

## 연동 노드에서 집중 문제 처리

Processing of Congestion Problem in the Interworking Node

金 坪 中\*

Kim, Pyeong Jung

### ABSTRACT

When Broadband Integrated Services Digital Network(BISDN) becomes commercially available in public network, conventional Local Area Network(LAN)s will still be in use. The first wide spread application for B-ISDN will be the interconnection of LANs. The equipment providing the connection between the LAN and the BISDN will be given the general name Inter Working Unit(IWU). We addresses the congestion problem of many interworking issues. In this paper, Our study is concentrated on applying connectionless network protocol for interworking. We suggest a rate control method in the network layer to prevent a buffer overflow in the IWU. Since this rate control method can be applied to prevent buffer overflow in a congested IWU, We investigate the use of rate control to solve congestion problems of IWU and parallize network layer with rate control to lessen the congestion problem in IWU.

### I. 서론

광통신 기술의 발전으로 수백 Mbps에서부터 수 Gbps의 전송 능력을 갖는 고속 통신망이 등장하고 있다. 대표적인 것으로서 Asynchronous Transfer Mode(ATM) 기술은 Gigabit의 전송 능력을 갖고 있다. 이러한 고속 통신망이 발전되어 공중 망(public network)에서 상업적으로 유용하게 쓰일 때 여러 가지 서비스를 제공하는데 기존 Local Area Network(LAN)의 상호 연결과 그들 위에서 동작하는 기존의 분산 응용들을 위한 서비스는 첫 번째 응용이 될 것이다.<sup>1)</sup> ATM 기술은 Broadband Integrated Services Digital Network(BISDN)을 위한 교환(switching)과 다중화(multiplexing)의 기본 기술이다. 멀티미디어 응용은 고속통신 요구 사항을 갖고있어 부분적으로 기존의 LAN을 대체할

것으로 보이지만 대부분의 응용 서비스들은 기존의 LAN에서 동작하기 때문에 결국 상호 공존할 것으로 생각된다.

Reference Model for Open Systems Interconnection(RM-OSI)은 이질적인 환경을 연동 하는 기초를 제공하고 있기 때문에 기존의 LAN들을 통합시키고 더 나아가 BISDN을 통합시킬 것이다.<sup>2)</sup> BISDN은 LAN들간의 통신에 사용될 수 있고, 이때 LAN과 BISDN 사이에 연결된 장치를 IWU라고 정의한다. IWU에서는 정적인 연동 문제(구조적인 문제)와 동적인 연동 문제가 동시에 발생한다. IWU 모델은 Kim이 제안한 모델에 기반을 둔다.<sup>3)</sup> 이 모델은 연동시 요구되는 4가지의 구조적인 문제점을 해결하고 있다.

본 연구는 동적인 연동 문제 중에서 트래픽 집중 문제에 초점을 맞춘다. 특히 고속의 BISDN에서

\* 電子計算組織應用 技術士, 한국전자통신연구소 멀티미디어연구부 시각언어연구실 선임연구원.

저속의 LAN으로 트래픽이 집중될 때 IWU에서의 버퍼 초과(buffer overflow)로 인한 패킷 손실(packet loss)은 훨씬 많이 발생하게 될 것이다. 기존의 처리 방법에는 트랜스포트 계층이 중심이 되어 종단 시스템간에 트래픽을 조절함으로써 해결하고 있다. 우리는 IWU가 트랜스포트 기능이 없고 종단 시스템간을 연결하는 중계 노드이기 때문에 가능한 망 계층에서 처리하도록 한다.

이를 위하여 IWU의 망 프로토콜에 rate control<sup>1)</sup>을 추가하였다. rate control은 중계 노드의 버퍼를 보호할 수 있고, 이를 위하여 특별한 메시지(RC PDU)를 만들어 사용한다. 또한, IWU의 집중 문제를 완화시키기 위하여 IWU를 고속화하였다. 고속화 방법으로는 병렬 처리<sup>2)</sup>를 선택하여 구현하고 있다.

본 고는 II장에서 BISDN을 통한 LAN간 상호 연결 모델을 제시하고, 여기에서 발생하는 집중 문제를 망 계층에서 처리하는 이유를 기술한다. III장에서는 기존의 집중 문제 처리 기법을 분석하고, IV장에서는 망 계층에서의 집중 문제 처리 기법을 제안 및 설계하고, IWU를 병렬 처리로 구현하고 있다. V장에서는 이를 분석하고, 마지막으로 VI장에서는 본 연구의 결과와 앞으로 연구해야 할 부분을 기술한다.

## II. 연동 구조에서의 집중 문제

BISDN은 기존 LAN간 상호 연결의 통로뿐만 아니라 직접 LAN과 접속되어 사용될 것이다.<sup>1)</sup> BISDN과 LAN 사이에 존재하는 연동 노드(IWU)는 다양한 연동 모델이 존재할 수 있고, 그 모델에 따라 다양한 연동 문제가 발생한다.<sup>3)</sup> 대표적인 연동 구조적인 문제점으로서 연결형(connection) 대비 연결형(connectionless), 고정 길이 셀(cell)과 가변 길이 프레임(frame), 오류 관리(error control) 및 주소 기법(addressing)의 차이, inband signalling 대 out-of-band signalling 등이다. 이러한 구조적인 문제점뿐만 아니라 고속의 BISDN과 저속의

LAN 사이에서 전송 속도의 차이에 따른 동적인 분배점이 발생한다.

특히, 고속의 BISDN에서 저속의 LAN으로 트래픽이 집중될 때 IWU에서의 불균형적인 부하(unbalanced workload) 때문에 집중 문제(congestion problem)를 심화시킨다. 결국 IWU는 자신에게 집중되는 트래픽을 처리할 수 없어 버퍼 초과(buffer overflow) 현상이 발생하고, 이로 인한 패킷 손실(packet loss)이 발생한다.

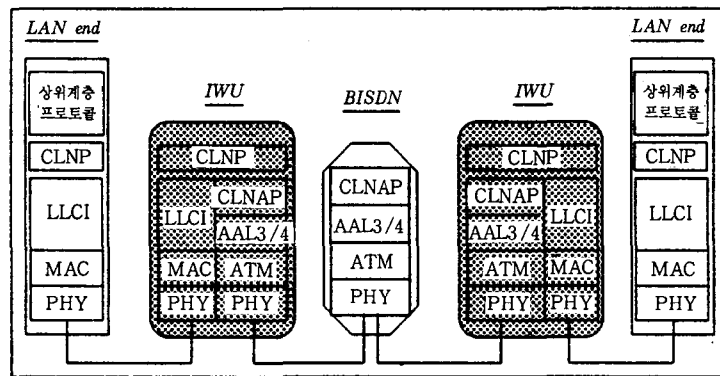
### 2.1 BISDN을 통한 LAN간 상호연결 모델

BISDN을 통한 LAN-to-LAN 통신을 하기 위하여 가장 먼저 Common Service Level(CSL)을 정의해야 한다. 이것은 기능적으로 하부 LAN 계층과 하부 BISDN 계층에 무엇이 필요한지 정의함을 의미한다. CSL은 LAN과 BISDN의 프로토콜 스택에서 호환 서비스(compatible service)를 제공하는 분기점이다. IWU는 이들 사이의 차이점을 숨기고 공통적인 서비스를 제공한다.

RM-OSI는 기능적으로 정보 전달을 위한 하위 계층과 정보 처리를 위한 상위 계층으로 구분할 수 있고, 이질적인 환경(heterogeneous environment)에서의 연동 기반을 제공한다.<sup>2)</sup> 다양한 하부망(subnetwork) 기술에 독립적으로 연동하기 위해서는 RM-OSI의 계층 3(망 계층) 프로토콜을 요구한다. RM-OSI는 이질적인 하부망 기술에 독립적인 망 서비스를 제공하기 위하여 기능적으로 Subnetwork Independent Convergence Protocol(SNICP), Subnetwork Dependent Convergence Protocol(SNDCP), Subnetwork Access Protocol(SNACP)로 구분하고 있다. 이것은 새로운 망 기술이 급속히 발전함에 따라 발생하는 이질성(heterogeneity)을 고려한 기능이다. 이에 따라 3가지의 연동 방법이 존재한다. 첫째, SNACP 수준의 연동 방법이다. 이 방법은 연동 하고자 하는 하부망이 SNACP 기능을 갖고 있고, 내부적으로 모든 OSI 망 서비스 요소를 제공할 경우 사용한다. 둘째, Hop-by-hop harmon-

ization 방법이다. 이 방법은 각각의 하부망 서비스를 harmonization 함으로써 모두 같은 OSI 망 서비스를 제공하도록 한다. Harmonization 개념은 두 개의 하부망 중 적어도 하나가 기능적으로 부족할 경우 모두 같은 망 서비스를 제공하도록 부족한 기능을 채우는(enhance) 개념이다. 셋째, Internet-working 프로토콜 방법이다. 이 방법은 SNICP 수

준의 프로토콜을 이용한다. 이것은 SNICP에서 요구한 하부 서비스와 같도록 변경하기 위하여 어디에서든지 SNDCCP를 정의하여 사용한다는 가정을 갖고 있다. 현재 OSI에서 정의된 Connectionless Network Protocol(CLNP)가 이에 해당하고, 본 연구에서는 이 방법을 사용한다.



〈그림 1〉 BISDN을 통한 LAN간 상호연결 모델

〈그림1〉은 BISDN을 통한 LAN간 상호 연결 모델로서 BISDN을 통하여 효율적이고 투명한 LAN 간의 통신을 제공하는 모델이다.<sup>3)</sup> IWU는 BISDN과 LAN 사이의 통신을 하기 위한 장치로서 하부 LAN 계층과 하부 BISDN 계층의 프로토콜 스택은 다음과 같다. 일반적인 LAN 프로토콜 스택은 Physical Layer(PHY), Medium Access Layer (MAC), Logical Link Control (LLC) 및 망 프로토콜(예로서 OSI CLNP와 DoD IP)등으로 구성된다. BISDN 프로토콜 스택은 Physical Layer (PHY), ATM Layer, ATM Adapataion Layer (AAL) 및 Connectionless Network Access Protocol(CLNAP) 등으로 구성된다. AAL은 4가지 종류(AAL1, AAL2, AAL3/4, AAL5)가 있고, 사용자 데이터를 위한 AAL과 제어 데이터를 위한 AAL이 있다.

이 모델의 특성은 CSL로서 OSI 비연결형 망 서비스를 정의하고, OSI CLNP Internetworking

Protocol 방법, BISDN에서 비연결형 서비스, IWU-BISDN에서 가변길이 프레임 사용, 최소의 오류 관리, E. 164 subaddress 사용, BISDN에서 비연결형 서비스를 위한 Direct 방법(CLNAP 사용), AAL3/4 등이다.

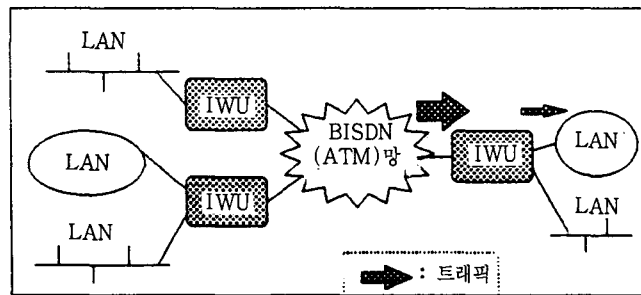
## 2.2 IWU에서의 집중 문제

LAN 트래픽은 bursty 특성 때문에 IWU가 대역폭을 예측하기 어렵다.<sup>6)</sup> 트래픽 변화에 따라 동적으로 할당하는 것은 새로운 연구 분야이다. IWU에서의 집중 문제는 동적 자원 할당(dynamic resource allocation) 문제로서 유용한 자원(available resource)의 양보다 더 많은 요구가 있을 때 발생한다. 여기에서 자원은 링크의 대역폭(bandwidth of link), 버퍼 용량(buffer space(memory)), 및 처리 용량(processing capacity) 등을 포함한다. 어떤 주어진 시간 동안 요구한 자원의 총합이 유용한 자원

의 총합 보다 클 때 그 자원은 그 기간동안 집중 문제에 걸린 경우이다.

집중 문제는 여러 곳에서 발생될 수 있지만 (그림 2)에서처럼 고속의 ATM 망과 저속 LAN 사이에 상호 연동 되는 상황으로 초점을 맞춘다. 데이터 트래픽이 LAN으로부터 ATM 망을 통하여 다른 LAN으로 흐른다고 가정할 경우 ATM 망에서 LAN으로 향하는 IWU에서 집중 문제가 일어날 가능성이 많다. 왜냐하면 IWU가 고속의 ATM 망으

로부터 받은 패킷을 자기의 버퍼에 저장하고 저속의 LAN으로 데이터를 전송하게 되므로 전송 속도의 차이로 인하여 싸이는 패킷을 처리하지 못하여 결국 버퍼 초과 현상이 발생한다. 버퍼 용량을 초과한 양만큼의 패킷이 분실된다. 이러한 현상은 여러 개의 LAN으로부터 ATM 망을 통하여 하나의 LAN으로 트래픽이 집중될 경우 부하의 불균형이 심각해지므로 집중 문제도 그만큼 악화된다.



<그림 2> 트래픽 집중 형태

트래픽 집중 문제에 대한 일반적인 처리 절차는 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. IWU는 자기에 부과된 총 부하를 측정해야 하고("feedback"이라 부름), 그에 따른 어떤 조치를 취해야("control"이라 부름) 한다. 부하에 따라 집중 문제에 걸린 자원(congested resource)으로부터 하나 이상의 집중 문제를 해결할 수 있는 자원들에게 신호(feedback signal)를 보내고, 받은 신호에 따라 어떤 조치를 취한다. 집중 문제를 제어하는 위치는 트랜스포트 계층(transport layer), 망 접근점(network access), 망 계층(network layer) 및 데이터 링크 계층(data link layer) 등에 있을 수 있다. 트랜스포트 계층은 종단 시스템(end system)에 위치하면서 동시에 트래픽을 생성하는 곳이기 때문에 쉽게 부하를 조절할 수 있다. 망 접근점은 망이 집중 문제에 걸리지 않을 때에만 새로운 트래픽을 허용한다. 망 계층은 집중 문제에 걸릴 경우 즉시 어떤 조치를 취할 수 있다.

우리는 망 접근점과 데이터 링크 계층이 하드웨어로 구현되기 때문에 여기에서의 집중 문제 제어를 제외하였다. 또한, 우리가 IWU의 집중 문제를 처리하기 때문에 망 계층에서의 제어에 중점을 두었다. 트랜스포트 계층에서의 제어는 종단 시스템 간의 트래픽을 조절하기 때문에 IWU의 집중 문제를 근본적으로 해결할 수 없다. 다시 말하면, 집중된 IWU를 통과하는 종단 시스템들은 무한히 많을 수 있고 설명 탐지하였다 하더라도 RTD(Round Trip Delay)가 상대적으로 아주 길기 때문에 IWU의 집중 제어를 효율적으로 할 수 없다.

### Ⅲ. 기존의 집중 문제 처리 기법

망의 부하에 따른 성능(throughput)의 형태는 어느 지점(A 지점)까지 급속으로 증가하다가 그 지점을 통과하면서 아주 느린 속도로 증가한 후 특정 지점(B 지점)에서부터 갑자기 0으로 추락하는 형태

를 취하고 있다.<sup>7)</sup> 망의 부하가 증가하면서 망의 용량에 가까워지면 부하에 따른 성능의 증가가 멈추는 지점이(A 지점) 있는데 이를 “knee”라고 부른다. 망의 부하가 계속 커지면 큐(queue)의 크기가 커지고 결국 패킷 손실이 발생한다. 성능은 어느 순간 갑자기 0으로 떨어지는 지점이(B 지점) 있는데 이를 “cliff”라고 부른다. 집중 문제의 제어 메커니즘은 집중 제어 기법(congestion control scheme)과 집중 피함 기법(congestion avoidance scheme)으로 나누어 생각할 수 있는데, 집중 제어 기법은 망이 cliff 에서 동작하도록 허용하는 기법이고, 집중 피함 기법은 망이 knee에서 동작하도록 허용하는 기법이다.

### 3.1 타임아웃 기법(timeout-based scheme)

타임아웃 기법은 집중 제어 기법에 기반 한 것으로서 기존의 트랜스포트 프로토콜(예로서 OSI TP4 나 DoD TCP)에서 사용된 기법이다.<sup>8)</sup> 이 기법은 송신자가 패킷을 보낸 후 일정 시간 동안 응답(acknowledgement)이 없을 경우 타임아웃 되어 재전송(retransmission)한다. 그 이유는 패킷이 전송 도중 오류가 발생하여 분실된 경우, 또는 집중된 노드(congested node)를 통과하면서 분실된 경우 등이다. 이 기법은 어느 경우이든지 상관없이 재전송한다. 즉, 패킷 분실을 집중 문제의 좋은 표시자(indicator)로 생각하고 타임아웃이 되자마자 망의 부하를 감소시킨다. 시간이 지난 후에 더 이상의 분실된 패킷이 없으면 망의 부하를 점진적으로 증가시킨다. 예로서 Congestion Using Timeout at the End-to-end layer(CUTE)<sup>9)</sup>은 타임아웃이 되자마자 window를 1로 감소시킴으로써 단 하나의 패킷만을 재 전송시킨다. 시간이 흐르면서 타임아웃 재전송이 발생되지 않을 경우 1만큼씩 계속 증가시킴으로써 결국 원상태로 복귀된다. 기존의 트랜스포트 프로토콜(TCP나 TP4)은 전송로상의 중간 노드에서 오류로 인한 패킷 손실을 처리하기 위하여 타임아웃 재전송 기법을 사용하고 있다. 이것은 주로 패킷

오류에 의한 손실일 경우 가능하지만 집중 문제로 인한 버퍼 초과(buffer overflow)에 의한 손실일 경우 오히려 재 전송된 패킷으로 트래픽 부담을 심화 시킴으로써 집중 문제를 더욱 악화시킬 뿐이다.

### 3.2 집중피하는 1비트 기법(single-bit scheme for congestion avoidance)

이 기법은 집중 피함 기법을 기반으로 하고 있다.<sup>9)</sup> 망 프로토콜(예로서 OSI CLNP나 DoD IP)의 헤더에 1 bit의 플래그, Congestion Indication(CI) 플래그를 사용한다. 전송 도중에 특정 노드가 집중 문제에 걸릴 가능성이 있으면 그 패킷의 헤더에 CI 플래그를 1로 한 후 중단 시스템으로 보내어진다. 중단 시스템에 도착된 CI 패킷은 트랜스포트에게 알리고 트랜스포트의 ACK를 통하여 원천 중단 시스템(source end system)에게 알린다. 원천 중단 시스템은 보내고자 하는 트래픽을 줄임으로써 집중 문제를 처리한다. 이것은 망 프로토콜로부터 명백한 피드백 신호(explicit feedback)를 요구하므로 구조가 서로 다른 이질적인 망에서 사용하기 어렵고, RTD가 상대적으로 길기 때문에 IWU의 집중 문제 처리에 어려운 단점이 있다.

### 3.3 집중피하는 지연 기반 기법(delay-based scheme for congestion avoidance)

집중을 피하는 1비트 기법은 망으로부터 명백한 피드백 신호를 필요로 하는 문제점을 갖고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 암묵적인 신호(implicit feedback)를 사용하는 많은 연구가 진행 중에 있다. 대표적인 예로서 RTD의 변화를 사용하는 기법<sup>10)</sup>이 있다. 이 방법은 망에 부하가 증가되면 될수록 큐의 크기가 증가됨으로 결국 RTD도 길어진다는 성질을 이용한 것이다. 즉, RTD의 변화가 집중 문제의 표시자로 생각하고, RTD가 어느 시간보다 길어지면 집중 문제 처리 메커니즘을 구동시킨다.

#### IV. 망 계층에서의 집중 문제 처리

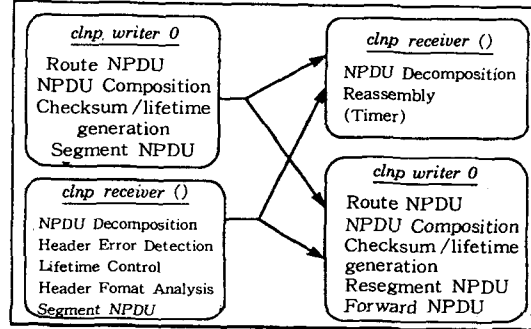
우리는 집중 피함 기법에 기반을 두고, 망 계층에서의 집중 문제 처리를 제안한다. 집중 문제의 처리는 전송중의 어느 노드라도 집중 문제에 걸리지 않도록 망의 부하를 줄이는 것이다. 집중 문제는 지수적으로 증가(exponential grow)되기 때문에 집중 문제에 걸렸을 경우 보다 빠른 응답 시간을 요구한다. 트랜스포트 계층에서의 집중 문제 처리는 종단 시스템 사이의 RTD가 망 계층보다 훨씬 길기 때문에 가능한 망 계층에서 처리하는 것이 좋다. 광통신을 이용한 고속망의 출현으로 망의 품질이 좋아짐으로써 기존의 OSI CLNP의 QoS와 DoD IP의 Type of Service(ToS)는 congestion control 또는 congestion avoidance에 완전히 쓸모 없다.<sup>2)</sup> 왜냐하면 망에서의 패킷 오류에 의한 손실 확률보다 집중 문제에 걸린 노드에서의 손실 확률이 훨씬 크기 때문이다. 또한 High Speed Transport Protocol (HSTP)의 망 프로토콜의 요구 사항<sup>12)</sup>에도 집중 문제 때문에 발생하는 패킷 손실과 이에 따른 rate control의 필요성을 이야기하고 있다. 따라서 망 계층에서의 새로운 집중 문제 해결 방법이 필요하다.

##### 4.1 망 프로토콜의 처리 모델

IWU는 internetworking protocol 접근 방법을 사용한다. 우리는 이러한 프로토콜로서 CLNP<sup>11)</sup>를 선택하였다. CLNP는 하부 망에 상관없이 사용자 데이터를 여러 hop을 경유하여 최종 목적지 시스템까지 전송하는 기능을 갖고, 최종 목적지의 사용자에게 비연결형 네트워크 서비스(CLNS)를 제공한다. 하부 망은 ATM 망과 기존 LAN(예로서 Ethernet이나 FDDI 등)으로 가정한다. 하부망의 기능 및 프로토콜은 일반적으로 보드(ATM 보드 또는 LAN 보드)에 장착되기 때문에 IWU 구조에서의 CLNP는 보드가 제공하는 Application Programming Interface(API)를 이용한다.

우리는 망 계층에서의 집중 문제 처리에 초점을

맞추고 있기 때문에 IWU의 CLNP에서 집중 문제 처리를 다룬다.



〈그림 3〉 망 프로토콜 처리 모델

〈그림3〉은 사용자 데이터를 최종 목적지 시스템까지 전송하기 위한 CLNP 기능적 구조이다. 이것은 IWU 뿐만 아니라 종단 시스템에서의 망 계층을 포함하는 기능이다. CLNP는 clnp-writer(), clnp-reader(), clnp\_receiver(), 및 clnp-sender()등 4개의 process로 분류한다. clnp-writer()는 종단 시스템의 CLNP 사용자(예로서 Transport entity)로부터 데이터의 전송 요구가 있을 경우 Network Protocol Data Unit(NPDU)를 생성하여 보내는 역할을 담당한다. 여기에는 경로 선택(route) 기능, NPDU 구성(composition) 기능, 분할(segmentation) 기능 및 checksum/lifetime 생성 기능 등을 포함한다. clnp\_reader()는 NPDU의 최종 목적지에 도달하였을 경우 Network Service Data Unit(NSDU)의 형태로 CLNP의 사용자에게 전달하는 역할을 담당한다. 여기에는 NPDU 분해 기능과 분할된 NPDU일 경우 원래의 NPDU로 재조립하는(reassembly) 기능 등을 포함한다. clnp\_receiver()는 하부망으로부터 NPDU를 받았을 경우 목적지에 도착했는지를 분석한 후 목적지에 도착하였으면 clnp-reader()에게, 그렇지 않으면 clnp\_sender()에게 보내는 역할을 담당한다. 여기에는 수신한 NPDU가 최종 목적지에 도착되었는지를 검사하기 위하여 NPDU 분해 기능, checksum check 기능, lifetime control 기능

및 헤더 분석 기능 등을 포함한다. `clnp_sender()`는 도착한 NPDU가 최종 목적지가 아니므로 최종 목적지를 찾기 위하여 다시 하부망으로 보내는(중계 기능) 역할을 담당한다. 여기에는 경로 선택(route) 기능, NPDU 구성 기능, 재분할(resegmentation) 기능 및 checksum/lifetime 생성 기능 등을 포함한다. 각 process의 기능이 수행될 때 항상 발생할 수 있는 오류에 대하여 오류 발생시 버리는 기능 및 원천 시스템에게 오류의 원인을 보고하는 오류보고 기능이 있는데 <그림3>에는 포함되지 않았다.

#### 4.2 망 계층의 rate control

집중 문제를 망 계층에서 해결하기 위하여 망 계층 프로토콜의 기능 및 구조를 새로운 각도로 분류하고, 집중 문제를 처리하기 위하여 rate control을 사용한다. 우리는 IWU에서 집중 문제를 해결하기 위하여 rate control을 가진 망계층 프로토콜의 구조를 설계 및 구현한다. sliding window 기법은 표준화된 트랜스포트 프로토콜(예로서 OSI Transport Protocol class 4(TP4), DoD TCP 등)에서 흐름 제어를 위하여 사용되는 기법으로서 종단 시스템의 수신자 버퍼를 보호하기 위한 것으로 볼 수 있다. rate control은 새로 제안되고 있는 트랜스포트 프로토콜(예로서 Xpress Transfer Protocol (XTP), HSTP, NETBLT 등)에서 사용하는 기법으로서, 중간 노드의 버퍼를 보호할 수 있고 집중 문제 처리에 사용할 수 있다. 또한, 이 기법을 망 프로토콜에 적용하는 연구도 진행중이다.<sup>4)</sup>

IWU의 버퍼를 보호할 수 있는 rate control은 3개의 상태 변수 RATE, BURST, RTIMER를 사용한다. 우리는 <표1>에서처럼 BURST를 하부망의 Maximum Transmission Unit(MTU) 크기와 같게 하고, RATE를 최대 전송 속도로 가정하였다. RTIMER 값은 BURST를 RATE로 나눔으로써 <표1>을 얻었다.

rate control은 처음에 오버헤드 때문에 "off" 상태를 유지하다가 특별한 패킷(rate control 시작 패

<표 1> PATE, BURST, RTIMER

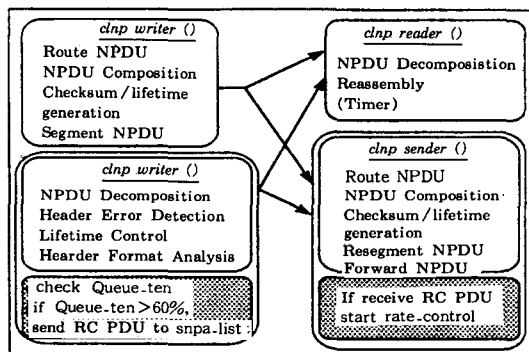
	Ethernet (10Mbps)	FDDI (100Mbps)	ATM (155Mbps)
BURST (bytes)	1500	4500	53
RATE (bytes/sec)	1.25	12.5	19.38
RTIMER (BURST/RATE)	1200	360	2.73

킷)을 받으면 "on"상태로 되면서 제어를 시작하고, RATE 값이 최대 전송 속도에 가까워지면 "off" 상태로 되돌아간다. 임의의 IWU는 자신이 갖고있는 버퍼의 최대 큐 길이를 지정하고, 여러 단계의 threshold 값을 형상 정보를 사용하여 지정할 수 있다. 만약, 임의의 IWU에서 최대 큐 길이의 60% 이상이 되면 집중 문제에 걸릴 가능성이 많아지기 때문에 특별한 패킷을 생성하여 이웃 노드에게 전송한다. 이웃 노드의 결정은 자기와 접속된 모든 노드가 될 수 있지만 큐를 사용하여 10개 노드로 제한한다. 최근에 데이터를 보냈으면 다시 보낼 가능성이 많다고 가정한다. 이웃 노드를 선택하기 위하여 각 노드는 목적지 subnetwork point of attachment(SNPA) 별로 버퍼 관리를 해야한다. 또한, 특별한 패킷은 Rate Control PDU(RC PDU)로 정의한다. RC PDU를 받은 노드는 rate control을 시작한다. RC PDU는 RATE 값과 여러 수준의 제어(multi-level control)를 위한 수준 값을 포함한다. RC PDU는 이웃한 10개 노드로 보내고, 이것을 받았을 경우 rate control의 상태를 "off" 상태이면 "on" 상태로 한다. 현재의 수준 값 보다 큰 값을 받으면(received-level > current-level) 현재의 RATE 값을 반으로 줄임으로써 집중 문제에 걸릴 가능성이 있는 노드들의 트래픽을 감소시킨다.

#### 4.3 망 계층에서의 집중 문제 처리

우리는 망 계층에서의 집중 문제 처리를 위하여 congestion control 개념보다 congestion avoidance

개념을 사용한다. IWU가 집중 문제에 걸렸는 지를 탐지하기 위하여 버퍼 큐 길이(buffer queue length)를 사용하고 그에 따른 여러 수준의 제어(multi-level control)를 할 수 있도록 한다. 망 프로토콜로는 CLNP를 사용하고 집중 문제 처리를 위한 몇 가지 기능을 첨가한다. 우선 여러 수준에 따른 제어를 하기 위하여 rate control과 특별한 패킷을 만들어(RC PDU) 사용하고, IWU의 이웃 노드에게 알린다. 이웃 노드는 최근에 자기에게 보낸 노드이다. <그림4>는 rate control을 CLNP에서 가능하도록 제안한 모델이다.



<그림 4> rate control을 가진 CLNP 모델

#### 4.4 병렬 처리 구현 구조

##### 4.4.1 병렬 처리

IWU에서의 rate control은 IWU의 버퍼 초과 현

상을 방지하기 위하여 수신될 트래픽을 줄이는 접근 방법이다. 그러나, rate control에 따른 오버헤드 때문에 필요한 경우에만 “on” 상태로 한다. 이러한 경우의 수를 줄이고자 IWU를 고속화한다. 또한, IWU를 고속화함으로써 IWU가 집중 문제에 걸릴 확률을 줄일 수도 있다. 이러한 고속화 방법은 좋은 구현 환경(효율적인 프로세스 스케줄링, 타이머 메커니즘, 버퍼 관리 등)에서 구현하는 것이 중요하다. 이러한 방법에는 (Very Large Scale Integration)(VLSI)를 이용하거나 병렬 처리를 하는 경우가 있다. 우리는 IWU 구조상에 병렬성을 가능한 많이 발견하여 최대의 병렬 처리를 수행한다. 첫 번째 이유는 처리 능력의 증가이다. 예를 들어, 한 패킷을 처리하는데 약 1000개 또는 1500개의 인스트럭션이 소요된다고 가정할 때, <표2>에서와 같이 패킷 크기가 53 바이트인 경우에 155 Mbps 대역폭 능력을 갖기 위해서는 약 366 MIPS 또는 549 MIPS 프로세서가 요구된다. 현재 이러한 처리 능력을 갖는 상용 프로세서는 없으며, 만일 병렬 처리를 이용하는 경우 20 MIPS 프로세서를 20 또는 30 개만 이용해도 쉽게 달성할 수 있다. 두 번째 이유는 하드웨어로 구현되는 것 보다 융통성을 갖으며 고속 처리가 가능하다는 점이다.

<표 2> 망 대역폭과 CPU 처리 능력

망 대역폭(bps)	패킷 크기(octets)	패킷당 명령어 갯수	CPU 처리능력(MIPS)
10Mbps(=1.25Mbyte/sec)	1500	1,000 instr.	0.83 MIPS
		1,500 instr.	1.25 MIPS
100Mbps(=12.5Mbyte/sec)	4500	1,000 instr.	2.78 MIPS
		1,500 instr.	4.17 MIPS
155Mbps(=19.4Mbyte/sec)	53	1,000 instr.	366 MIPS
		1,500 instr.	549 MIPS



#### 4.4.2 구현 환경

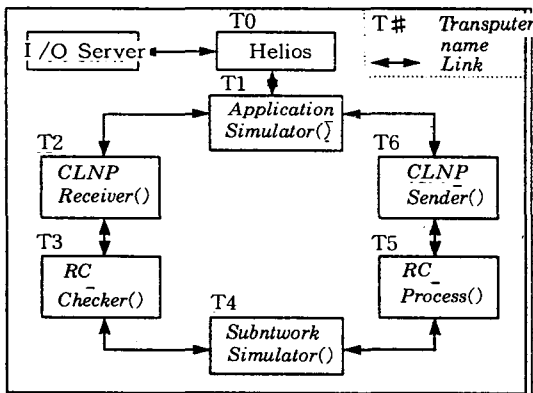
병렬 처리 구현 환경은 Parsytec Computer사의 Transputer를 사용하였다.<sup>13)</sup> 구현 언어는 병렬 프로그램 언어인 Par. C<sup>14)</sup>를 사용하였고, 구현 시스템은 MultiCluster-2(이후에는 MC-2로 부름) 시스템이다. MC-2는 1개의 NCU(Network Configuration Unit)와 16개의 Transputer로 구성되어 있다. 호스트 시스템은 PC를 사용하였고, PC에는 Helios 병렬 운영 체제<sup>15)</sup>가 운영되고 있다.

각 프로세서는 구현자가 원하는 Transputer 망을 구성하기 위하여 resource map을 작성하여 helios에서 컴파일 하면 자동적으로 Transputer 망을 구성한다. 각 프로세서 타입으로 helios와 native 타입이 있다. helios 타입은 helios nucleus가 동작하고, native 타입은 helios의 시스템 라이브러리 없이 동작한다. 본 구현은 native 타입으로서 구성되었다.

Par. C System은 C 언어에 병렬 처리를 위하여 몇 가지 병렬 기능을 추가하였다. "PAR"는 병렬 프로세스를 시작하고(invocation), "CHANNE"은 병렬 프로세스 사이에 통신 수단을 제공하고, "SEND/RECEIVE"는 Transputer 사이의 통신을 제공하고, "SELECT"는 정의된 여러 사건 중에서 첫 번째 사건을 기다린다. 병렬 프로세스 사이에 통신은 동기화되고 버퍼 없는 rendezvous 메커니즘을 이용한다.

#### 4.4.3 IWU의 병렬 구현 구조

IWU의 병렬 구현 구조는 <그림5>와 같이 6개의 Transputer를 이용하여 하나의 IWU를 병렬화 한 구조이다. 하부망(ATM 망과 LAN)은 Application Simulator와 Subnetwork Simulator를 이용하여 시뮬레이션 한다. 예를 들어, <그림2>의 IWU에서 ATM 망은 Application Simulator가 ATM 트래픽을 생성하고, LAN은 Subnetwork Simulator가 LAN의 트래픽을 시뮬레이션 한다. 여기서 Tn은 Transputer 망에서 노드 번호를 의미한다. I/O Server는 helios 운영 체제에서 동작되는 프로그램으로서 Transputer 망을 부팅하거나 재시작 시키고, 모든 Transputer와의 입출력을 수행한다. I/O Server와 연결되어 있는 T0을 Root Transputer라 부르고, T0은 Helios 모드로 동작되고 나머지 Transputer는 Native 모드로 동작된다. T1은 Application Simulator()로서 시험하고자 하는 망의 트래픽을 생성한다. T2는 CLNP-Receiver로서 하부망으로부터 들어오는 트래픽을 받아들이는 프로세스이다. T3는 T2와 병렬로 수행되도록 하고 RC-Checker()에서 큐 길이를 검사한다. T4는 하부망의 시뮬레이터로서 시험하고자 하는 망의 트래픽을 생성한다. T6은 IWU에서 다음 hop으로 트래픽을 전송할 경우 수행되고 동시에 T5의 RC-process()에서 rate control을 수행하도록 한다.



<그림 5> IWU의 병렬 구현 구조

## V. 분석

우리의 모델은 집중 문제 처리를 IWU에서 가능하도록 함으로써 다음의 장점들을 생각할 수 있다. 집중 문제를 가능한 망 계층에서 해결하므로 트랜스포트 수준의 종단 시스템간 제어 보다 중간 노드(IWU) 사이에서의 국부적인 제어가 가능하고, RTD가 상대적으로 빠르기 때문에 기하급수적인 증가(exponential grow)에 보다 빠른 제어가 가능하다. 또한, IWU 집중 문제를 약화시키기 위하여 IWU를 고속화한다. 고속화 방법으로 병렬 처리를

선택하였다. 그럼으로써 IWU가 집중 문제에 걸릴 확률을 줄일 수 있다. 단점으로는 IWU에 rate control 기능을 부가함으로써 그에 따른 오버헤드 문제를 발생시킨다. 우리는 집중 문제에 걸릴 가능성이 있을 때에만 rate control을 하도록 하였다.

IWU의 성능 분석은 시스템에서 제공하는 절대 타이머인 clock()을 사용한다. 즉, 시스템이 실행될 때 타이머가 일정하게 증가되는 데 1초에 15620 tick을 갖는다. 다시 말하면, 1 tick은 64 us를 의미한다. 성능 분석은 IWU 구현 구조에서 rate control을 했을 경우와 하지 않았을 경우, 병렬 처리를 했을 경우와 순서적으로 처리했을 경우로 구분하여 트래픽을 생성함으로써 시험할 예정이다. 또한, 하부망(ATM 망과 LAN)의 트래픽을 분석하여 적합한 시뮬레이터를 작성한 후 시험할 예정이다.

## VI. 결론

ATM 망 기술을 이용하여 고속화된 공중 망(BISDN)이 유용할 때 기존 LAN의 상호 연결과 그들 위에서 동작하는 분산 응용을 위한 서비스는 첫 번째 응용이 될 것이다. 이러한 환경에서 정적인 연동 문제점과 동적인 연동 문제점이 발생한다. 특히, 고속의 BISDN과 저속의 LAN 사이에서 전송 속도의 차이와 불균형적인 부하 때문에 집중 문제가 발생하고 IWU의 버퍼 초과로 인한 패킷 손실이 발생한다. 집중 문제는 기하급수적으로 증가되기 때문에 빠른 응답 시간을 요구한다. 트랜스포트 계층에서의 집중 문제 처리는 종단 시스템간의 RTD가 망 계층보다 훨씬 길기 때문에 망 계층에서 처리하도록 하였다.

본 연구는 IWU의 집중 문제를 망 계층에서 해결하기 위하여 망 프로토콜에 rate control 기능을 부가하는 모델을 제시하였다. 집중제어 개념보다 집중피합 개념을 사용한다. 집중 문제가 걸렸는지를 탐지하기 위하여 버퍼 큐 길이를 사용하고 그에 따른 여러 수준의 제어(multi-level control)를 할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 특별한 패킷(RC

PDU)을 만들어 사용하고, 망 계층의 이웃 노드에게 알린다. 모든 이웃 노드에게 알릴 수도 있지만 큐를 사용하여 최근에 패킷을 보낸 노드의 수를 10개로 제한하였다.

우리 모델의 장점은 집중 문제를 가능한 망 계층에서 해결한 점이다. 망 계층에서의 집중 문제 처리는 IWU 간의 국부적인 제어를 가능하게 하고, RTD가 상대적으로 빠르기 때문에 기하급수적인 증가에 보다 빠른 제어가 가능하다. 또한, IWU 집중 문제를 약화시키기 위하여 IWU를 고속화한다. 고속화 방법으로 병렬 처리를 선택하였다. 그럼으로써 IWU가 집중 문제에 걸릴 확률을 줄일 수 있다.

단점으로는 IWU에 rate control 기능을 부가함으로써 그에 따른 오버헤드 문제를 발생시킨다. 우리는 집중 문제에 걸릴 가능성이 있을 때에만 rate control을 하도록 하였다.

앞으로 연구되어야 할 부분은 하나의 IWU 뿐만 아니라 복잡한 망 환경에서의 복수개의 IWU에 대한 집중 문제 처리 및 성능 분석이 요구된다. 또한, 다양한 하부망의 트래픽을 정확히 분석하고 그에 대한 집중 문제를 유연하게 처리하도록 해야한다.

### ●참고문헌

1. J. De Bie, "ATM-FDDI Interworking in TRIBUNE," 1st Int'l Symposium on Interworking, Nov. 1992.
2. A. Danthine, "Esprit Project OSI 95 : New Transport Services for High-Speed Networking," Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 25, Jan. 1992, pp. 384-399.
3. 김평중 외, "ATM 망과 LAN의 연동 구조에 관한 연구," 전자통신동향분석, 제8권, 4호, 1994, pp. 1-11.
4. C.L. Williamson and D.R. Cheriton, "Loss-Load Curves: Support for Rate-Based Congestion Control in High-Speed Datagram Networks," Proc. SIGCOMM'91, Sep. 1991, pp. 17-23.
5. M. Zitterbart, "High-Speed Protocol Implementations Based on a Multiprocessor Architecture," Proc. IFIP WG6. 1/6. 4 Int. Workshop on Protocols for High

- 
- Speed Networks, pp. 151-163, Zurich Switzerland, May 9-11, 1989.
6. N.Kavak, "LAN Interconnection over B-ISDN (ATM)," 1st Int. Symposium on Interworking, Nov. 1992
  7. V.Jacobson, "Congestion Avoidance and Control," Proc. SIGCOMM'88, Stanford, Aug. 1988. pp. 314-329.
  8. R. Jain, "A Timeout-Based Congestion Control Scheme for Window Flow-Controlled Networks," IEEE JSAC, Vol. SAC-4, No.7, Oct. 1986, pp. 1162-1167.
  9. K.K. Ramakrishnan and R. Jain, "Binary Feedback Scheme for Congestion Avoidance in Computer Networks with a Connectionless Network Layer," ACM Trans. on Computer Systems Vol. 8, No. 2, 1990, pp. 158-181
  10. R.Jain, "A Delay-Based Approach for Congestion Avoidance in Interconnected Heterogeneous Computer Networks," Computer Communication Review, Vol. 19, No. 5, Oct. 1989, pp. 56-71.
  11. ISO 8473, Information Processing Systems-Open Systems Interconnection, Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service, 1988.
  12. ISO/IEC JTC1/SC6 N 7071, Work Description in Support of Enhanced Communication Functions for OSI, Paris, Feb. 1992.
  13. INMOS Ltd., Transputer Reference Manual, Prentice Hall, 1988.
  14. Parsec Developments, Par.C System : User's Manual and Library Reference, Parsec Developments, 1990
  15. Perihelion Software Ltd., The Helios Parallel Operating System, Prentice-Hall, 1991.