림 1 성능 평가를 위한 토폴로지 구성도

SMCC와 W-SMCC를 비교했을 때, 수신자 1을 제외하고 모든 SMCC 수신자에게서 W-SMCC가 더 높은 성능을 보였다. 비율로 환산 했을 때 W-SMCC를 사용했을 시, 각각의 SMCC 수신자에 대한 이득은 다음 표 3과 같으며, 이를 그래프로 나타내면 그림 2와 같다.

표 3 수신자별 평균 전송률 비교표

		original SMCC (Mb/s)	W-SMCC (Mb/s)	W-SMCC의 이득(%)
링크 1 (10Mb/s)	SMCC0	3.127	4.022	28.6
	SMCC1	3.128	3.098	-0.9
링크 2 (5 Mb/s)	SMCC2	2.225	2.466	10.8
	SMCC3	2.337	2.514	7.5
링크 3 (2 Mb/s)	SMCC4	0.840	0.930	10.7
	SMCC5	0.856	0.951	11.0

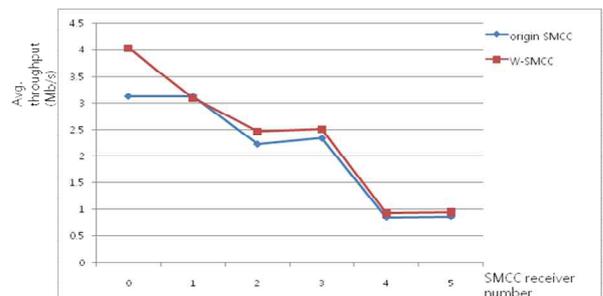


그림 2 수신자별 평균 전송률 비교 그래프

3. 결론

본 논문에서는 기존의 SMCC에 무선 손실 판별 기법을 적용한 W-SMCC에 대해 제안하고 이를 평가하였다. 시뮬레이션을 통해, 무선 손실이 발생했을 때, W-SMCC는 연속적인 패킷 손실 개수와 송신자로부터 수신자까지 패킷이 도달하는데 걸리는 시간을 의미하는 RTT를 사용하여 무선 손실을 판별하고, 네트워크 혼잡에 의한 유선 손실이면 전송률을 낮추고, 유무선 환경 요소에 의한 무선 손실로 판별되면 전송률을 낮추지 않음으로써, 기존의 SMCC보다 유무선 네트워크 환경에서 수신자 당 평균 11.3 %의 전송률 향상의 결과가 도출되었다. 추후 연구 과제로는 W-SMCC의 손실 판별에 대한 정확성에 대한 실험과 TCP와의 공존시 트래픽 공평성에 대한 추가적인 실험이 가능하다.

참고문헌

[1] G.-I. Kwon, J. Byers, "Smooth multirate-multicast congestion control", in: Proceedings of IEEE INFOCOM, 2003  
 [2] S. Cen, P. Cosman and G. Voelker, "End-to-end differentiation of congestion and wireless losses," Networking, IEEE/ACM transactions, Oct. 2003, pp 703-717.