

# Broadcast WDM망에서 서브그룹수대 지연시간의 최적화를 위한 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘

황인환\* · 진교홍\*\*

\*부산대학교 · \*\*동의대학교

## Multicast Scheduling Algorithm for Optimizing the Number of Subgroups and Delay Time in WDM Broadcast Network

Inhwan Hwang\* · Kyohong Jin\*\*

\*Busan National University · \*\*Donggeui University

E-mail : hih93@pusan.ac.kr\* · khjin@donggeui.ac.kr\*\*

### 요 약

본 논문에서는 WDM 단일홉 방송망에서 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 기존의 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘의 주요 연구내용은 멀티캐스트 그룹에 속하는 수신노드가 수신준비가 끝난 후 데이터 메시지를 수신하기까지 기다리는 지연시간을 최소화 할 수 있도록 서브그룹을 나누는 연구가 대부분이다. 이들 서브그룹을 나누기 위한 방법들은 송신노드에서 사용하는 데이터 채널에 수신기를 튜닝하여 가장 지연시간이 작도록 그룹화 시키는 알고리즘이다. 그러나 수신기의 이전 튜닝상태를 고려하면 보다 최적화된 멀티캐스트 스케줄링이 가능할 것이다.

따라서 본 논문에서는 수신노드의 수신기의 현재 상태를 수집하여 멀티캐스트 메시지의 전송 시간이 최소가 되도록 멀티캐스트 그룹을 서브그룹화 하는 방안을 제안하였다. 제안된 방법은 가변송수신기를 사용하는 WDM 단일홉 방송망에서 동작되며 고정된 제어채널을 통해 수신노드의 상태를 수집할 수 있도록 구성하였다. 또한 제안된 방법은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하고 기존의 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘과 비교하였다.

### ABSTRACT

In this paper, a new multicasting scheduling is proposed for WDM single-hop broadcast network. The main idea of traditional multicast scheduling algorithms is partitioning the multicast group into several subgroups to reduce the delay time after receiving previous message. Those partitioning algorithms are grouping method of receivers already tuned to transmitters wavelength. However, multicast scheduling shows better performance by considering the previous status of receivers.

Thus, in this paper, a new subgrouping method is proposed to minimize delay through collecting the current status of receivers. This method is operated by using the tunable transceiver in WDM single hop broadcasting network and uses fixed control channel for collecting the status of receivers. In addition, we analyzed the performance of proposed method through the computer simulation and then compared with existing multicast scheduling algorithm.

### 1. 서 론

인터넷 사용자 수의 급성장과 6개월 마다 100% 이상씩 증가되는 인터넷 트래픽을 보다 효과적으로 수용하기 위한 가장 긍정적인 방법으로

WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기술이 고려되고 있다. 그리고 보다 많은 인터넷 사용자를 수용하고자 하는 가입자망(Access Network)과 고속의 인트라넷 서비스를 제공하고자 하는 LAN 환경에서도 WDM 기술을 이용하여 보다 많은 대

역폭을 확보하고자 하고 있다.

일반적인 WDM 망은 수동성형 커플러(Passive Star Coupler)를 이용한 단일홉(Single Hop) 방송망 형태로 구성되며, 한 개의 광케이블에 여러 개의 광파장(Wavelength)을 운용하며, 하나의 광파장은 보통 1Gbps 이상의 대역을 제공한다. 그러나 광파장의 수는 한계가 있어 노드의 수보다 적으며, 한 노드가 보유하는 송·수신장치의 개수가 제한적이므로 보다 효율적으로 광파장과 송·수신기를 이용하기 위한 MAC(Medium Access Control) 프로토콜이 요구된다[1,2,3].

WDM 단일홉 방송망에서 유니캐스트(Unicast) 서비스를 제공하기 위한 MAC 프로토콜로는 [4,5,6,7,8] 등이 있으며 가변길이의 메시지를 수용하기 위한 유니캐스트 서비스용 MAC 프로토콜로는 [9,10,11,12,13] 등이 연구되었다. 한편, 멀티캐스트 서비스를 위한 MAC 프로토콜로는 [14,15,16] 등이 제안되었다.

[14]에서는 3가지의 경험적 알고리즘인 EAR(Earliest Available Receiver), LAR(Latest Available Receiver) 및 BAR(Best Available Receiver) 기법을 제안하였다. 제안된 3개의 알고리즘은 복잡하지 않다는 장점을 가지지만, 수신기의 튜닝 시간과 전송지연시간이 고려되지 않았다는 단점이 있다. 다음으로 [15]에서는 랜덤 스케줄링 알고리즘이 제안되었다. 랜덤 스케줄링 알고리즘은 각 시간슬롯에서 N개의 노드 중에서 C개(채널 수)의 노드를 랜덤하게 선택하고 멀티캐스트 패킷을 전송할 수 있도록 한다. 만약 2개 이상의 노드가 동일한 슬롯에서 동일한 목적지로 메시지를 전송하고자 하는 경우에는 수신노드가 전달되는 메시지 중에서 하나를 선택한다. 이 알고리즘은 채널의 수가 적은 경우에는 낮은 성능을 보이지만, 채널의 수가 많은 경우에는 성능이 향상되고, 지연시간도 줄어드는 효과를 보인다. 한편, [16]에서는 랜덤 스케줄링 알고리즘을 마스터/슬레이브 구조에 적용하여 마스터가 망의 상태를 완벽히 제어할 수 있도록 하였다. 그러나 랜덤 스케줄링 알고리즘도 튜닝시간을 고려하지 않았다는 문제점을 가지고 있다.

위에서 설명한 바와 같이 기존의 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘은 멀티캐스트 그룹을 적당한 서브그룹으로 나누어 서브그룹 단위로 메시지를 전송함으로써 수신장치의 지연시간을 줄이고자 하였다. 그러나 대부분의 알고리즘이 수신기의 튜닝 지연시간을 고려하지 않았을 뿐만 아니라 수신기의 이전 상태를 고려하지 않은 알고리즘이었다. 따라서 본 논문에서는 수신기의 이전 튜닝 상태를 고려하여 멀티캐스트 서브그룹을 구성하는 방법을 제안하였으며, 이를 통해 하나의 멀티캐스트 패킷을 전송하는데 소요되는 시간을 최소화할 수 있었다.

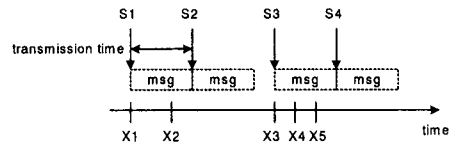
본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 수신기의 튜닝 상태를 고려한 멀티캐스트 서브그룹화 방법과 스케줄링 알고리즘에 대해서 상

세히 설명하였으며, 3장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 분석한 결과를 기술하였다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 앞으로의 연구에 대해서 언급하였다.

## 2. 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘

본 논문에서 제안된 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘은 WDM 단일홉 방송망에서 수신기의 현재 튜닝상태를 고려하여 서브그룹을 구성하고 메시지를 전송한다. 망 내에는 N개의 노드와 C개의 데이터 채널과 한 개의 제어채널이 마련되어 있으며, 데이터 채널의 개수는 노드의 개수보다 적게 구성되어 있다. 망 내 각 노드는 가변송신기(Tunable Transmitter)와 가변수신기(Tunable Receiver)를 구비하여 메시지를 어느 데이터 채널로도 송·수신할 수 있도록 하였다. 한편, 제어채널을 통하여 멀티캐스트 그룹에 속하는 수신 노드들이 현재 어느 데이터 채널에 튜닝되어 있으며, 현재의 메시지 수신이 언제 완료되는지에 대한 정보를 수집할 수 있다. 제어채널을 통해 수집된 수신노드들의 상태를 이용하여 송신노드에서는 멀티캐스트 그룹을 서브그룹으로 나누고 메시지 스케줄링을 실시하게 된다.

본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘에 대해서 설명하기 전에 [14]에서 제안한 EAR 알고리즘의 동작원리를 살펴보고자 한다. 그림 1은 EAR 알고리즘의 동작원리를 보여주고 있다.



(그림 1) EAR 알고리즘의 동작 예

그림 1에서는 멀티캐스트 그룹에 5개의 노드가 포함되어 있으며, 각 노드의 수신기는 X1, X2, X3, X4, X5에 수신준비가 된다. EAR 알고리즘은 첫번째 수신이 준비된 노드 1에 대해서 스케줄링(S1)을 실시하여 S1에 한 메시지를 전송한다. 이 메시지의 전송지연시간 동안에 수신 준비가 된 노드 2는 S2에 스케줄링이 된다. S2에 스케줄링된 메시지가 전달되는 동안 준비된 노드가 없으므로 다음 스케줄링은 S3에 이루어지며, S3에 전달되는 메시지의 전송지연시간 동안 준비된 노드 4,5는 S4에 스케줄링 되어 메시지를 수신하게 된다. 따라서 멀티캐스트를 위한 서브그룹은 (X1), (X2), (X3), (X4, X5)의 4개로 만들어지며 송신노드에서는 동일한 메시지를 S1, S2, S3, S4에 4회를 전송하면 된다.

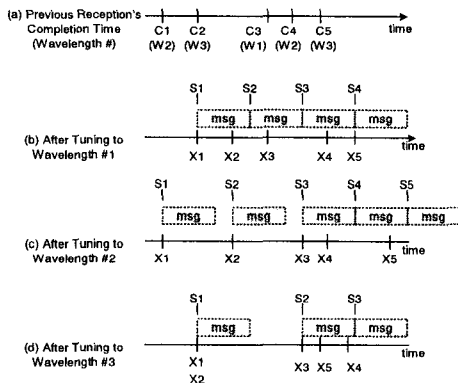
그러나 EAR 알고리즘에서 멀티캐스트 그룹에

속하는 각 노드의 수신 가능한 시점은 송신노드에서 사용하는 데이터 채널로 이미 튜닝된 시점을 의미한다. 따라서 수신노드의 이전 튜닝상태에 대한 정보는 무시된 채 송신기의 데이터 채널에 고정적으로 튜닝된 이후에 스케줄링이 되는 것이므로 수신노드가 이전 메시지의 수신이 끝난 후 다음 메시지를 수신하기까지 소요되는 시간은 실제로는 더 길어지게 된다.

따라서 본 논문에서는 수신기의 이전 상태를 고려하여 멀티캐스트 메시지의 전송시간을 최소화 할 수 있는 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 사용 가능한 데이터 채널 별로 멀티캐스트 메시지의 전송완료 시간을 미리 계산해서 가장 적은 시간이 소요되는 데이터 채널에 EAR 알고리즘을 적용하는 확장된 EAR(Extended EAR; E-EAR) 방법이다.

**제안된 기법: 확장된 EAR(E-EAR)**

확장된 EAR 기법은 먼저 멀티캐스트 그룹에 속하는 수신노드가 현재 어느 채널에 튜닝되어 있고 언제 메시지의 수신이 완료되는지에 대한 정보를 제어채널을 통해 수집한다. 그리고 현재 수신중인 메시지의 수신완료 시점에 따라 노드를 배치한 후 사용된 데이터 채널 별로 EAR 알고리즘에 따라 전송하는 경우 총 전송시간이 어느 정도 소요되는지를 계산하여 가장 짧은 전송시간을 나타내는 데이터 채널로 메시지를 전송하는 기법이다. 그림 2는 E-EAR 기법에 대한 동작 예를 보여주고 있다.



(그림 2) E-EAR 알고리즘의 동작 예

그림 2(a)는 멀티캐스트 그룹에 속한 각 노드의 메시지 수신 완료 시점(Ci)과 사용된 데이터 채널의 번호(Wj)를 보여주고 있다. 사용된 데이터 채널은 W1, W2, W3 등 3가지로 E-EAR에서는 이들 세가지 종류의 데이터 채널에 따라 스케줄링을 실시한다. 먼저 그림 2(b)는 데이터 채널 1번을 이용하는 경우로서 노드 1, 2, 4, 5번은 먼저 데이터 채널 1번으로 튜닝되어야 한다(Xk). 그리

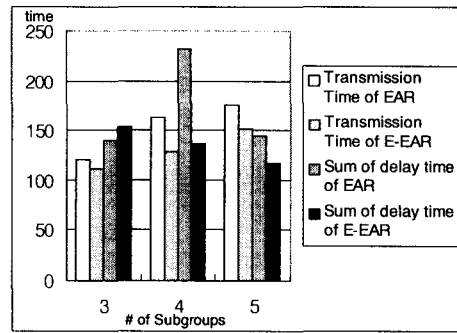
고 EAR 알고리즘을 적용시키면 4번의 스케줄링이 발생되고, 4개의 서브그룹이 구성된다. 한편, 그림 2(c)와 같이 데이터 채널 2번을 이용하는 경우에는 서브그룹의 수가 5개가 되고 (b)에 비해 멀티캐스트 서비스 완료시점이 길어진다. 한편, 그림 2(d)에는 데이터 채널 3번을 이용한 것으로 (b)와 멀티캐스트 완료시점은 동일하지만, 서브그룹의 개수가 3개로 줄어드는 것을 볼 수 있다.

따라서 이 예의 경우에는 데이터 채널 3번을 이용하여 스케줄링된 결과를 토대로 멀티캐스트 서비스가 이루어진다.

**3. 성능분석**

이장에서는 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘과 [14]에서 제안한 EAR 알고리즘을 비교하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위해 사용된 인자로는 멀티캐스트 그룹 크기(G), 데이터 채널 수(W), 노드 수(N) 등이며, 멀티캐스트 그룹내의 수신기의 준비시각과 메시지의 길이는 랜덤하게 설정하였다.

먼저 그림 3은 멀티캐스트 그룹 크기가 10개이고, 데이터 채널의 수가 5개인 경우 멀티캐스트 서브그룹과 전체 수신노드의 지연시간과의 관계를 보여주고 있다.



(그림 3) G=10, W=5 인 경우

다음으로 그림 4는 멀티캐스트 그룹의 크기가 20이고 데이터 채널의 수가 5개인 경우를 보여주고 있다.

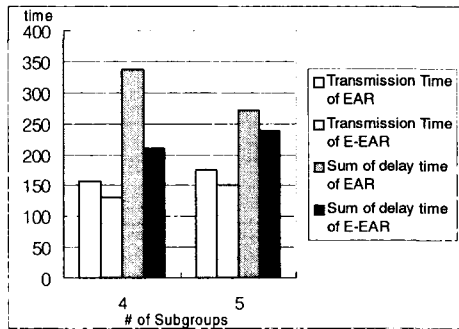
그림 3과 4에서 보는 바와 같이 제안된 알고리즘은 기존의 EAR 알고리즘에 비해 전체적인 지연시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 앞으로는 보다 실제 환경에 맞는 컴퓨터 시뮬레이션을 수행할 것이다.

**4. 결론 및 앞으로의 연구**

본 논문에서는 WDM 단일홉 방송망을 위한 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 멀티캐스트 그룹에 속하는 모든

수신기의 현재 상태를 파악한 후 어느 데이터 채널로 송신기를 튜닝하여 메시지를 전송하는 것이 서브그룹의 수를 줄이고 전체 전송시간을 절약할 수 있는지 계산하도록 하는 방식이다.

제안된 알고리즘은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였으며, 서브그룹 수와 메시지 전달 지연시간이 기존의 방법에 비해 우수하게 나타났다. 앞으로는 시뮬레이션 환경을 보다 실제에 가깝게 설정하여 메시지 도착과정과 제어채널을 통한 수신기의 상태를 수집한 후에 제안된 멀티캐스트 스케줄링 알고리즘이 동작되는 전체 MAC 프로토콜 과정에 대해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행할 것이다.



(그림 4) G=20, W=5 인 경우

참고문헌

[1]R. Ramaswami, "Multiwavelength Lightwave Networks for Computer Communication," IEEE Communications Magazine, pp78-88, Feb., 1993

[2]B. Mukherjee, Optical Communication Networks, McGraw-Hill Series on Computer Communications, 1997

[3]R. Ramaswami, K. M. Sivarajan, Optical Networks, A Practical Perspective, Morgan Kaufmann, 1998

[4]K. Bogineni, K. M. Sivalingam, and P. W. Dowd, "Low-complexity multiple access protocols for wavelength division multiplexed photonic network," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11, No. 4, pp458-471, Aug., 1993

[5]K. M. Sivalingam, K. Bogineni, and P. W. Dowd, "Pre-allocation media access control protocols for multiple access WDM photonic networks," Proc. of ACM SIGCOMM' 92 in Computer Communication Review, Vol. 22, No. 4, pp235-246, Oct., 1992

[6]G. N. M. Sudhakar, N. D. Georganas, and M. Kavehrad, "Slotted Aloha and

Reservation Aloha Protocols for very high-speed optical fiber local area networks using passive star topology," Journal of Lightwave Technology, Vol. 9, No. 10, pp1411-1422, Oct., 1991

[7]M. Chen, N. R. Dono, and R. Ramaswami, "A media-access protocol for packet-switched wavelength division multi-access metropolitan area networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 8, No. 6, pp1048-1057, Aug., 1990

[8]R. Chipalkatti, Z. Zhang, and A. S. Acampora, "Protocols for optical star-coupler network using WDM: Performance and complexity study," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11, No. 4, pp579-589, May, 1993

[9]F. Jia, B. Mukherjee, J. Iness, S. Ojha, "Variable-length Message Scheduling Algorithms for a WDM-based Local Lightwave Networks," Proc. of INFOCOM' 94, pp1362-1369, 1994

[10]F. Jia, B. Mukherjee, J. Iness, "Scheduling Variable Length Messages in a Single-hop Multichannel Local Lightwave Networks," IEEE/ACM Trans. On Networking, Vol. 3, No. 4, pp477-488, Aug., 1995

[11]H. B. Jeon, C. K. Un, "Contention-based Reservation Protocols in Multiwavelength Optical Networks with a Passive Star Topology," IEEE Trans. on Communications, Vol. 43, No. 11, pp2794-2802, Nov., 1995

[12]J. H. Lee, C. K. Un, "Synchronous Reservation Protocol for Variable-sized Messages in WDM Network," Proc. of GLOBECOM' 95, pp2210-2214, 1995

[13]A. Muir, J. J. Garcia-Luna-Aceves, "Distributed queue packet scheduling algorithms for WDM-based networks," Proc. of INFOCOM' 96, pp938-945, March, 1996

[14]J. Jue, B. Mukherjee, "The advantages of partitioning multicasting transmissions in a single-hop optical WDM network," Proc. of ICC' 97, pp427-431, 1997

[15]A. Mokhtar, M. Azizoglu, "Packet Switching Performance of WDM Broadcast Networks with Multicast Traffic," Proc. of SPIE' 97, 1997

[16]E. Modiano, "Random Algorithms for Scheduling Multicast Traffic in WDM Broadcast-and-Select Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 7, No. 3, pp425-434, June, 1999