

비동기 전송모드 망의 점대다중점연결을 위한 적응동적임계치기반 병합알고리즘

Initial Investigation on Consolidation with Adaptive Dynamic Threshold for ABR Multicast Connections in ATM Networks

신성욱, 조광현

(Soung-Wook Shin and Kwang-Hyun Cho)

Abstract : The major problem at a branch point for point-to-multipoint available bit rate(ABR) services in asynchronous transfer mode(ATM) networks is how to consolidate backward resource management(BRM) cells from each branch for a multicast connection. In this paper, we propose an efficient feedback consolidation algorithm based on an adaptive dynamic threshold(ADT) to eliminate the consolidation noise and to reduce the consolidation delay. The main idea of the ADT algorithm lies in that each branch point estimates the ABR traffic condition of the network through the virtual queue estimation and the transmission threshold of the queue level in branch points is adaptively controlled according to the estimation. Simulation results show that the proposed ADT algorithm can achieve a faster response in congestion status and a higher link utilization compared with the previous works.

Keywords : ATM networks, ABR service, multicast, consolidation, ADT algorithm

I. 서론

현재의 통신망은 경제적, 기술적인 이유로 망(network) 자원의 활용이 제한되어진다. 통신망의 발전과 사용자의 증가에 의해 요구되어지는 여러 가지의 서비스를 충족시키기 위하여 ITU-T에서는 비동기 전송모드(Asynchronous Transfer Mode: ATM, 이하 ATM)이 권고되어져 왔다[1].

ATM망의 ABR(Available Bit Rate) 트래픽은 망자원 관리(Resource Management: RM) 셀이라는 망의 자원을 관리하기 위한 특수 목적을 갖는 셀의 되먹임에 의하여 제어되어진다. ABR 소스는 일정한 간격마다 RM 셀을 발생시킨다. 발생되어진 RM 셀은 현재의 망 정보를 담고 망의 목적지 혹은 망의 분지점(branch point)에서 소스 쪽으로 되돌려진다. 이때 망의 연결이 점대다중점연결[2]인 경우 모든 목적지들로부터 RM 셀을 되먹임 받기 때문에 역방향 폭주현상이 일어나게 된다. 이러한 현상을 막기 위하여 각각의 분지점에서 병합알고리즘이 필요하게 된다[3]-[8]. 그러나 병합알고리즘에는 잘못된 정보의 전달로부터 발생되어지는 병합잡음과 정보전달시간의 지연으로 인하여 망의 반응속도를 감소시키는 병합지연이 수반되는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 여러 가지 연구들이 시도되어졌다. Robert[3]는 빠른 응답속도를 갖는 알고리즘을 제안하였는데, 이 알고리즘에서 분지점은 소스로부터 순방향 제어(Forward Resource Management: FRM) 셀을 수신하면 역방향 제어(Backward Resource Management: BRM) 셀을 발생시킨다. 그러나

이 방법은 모든 분기노드(branch)의 정보가 해당 분지점에 전달되지 않았을 경우 현재 망의 정보를 정확히 전달하지 못하여 병합잡음을 발생시킨다. 이 문제점을 해결하기 위하여 Siu는 병합잡음을 제거하는 알고리즘을 제안하였다[4]. 이 방법에서 망의 분지점들은 모든 하위 분기노드들로부터 정보를 수신 받은 후 BRM 셀을 소스에 전송한다. 그러나 이 기법은 모든 분기노드들로부터 정보를 기다려야하기 때문에 병합지연이 발생하게 된다. 병합지연에 따른 망 반응속도의 지연은 폭주상태에서 망 대기열의 증가를 야기시키고 더불어 망 자원활용 저하의 요인이 된다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 최근의 연구들은 'wait-for-all' 알고리즘에 기반을 두고 폭주상태에 신속하게 반응할 수 있는 유동적인 기준값을 갖는 병합알고리즘을 제안하고 있다[5]-[8]. 그러나 이러한 알고리즘들 또한 병합잡음의 제거에 기반을 두기 때문에 망 자원의 비효율적 운용, 실제 적용의 복잡성 증가 등의 문제를 야기시킨다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 가상의 대기열 상태 추정을 이용한 적응동적임계치(Adaptive Dynamic Threshold: ADT, 이하 ADT) 알고리즘을 제안하고 이미 연구되어진 알고리즘들과의 성능비교를 통해 그 효용성을 검증한다.

II. ATM망의 병합문제

병합알고리즘에서 발생하는 병합잡음과 병합지연은 서로 상반되는 관계에 있으며 병합알고리즘은 결국 이 두 가지의 문제점을 균형적으로 해결하는 문제로 귀착된다.

1. 병합잡음

일반적으로 병합잡음은 분지점에서 BRM 셀의 케환조건이 폭주가 발생한 분기노드의 정보를 항상 포함할 수 없을 때 발생한다. 이러한 병합잡음 결과 전송되어진 BRM 셀은

접수일자 : 2001. 3. 21., 수정완료 : 2001. 7. 20.

신성욱, 조광현 : 울산대학교 전기전자정보시스템공학부(ssw@sys.ulsan.ac.kr/ckh@mail.ulsan.ac.kr)

※ 본 연구는 정보통신부의 정보통신 우수시범학교 지원사업과 2001년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2001-041-E00279)에 의하여 수행되었습니다.

소스의 잘못된 허용전송률(Allowed Cell Rate: ACR) 계산을 발생시킨다. 이 결과로 폭주가 발생한 분지점의 대기열 길이는 증가되어지고 대기열의 과잉 상태로 인하여 정보의 손실이 발생한다. 이러한 병합잡음을 제거하기 위한 방법으로는 모든 분기노드들로부터 정보를 전달받거나 폭주가 발생한 분기노드의 정보에 우선순위를 주는 방식이 있다. 전자의 방식은 병합잡음을 정확히 제거하는 장점이 있으나 모든 분기노드로부터 정보를 전달받아야 하기 때문에 불필요한 지연시간이 필요하게 된다. 후자는 폭주가 발생한 분기노드의 정보를 보다 빠르게 소스로 전달할 수 있는 장점이 있으나 우선순위를 부여하는 부가적인 알고리즘이 필요하다.

2. 병합지연

ATM 망의 각각의 분지점은 하위 분기노드로부터 하나 이상의 정보를 전달받아야 하므로 BRM 셀의 병합에 따르는 부가적인 지연은 필연적으로 발생하게 된다. 병합지연의 문제는 소스로부터 느린 반응속도를 발생시킴으로써 과부하시 대기열의 증가가 일어나게 되고 저부하시 망 자원의 낭비를 발생시킨다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 현재의 망 상태를 계속적으로 파악하여 적절한 BRM 셀의 교환 조건을 유동적으로 설정해 주어야 한다.

III. 병합알고리즘 분석 및 ADT 알고리즘

기존 알고리즘들의 분석을 통하여 병합알고리즘의 문제점 및 보완사항과 ADT 알고리즘을 살펴보면 다음과 같다.

1. Chun 알고리즘[6]

이 알고리즘은 국부최소값(local minimum)과 전역최소값(global minimum)의 두 가지의 기준값을 가지고 있다. 국부최소값은 하나의 분지점에 연결되어진 분기노드들의 최소 ER 값이고 전역최소값은 모든 분기노드들의 최소 ER 값이다.

국부최소값이 결정되어지면 해당 분지점에서는 그보다 낮은 ER 값을 갖는 BRM 셀 만을 선택적으로 통과시키게 된다. 이는 폭주가 발생하였음을 소스쪽으로 최대한 신속히 전달하기 위함이다. 이 기능을 신속폭주통지기능(fast congestion notification function)[7]이라고 한다. 이러한 방식으로 과부하 상태를 소스로 전달하게 되고 만일 더 이상의 국부최소값의 변화가 없을 때는 모든 분기노드들의 ER 값을 검색하여 전역최소값을 찾아 이 값을 국부최소값으로 대체한다. 이는 저부하 상태시 망 자원의 낭비를 막기 위함이다. 이 알고리즘의 pseudo코드는 그림 1과 같다.

Pseudo 코드에서 MCI, MNI 그리고 MER은 RM cell의 CI (Congestion Indicator), NI(No Increase), ER의 정보보관을 위한 각각의 분지점에 정의된 지역변수값이다.

2. Cho 알고리즘[5]

이 알고리즘의 방식은 각각의 분지점들이 BRM 셀들의 정보를 보관하고 있고 소스로부터 가장 멀리 떨어진 목적지로부터의 BRM 셀을 전달받을 경우 이 정보들을 그 BRM 셀에 실어보내는 것이다. 이 방식은 병합지연 시간을 왕복지연(Round Trip Delay: RTD)시간 이내에서 보장할 수 있는 장점이 있으나 그 만큼의 시간이 낭비되어 망 자원의 비효율성을 초래할 수 있다. 이 알고리즘의 pseudo코드는 그림 2와 같다. 그림 2에서 CTRi는 각각 분기노드의 연결 유지 카운터로써 분지점에서 BRM 셀을 받으면 1씩 증가한다.

```

On the receipt of a FRM (ER, CI, NI) cell:
    Multicast this RM cell to all participating branches:
On the receipt of a BRM (ER, CI, NI) cell from branch i:
    IF NOT Bi THEN
        Let Bi = 1;
        Let N_Received = N_Received + 1;
    ELSE:
        Let GlobalMinimum = min(GlobalMinimum, ERi from BRMi), MCI = MCI OR CII from BRMi, MNI = MNI OR NIi from BRMi;
    IF (LocalMinimum > ERi from BRMi) THEN
        Let LocalMinimum = ERi from BRMi;
        Let passBRM = 1;
    ELSE IF (N_Received == Num) THEN
        Let LocalMinimum = GlobalMinimum;
        Let passBRM = 1;
    ELSE Discard this BRMi;
    
```

그림 1. Chun 알고리즘의 pseudo코드.
Fig. 1. The pseudo code of Chun's algorithm.

```

On the receipt of a FRM (ER, CI, NI) cell:
    Multicast this RM cell to all participating branches:
On the receipt of a BRM (ER, CI, NI) cell from branch i:
    Let CTRi = CTRi +1 for the corresponding branch i;
    Let MNIi = NI, MCIi = CI, and MERi = ER for the corresponding branch i;
    IF (CTRj>0 for all other branches j, j ≠ i) THEN
        Let ER = min(MERj), CI = OR(MCIj), NI = OR(MNIj) for all participating branches j;
        Let CTRj = CTRj-1 for all participating branches j;
        pass this BRM cell;
    ELSE Discard this BRM cell;
    
```

그림 2. Cho 알고리즘의 pseudo코드.
Fig. 2. The pseudo code of Cho's algorithm.

3. ADT 알고리즘

ADT 알고리즘은 FRM cell의 CCR(Current Cell Rate)과 BRM cell의 ER의 차로서 정의되어지는 가상 대기열과 망의 정체 정도를 나타내는 트래픽상황변수(Traffic Level Register: TLR, 이하 TLR)로 구성되어 있다. 제시한 알고리즘의 분지점 모델은 그림 3과 같다. 저부하시의 기본적인 알고리즘은 Cho 알고리즘과 같다. 하지만, 폭주가 발생하였을 경우 빠른 정보 전달을 위하여 분지점에서 이미 보내어진 BRM 셀과 분기노드들로부터 되돌아오는 BRM 셀을 비교하여 ER값이 낮은 BRM 셀이 들어오면 우선 통과시킨다. 이는 신속폭주통지기능[7]을 갖기 위함이다. 이때 TLR은 1이 되고, 이는 폭주가 발생했음을 의미한다. 이때부터 각각 분지점에서의 가상 대기열은 소스로부터 전달되어지는 실제입력(CCR)과 하위 분기노드로부터 전달되어지는 BRM 셀의 ER 값을 가상 출력으로 하여 현재 망의 트래픽 상태를 추정한다. 폭주 발생과 동시에 가상 대기열의 cell 개수는 폭주 발생 분기노드의 대기열에 비례하여 증가되어진다. 결국 가상 대기열의 길이는 해당 분지점의 하위 분기노드에 대한 폭주 정도를

판단하는 기준이 된다. 만일 가상 대기열의 길이가 0이 된다면 폭주가 발생한 분기노드가 더이상 없다고 판단하여 가장 가까운 분기노드의 BRM 셀을 소스로 보내어지고, 각각 분기노드에 대한 CTRI는 0이 된다. 이는 저부하시 망 자원의 활용효율을 높임과 동시에 FRM cell에 대한 BRM cell의 비율을 1로 유지하기 위함이다. 이렇듯 ADT 알고리즘은 현재 망의 폭주 정도에 따라 변하는 가상 대기열의 길이를 이용

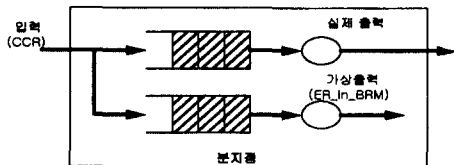


그림 3. 제안된 ADT 알고리즘의 분지점 모델.
Fig. 3. Illustration of a branch point in the ADT algorithm.

```

Initialize;
Let TLR = 0;
Let MER = PCR, MCI = 0, CTR = 0, MNI = 0 for all branch

(Begin ADT Algorithm)
On the receipt of a FRM (CCR, ER, CI, NI) cell;
IF (TLR==1) THEN
    Let VQ_in = CCR;
    Multicast the FRM cell to all participating branches;

On the receipt of a BRM (ER, CI, NI) cell from branch i;
Let MNIi = NI, MCIi = CI, MERi = ER for the
corresponding branch i;
IF (MER>ERi) THEN
    Let TLR = 1;
IF (TLR ≠ 1) THEN
    Let CTRi = CTRi +1 for all ith branch;
    IF (CTRj>0 for all other jth branch, j ≠ i) THEN
        Let ER = min(MERj), CI = OR(MCIj), NI =OR(NMIj)
        for all participating jth branches;
        Let CTRj = CTRj-1 for all jth branch;
        Send the BRM(ER, CI, NI) cell back to the source;
    ELSE
        Discard the BRM cell;
ELSE
    Let VQ_out = ERi;
    Compute the VQ_length;
    Let CTRi = CTRi +1 for all ith branch;
    IF (MER > ERi) THEN
        Let ER = min(MERj), CI = OR(MCIj), NI =OR(MNIj)
        for all participating jth branches;
        Send the BRM(ER, CI, NI) cell back to the source;
        Let CTRj = 0 for all jth branch;
    ELSE IF (VQ_length == 0) THEN
        Send the BRM(ER, CI, NI) cell back to the source;
        TLR = 0;
        Let CTRj = CTRj-1 for all jth branch;
    ELSE IF (CTRj>0 for all other jth branch, j ≠ i) THEN
        Let ER = min(MERj), CI = OR(MCIj), NI =OR(NMIj)
        for all participating jth branches;
        Let CTRj = CTRj-1 for all jth branch;
        Send the BRM(ER, CI, NI) cell back to the sour
    ELSE

```

그림 4. ADT 알고리즘의 pseudo코드.
Fig. 4. The pseudo code of the ADT algorithm.

보다 탄력적으로 망에 적응함으로써 망 이용효율을 증가시키게 된다. ADT 알고리즘의 pseudo코드는 그림 4와 같다. 그림 4에서 VQ는 Virtual queue를 의미한다.

IV. 모의실험

본 모의실험에서는 그림 5와 같은 ATM망의 모델을 가정하였다. 그림 5에서 S는 ABR 소스이고 Vs는 VBR 소스이다. S는 영구발생원으로 가정하였고 Vs는 각각 50ms의 간격을 갖는 on-off 트래픽 발생원으로 가정하였다. 교환기와 교환기의 사이거리는 WAN 환경으로서 1000km이며, 모든 교환기는 90%의 링크활용도를 갖는 ERICA 교환기를 사용한다고 가정한다.

또한, 각 종단(S, Vs, D1, D2, D3, dV)과 교환기간의 거리는 1km라고 하자. 모든 링크의 대역폭은 155.52 Mbps로 표준 ATM을 따른다. 교환기 3(SW3)과 교환기 4(SW4) 사이에 병목링크(bottleneck link)가 설정되어 있어 이는 Vs에 따라서 변하게 된다. 또한 ABR 트래픽 형태의 관찰을 용이하게 하기 위하여 RIF(Rate Increase Factor)를 1로 하였다.

그림 6은 소스에서의 ABR 트래픽의 형태를 나타낸다. ADT 알고리즘은 Chun 알고리즘과 Cho 알고리즘에 비하여 보다 많은 망 자원을 할당받을 수 있고 3가지 알고리즘 모두 병합잡음이 거의 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 병목 링크의 대기열 길이를 나타낸다. 그림에서 보듯이 Cho 알고리즘에 비하여 ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘의 대기열 길이가 작음을 알 수 있다. 그 이유는 Cho 알고리즘은 망의 상태와 관계없이 가장 멀리 떨어진 목적지로부터

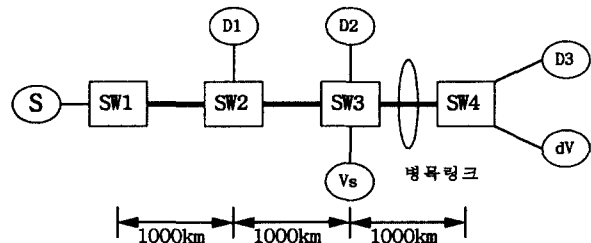


그림 5. 모의실험을 위한 ATM망 모델의 예.
Fig. 5. An example ATM network model.

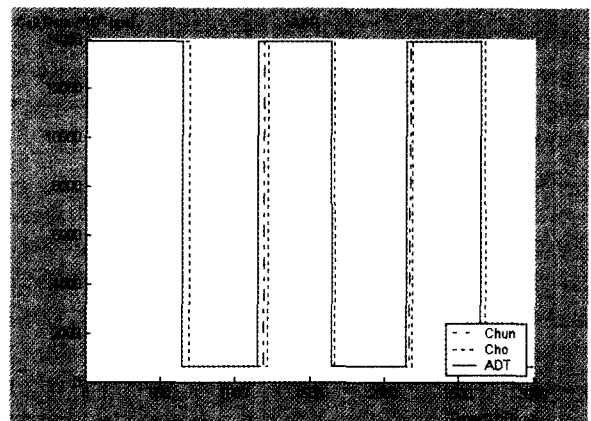


그림 6. 각 알고리즘의 ABR 트래픽 형태의 비교.
Fig. 6. Comparison of the ABR traffic for each algorithm.

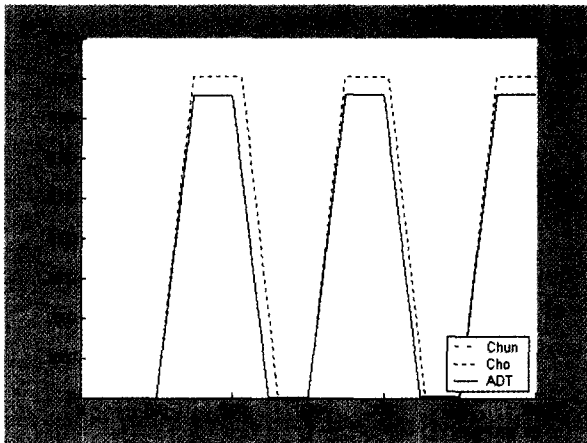


그림 7. 각 알고리즘의 대기열 길이 비교.
Fig. 7. Variation of queue lengths along each algorithm.

부터 BRM 셀을 전달받지만 ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘은 폭주가 발생한 분기노드의 BRM 셀을 우선적으로 전달받기 때문이다. ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘의 대기열 길이가 거의 비슷한 것은 대기열의 길이가 스스로의 폭주 발생 정보 전달 시간에 좌우되기 때문이다.

V. 성능 비교

상기 모의실험 결과에 대한 병합알고리즘의 각 항목별 요구사항에 대한 정성적 비교결과는 표 1과 같다. 표 1의 각 항목별 분석사항은 다음과 같다:

1. 병합잡음

3가지 알고리즘 모두 병합에 따르는 잡음은 매우 적음을 알 수 있다. 이는 Cho 알고리즘은 모든 분기노드의 정보를 전달하는 방식을 취하고 있으며, ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘은 폭주 발생 분기노드의 정보를 우선적으로 전달하고 분지점에서 하위 분기노드로부터의 정보 비교를 통하여 적당하지 않은 정보는 전달하지 않기 때문이다.

2. 병합지연

ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘은 Cho 알고리즘에 비하여 과부하시의 지연시간이 짧음을 알 수 있다. 그 결과 ADT, Chun 알고리즘에 비하여 Cho 알고리즘의 대기열 길이가 좀 더 길어진다. ADT 알고리즘과 Chun 알고리즘을 비교해 보면 과부하시의 결과는 거의 비슷하지만 저부하시 ADT 알고리즘이 좀더 빠른 반응속도를 보임을 알 수 있다. 이로 인하여 ADT 알고리즘은 Chun 알고리즘에 비하여 보다 효율적인 망 자원의 활용이 가능함을 알 수 있다.

표 1. 각 알고리즘별 성능특성의 정성적 비교.
Table 1. Qualitative comparison of each consolidation algorithm.

비교항목 \ 알고리즘	Chun 알고리즘	Cho 알고리즘	ADT 알고리즘
병합잡음	적음	적음	적음
병합지연	낮음	보통	매우 낮음
복잡성	보통	낮음	조금 복잡
BRM/FRM 비율	정의 안됨	1	1

3. 적용의 용이성

ADT 알고리즘은 트래픽 상태파악을 위한 추가적인 플래그 비트의 사용, 각각의 분지점에서 가상 대기열의 설정 등으로 인하여 다른 알고리즘에 비해서 약간의 복잡성이 증가됨을 알 수 있다.

4. FRM/BRM 비율

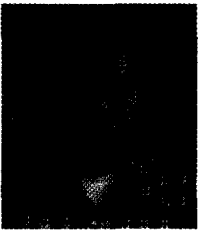
ATM 포럼에서는 점대다중점연결인 경우 점대점연결의 확장으로 정의하고 있다. 이로 인하여 점대다중점연결망의 소스는 점대점연결망에서의 방식과 동일하게 된다. FRM 셀에 대한 BRM 셀의 비율이 1 이상일 경우 소스에서의 트래픽 진동현상을 발생시킬 수 있으며, 망의 overhead를 증가시키는 요인이 된다. 이러한 문제점을 막기 위하여 FRM 셀에 대한 BRM 셀의 비율은 1로 유지하는 것이 필요하다.

VI. 결론

본 논문에서는 가상의 대기열을 이용하여 ATM 망의 점대다중점연결에서의 효과적인 병합알고리즘을 제시하였다. 제안된 알고리즘은 가상의 대기열을 사용하여 망의 트래픽 상태를 주기적으로 관찰하면서 보다 유동적이면서도 빠른 적응속도를 갖도록 하고 스스로 하여금 현재의 트래픽 상태를 정확히 제어하도록 하였다. 모의실험 결과 제시된 알고리즘이 다른 기존의 알고리즘에 비하여 보다 효율적인 망의 이용을 가능하게 함을 알 수 있었다. 이는 제시된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 있어서 저부하시 문제의 해결에 중점을 두었기 때문이었다. 결과적으로, 본 논문에서 제시된 알고리즘은 망 자원의 활용도를 높일 수 있음을 보여 주었다.

참고문헌

- [1] A. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, NJ : Prentice Hall, 1996.
- [2] ATM Forum Technical Committee, *The ATM traffic Management 4.1, af-tm-01210.000*, 1999.
- [3] L. Roberts, "Rate based algorithm for point-to-multipoint ABR service," *ATM Forum Contribution 94-0772RI*, 1994.
- [4] W. Ren, K. Y. Siu, and H. Suzuki, "On the performance of congestion control algorithms for multicast ABR service in ATM networks," *Proc. of 2nd IEEE ATM Workshop*, San Francisco, U.S.A., 1996.
- [5] Y. Z. Cho and M. Y. Lee, "An efficient rate-based algorithm for point-to-multipoint ABR service," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Global Communications*, Phoenix, U.S.A., pp. 351-360, 1997.
- [6] S. H. Chun and K. S. Kwak, "An efficient feedback consolidation algorithm for point-to-multipoint ABR service in ATM network," *IEEE Trans. on Communications*, vol. 3, pp. 226-228, 1999.
- [7] D. H. Kim and Y. Z. Cho, "Impact of fast congestion notification function on multicast ABR branch point switch in ATM networks," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Communication*, New Orleans, U.S.A., pp. 1395-1400, 2000.
- [8] D. H. Kim, Y. B. Park, and J. K. Kim, "Point to multipoint ABR flow control in ATM networks," *Proc. of IEEE Int. Conf. on High Performance Switching and Routing*, Heidelberg, Germany, pp. 177-184, 2000.



신 성 욱

2000년 울산대학교 전기공학과 졸업.
2000년~현재 울산대학교 전기전자
정보시스템공학부 석사과정. 관심분
야는 이산사건시스템의 관리제어,
ATM네트워크의 폭주제어, 광통신
네트워크의 스위칭 및 라우팅 등.



조 광 현

1993년 한국과학기술원 전기및전자
공학과 졸업. 동대학원 석사(1995).
동대학원 박사(1998). 1998~1999. 동
대학원 위촉연구원 및 연수연구원.
1999. 3.~현재 울산대학교 전기전자
정보시스템공학부 조교수. 관심분야

는 이산사건시스템의 해석 및 관리제어, 생산시스템 자동
화(반도체 생산시스템 자동화), 통신망 분석 및 제어, 광통
신망, 지능형 교통관제시스템, 바이오정보공학 등.