

공중망에서의 고속 데이터통신을 위한 동적경로제어 게이트웨이 설계

정희원 허재두*, 강석근**, 주언경**

Design of Dynamic Route Control Gateway for High-Speed Data Communication over Public Networks

Jae Doo Huh*, Seog Geun Kang**, Eon Kyeong Joo** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 공중망 게이트웨이에서 데이터통신의 전송속도를 증가시키기 위한 동적경로제어방식이 제시된다. 그리고 공중망 환경에 적합한 게이트웨이의 새로운 구조를 제안하고 분석한다. 여기서는 게이트웨이 전송경로자원의 효율적인 동적할당과 시스템 호 처리율의 향상을 위하여 가상 큐를 사용하였다. 그 결과, 기존의 고정경로제어에 비하여 제안된 방식은 최대 60%까지 향상된 경로이용율을 나타내었다. 특히 발생 트래픽이 한정된 경우 이 방식은 최소한의 대기시간을 유지하면서도 고속 데이터통신을 제공할 수 있었다. 뿐만 아니라 제안된 방식에서는 트래픽에 따라 호 접속망의 할당주기가 변화되므로 다양한 트래픽이 쉽게 적용된다. 따라서 제안된 동적경로제어에 의한 게이트웨이는 공중망에서의 고속 데이터통신의 응용에 적합할 것으로 사료된다.

ABSTRACT

In this paper, a dynamic route control scheme to increase speed of data communication over public network is presented. And a new structure of gateway which is suitable for the public network environments is proposed and analyzed. For dynamic allocation of transmission routing resources of the gateway and improvement of call processing ratio of the system, virtual queue is used. As results, route utilization ratio of the proposed scheme can be improved up to 60% as compared to the conventional fixed route control scheme. For the case of limited number of routes, it provides high speed data communication while maintaining delay time as low as possible. In addition, as the allocation period at call access node can be varied with the traffic in the proposed scheme, various traffics can be applied easily. Thus, it can be expected that the presented dynamic route control gateway may be suitable for application in high speed data communication over public network.

I. 서 론

음성처리기술과 컴퓨터 응용이 증대됨에 따라 공중망을 통한 데이터통신은 다양한 형태의 정보통신 영역으로 확대되고 있다. 특히 컴퓨터간을 연결하는 네트워킹 기술의 발전으로 전화망을 이용한 데이터

통신 및 인터넷 사용이 급속도로 확산되고 있다. 이러한 추세에 따라 최근 공중망 연동시스템에서 다양한 트래픽을 효과적으로 처리하기 위한 통신자원의 할당방안에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다^[1,2].

음성 위주로 발전된 전화망의 고정된 경로제어방식을 데이터통신에 응용할 경우 서비스의 품질

* 한국전자통신연구원 서비스네트워크연구부

** 경북대학교 전자전기공학부

※ 논문번호 : 00032-0121, 접수일자 : 2000년 1월 21일

(quality of service; QoS)을 보장하기 어렵고 음성과 데이터 회선의 분리사용에 대한 유연성이 부족하며 사용 대역이 제한될 수 있다. 또한, 한번 접속 시 평균 30분 이상 사용되는 인터넷 접속은 통화시간이 3분 정도인 전화망이 수용하기 어려우므로 음성과 데이터를 분리 수용할 수 있는 게이트웨이(gateway) 통신기술이 도입되었다^[3,4]. 게이트웨이는 공중망의 통신 가입자에게 공통된 접속방법을 제공하고 패킷망이나 인터넷 등 데이터 전달망에 연결된 다양한 온라인 정보를 통합하여 연결시켜주는 창구 역할을 한다.

지금까지의 공중망을 통한 데이터통신은 음성통신의 고정된 프레임 구조나 신호방식(signalling)을 사용하므로 접속에 실패하면 다시 한 프레임의 시간을 기다려야 하는 문제점이 있다^[5]. 그리고 기존 공중망에서의 고정경로제어(fixed route control; FRC) 방식은 입력호에 대한 실시간 접속만을 고려하여 설계되었으므로 다수의 통신자원이 이미 사용중일 때 입력호가 자주 차단(call blocking)되는 문제점이 발생한다^[6]. 따라서 공중 통신망에서 데이터 통신 서비스의 품질을 향상시키고 가입자 용량을 증대시키기 위하여 한정된 망의 경로자원을 효율적으로 사용할 수 있는 체계적인 접근방식이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 이동통신에서 자원할당수단으로 사용되는 동적채널할당 개념을 이기종 네트워크 환경의 공중 데이터통신에 적용하여 이를 효율적으로 활용할 수 있는 경로제어 프로토콜을 설계하고 그 성능을 평가한다. 본 논문에서 설계하는 동적경로제어(dynamic route control/ allocation) 방식은 동적채널할당을 통해 다양한 데이터 트래픽을 고속으로 처리하고, 가상 큐(virtual queue) 방식을 사용함으로써 공중망 통신 환경에서도 전체 시스템의 호처리 효율을 높일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 통신망의 구성요소 및 트래픽 특성에 따른 경로제어방식을 분석하고, 지금까지 연구된 경로설정 방식을 간단히 요약한다. 3장에서는 공중망에서의 고속 데이터통신을 위한 설계요소를 분석한 후, 동적경로제어 알고리즘을 설계하고, 4장에서는 그 성능을 수학적 해석과 시뮬레이션을 통해서 평가한다. 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구방향에 대해서 논의한다.

II. 공중 통신망의 경로제어방식

이기종 연동에 의한 데이터 통신망은 가입자와

직접 연결되는 접속망(access network; AN)과 서비스 호스트와 연결되는 전달망(delivery network; DN)으로 그림 1과 같이 구성된다^[6,7]. 데이터통신 가입자는 다이얼-업(dial-up) 혹은 가상채널설정 신호방식에 의해 모뎀 혹은 망중단장치(network terminator; NT)에 사용자망 인터페이스(user-to-network interface x; UNIX) 방식으로 접속된다. 여기서 UNI 프로토콜은 가입자와 통신망간의 접속규격이다. 모뎀과 망중단장치는 UNIW 신호방식으로 접속망과 연결된다. 접속망의 통신망 인터페이스는 신호프로토콜 정보와 가입자 프로파일 및 해당 가입자의 서비스 프로파일을 이용하여 번호번역 기능을 수행한다. 그리고 서비스 호스트가 제공하는 전달망의 통신경로를 선택하고 서비스 이용에 대한 과금처리 기능과 연결된다^[8]. 이때 경로설정은 공중망 교환기의 운용방식에 따라 고정적으로 할당되거나 연동 신호프로토콜을 이용하여 동적으로 할당될 수 있다.

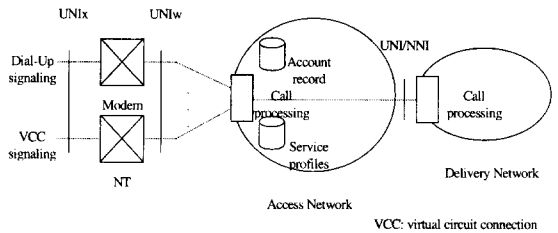


그림 1. 공중 통신망 연동 구성도

공중망의 중계 교환기를 경유하여 게이트웨이로 들어오는 입력호에 대해 경로를 할당하고 해제하기 위한 신호 프로토콜 및 호 처리기능이 접속망에 탑재되어 있다. 따라서 전화망이나 종합정보통신망(integrated services on digital network; ISDN)의 가입자 접속은 접속망과 호를 먼저 설정한 후 패킷망 혹은 인터넷의 전달망과 연결된다. 일반적으로 전화망 가입자는 다이얼-업 신호방식에 의한 모뎀을 통해서 직렬전송에 의해 비동기 방식으로 연결되고 종합정보통신망 가입자는 가상회선접속(virtual circuit connection; VCC)에 의한 망중단장치를 통해서 동기식으로 연결된다. 그리고 백본망(backbone network)과는 스위치 기능의 유무에 따라 UNI-UNI 또는 NNI (network to network interface)-NNI 신호 프로토콜로 동작한다. 여기서 NNI 프로토콜은 접속망과 전달망간의 신호규격이다. 따라서 가입자로부터의 호 설정 요구시 접속망에서는 접속 가입

자의 발신정보 및 선택된 서비스 프로파일 정보를 이용하여 호를 처리하고 경로자원의 할당 여부를 결정한 후 전달망으로 전송한다. 접속망이 단순 회선 집선 기능만 수행하는 경우 과금처리는 백본망에서 수행되며, 스위치 기능을 하는 경우에는 접속망에서 수행된다.

1. 고정경로제어

고정경로제어방식은 가입자의 새로운 입력호에 대해서 통신시스템의 운용상황에 관계없이 차례대로 빈(idle) 통신경로로부터 할당하는 기법이다. 이 방식은 게이트웨이의 빈 채널중 임의영역의 경로가 모두 사용되고 나면 인접영역에서 다시 차례대로 할당한다. 따라서 고정경로제어방식은 게이트웨이에서 사용중인 활성경로(active route)의 수에 관계없이 미리 설계된 경로제어 계획에 따라 통신로가 할당되므로 한번 종단간(end-to-end) 설정된 경로는 트래픽의 변화에 관계없이 지속적으로 유지된다⁹⁾. 고정경로제어방식은 음성 트래픽과 같이 데이터의 발생량이 적은 통신환경에 매우 유용한 경로제어 기법인 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

고정경로제어방식은 통신시스템의 구성에 따라 전송 품질이 변하고, 트래픽 밀도는 경로 수에 따라 결정된다. 그러므로 접속망의 운반트래픽(carried traffic), A_c 가 주어지고 망으로부터 입력되는 호의 차단율이 측정되면 통신시스템에서 처리 가능한 부과트래픽 (offered traffic), S_A 는 다음과 같이 나타내어진다.

$$S_A = \frac{A_c}{1 - P_B} \tag{1}$$

여기서 P_B 는 접속망에서의 호 차단율(probability of call blocking)로, 발생호의 수에 대한 손실된 호의 수 비율이다. 만약 고정경로제어방식에서 손실호의 수가 측정되지 않는 경우에는 호 손실율을 쉽게 구할 수 없다. 따라서 시스템에서 처리되지 않는 호는 없어지는 것으로 가정하면 공중망으로부터 발생하는 호의 수, A 와 통신시스템의 경로 수 N 에 대한 호 차단율은 Erlang-B 공식에 의해 다음과 같이 나타난다¹¹⁾.

$$P_B = \frac{A^N / N!}{\sum_{i=0}^N A^i / i!} \tag{2}$$

여기서 i 는 게이트웨이에 입력되는 가입자 수를

나타낸다. 윗 식(2)는 손실된 호는 없어진다는 가정하에 구하여진 것이다. 지금까지 고정경로제어방식에서는 시스템에 먼저 도착한 입력호에 대하여 게이트웨이의 점유되지 않은 경로 중에서 하나가 할당된다. 그러나 입력호의 초기 설정에서 점유되지 않은 경로가 없으면 그 호는 손실되는 단점이 있다.

2. 동적경로제어

동적경로제어는 가입자의 입력호에 대하여 먼저 시스템에서 사용중인 활성경로를 검색하여 임의의 입력단에서 사용중인 경로 수가 가장 적은 노드부터 호를 할당하는 방식이다. 동적경로제어방식에서는 시스템의 입·출력 부분을 그룹화하여 관리할 수 있는데, 일정단위로 그룹된 것 중의 하나를 노드라고 한다. 따라서 시스템에서는 노드의 부하에 따라 게이트웨이의 사용 대역폭이 최대가 되도록 연결설정을 한다. 그러므로 통신시스템은 노드의 사용 상태에 따라 최적의 전송확률을 제공할 수 있다. 모든 입력호는 시스템의 가상 큐에 의해 관리된다.

게이트웨이에 호 접속 큐를 이용하여 다중 경로를 제어하는 절차는 접속망의 입력단에 가용한 경로가 있으면 우선 할당하고, 그렇지 않으면 호 처리 큐에 일시적으로 저장하였다가 나중에 스위치 노드의 경로를 설정한다. 따라서 먼저 도착된 호는 게이트웨이 내에 현재 사용중인 모든 경로를 재구성한 후 접속망의 지정경로 중 하나가 우선 연결된다. 즉, 모든 가능한 경로를 고려하여 기존의 사용중인 호와 새로운 입력호간의 간섭이 최소가 되도록 경로가 설정된다. 일시 저장된 큐에서 더 이상 경로가 할당되지 않으면 그 호는 강제 종료된다. 이러한 동적경로제어에서 호 접속율 P_Q 는 Erlang-C에 의하여 다음과 같이 구해진다¹¹⁾.

$$P_Q = \frac{A^N / N! (1 - A/N)}{\sum_{i=0}^{N-1} A^i / i! + A^N / N! (1 - A/N)} \tag{3}$$

여기서 N 은 통신시스템의 전체 경로 수를, A 는 공중망으로부터 도착되는 호의 수를, 그리고 i 는 가입자의 수를 나타낸다.

동적경로제어는 입력호의 통계적 다중화 방법을 이용하여 입력 트래픽의 요구에 따라 사용경로의 할당을 변화시킨다. 따라서 가입자의 입력 통신경로는 고정되지 않고 공유되며 실시간으로 할당된다. 그 결과는 시스템의 가입자 관리 태스크에서 수정된다. 그러므로 이 방법은 데이터 트래픽 발생이 빈

변할 때 경로설정의 효율성을 극대화할 수 있고 전송능을 증진시키며 가장 적절한 통신채널을 실시간으로 측정하여 할당함으로써 시스템 자원활용을 최대로 할 수 있다. 그러나 동적경로제어방법은 통신채널의 점유에 따른 시스템의 상태정보를 일일이 관리해야 하므로 고정경로제어방식에 비해 초기 접속 지연이 발생할 수 있다. 특히 동적경로제어방법은 입·출력 트래픽이 많은 경우 관리 노드 수의 증가로 시스템 구성 및 구현 알고리즘이 복잡해지는 단점이 있다.

III. 동적경로제어 설계

본 장에서는 공중 통신망 연동에 의한 데이터통신에서 이용 경로 수에 따라 효율적으로 통신자원을 제공하는 동적경로제어기법을 설계한다.

이기종 망 연동 게이트웨이의 성능에 가장 영향을 미치는 것은 접속제어(access control) 프로토콜이다. 기존의 음성통신 분야에서는 채널의 이용율을 증대시키는 연구가 중심이 되어 왔다. 공중망 연동을 통한 데이터통신에서는 다양한 트래픽에 대한 서비스의 질을 만족시켜야 한다. 이를 위하여 공중망 연동을 위한 통신시스템 설계에서는 다음과 같은 점이 고려되어야 한다^[13].

(1) 공중망을 통한 데이터통신시스템에서는 한정된 자원으로 다중 가입자에게 제공되는 서비스 품질이 보장되어야 한다. 즉, 공중 데이터통신에서의 품질은 정보 전달의 고속성과 정확성, 그리고 사용 프로토콜의 변환기능이 제공되어야 한다.

(2) 고속 데이터 통신망에서는 응용 서비스에 따른 요구사항이 다양하므로 게이트웨이의 사용상태에 있는 경로 수의 순간적인 변화에 동적으로 대응할 수 있어야 한다.

(3) 다양한 트래픽 소스들에 대해 접속지연을 최소화하고 연결 경로 수의 변화에도 거의 일정한 지연을 보장할 수 있어야 한다.

1. 제어기법

음성통신과 달리 공중 통신망 연동 데이터통신에서는 경로자원을 이용자 수에 따라 효율적으로 할당하여 가입자에게 최대의 통신 대역폭을 제공할 수 있는 동적경로제어기법이 필요하다. 게이트웨이에서 자원할당을 고려하지 않은 경로제어기법은 모든 입력호에 대해서 항상 채널이 공평하게 사용되기 때문에 특정 동일 경로가 반복 사용되어 자원의

이용영역이 좁아지는 경향이 있다^[14].

동적경로제어기법을 이용하여 데이터통신의 다양한 서비스를 트래픽 특성에 맞게 수용할 수 있는 멀티서버시스템 구성을 그림 2에 나타내었다.

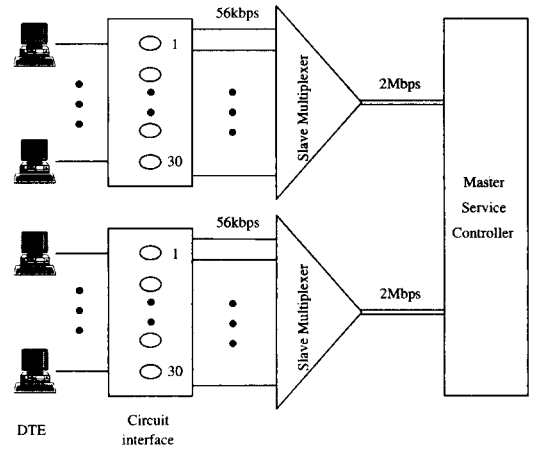


그림 2. 가입자 경로접속 구성도

가입자 경로접속 구성도에서 다이얼업 네트워킹에 의한 가입자 연동을 처리하는 회로연결부(circuit interface)는 다중 가입자 접속을 위해 중계선의 타임슬롯 수와 일치하는 수만큼 경로를 제공한다. 그러므로 그림 2의 예에서 가입자 접속모듈의 제공 경로 수는 30의 배수가 된다. 접속 데이터 단말(data terminal equipment; DTE)은 모뎀이나 망종단 장치의 기능을 포함한다. 회로 연결부와 다중화기(slave multiplexer) 간은 56 또는 64kbps의 직렬방식으로 연결되고 다중화기와 서비스 제어부(master service controller) 간은 HDLC(high level data link control) 프로토콜의 자기 주소(self address) 탐지방식으로 연결된다. 그리고 입력호의 효율적 경로자원 할당을 위해 서비스 제어부와 다중화기간은 시스템에서의 중앙 집중식 제어가 가능한 주종(master-slave) 관계에 의한 프로세서간 통신(inter processor communication; IPC) 방식으로 연결된다.

공중망을 통해 입력된 호는 주(master) 서비스 제어기의 통제에 따라 가입자 접속 모듈 중의 한 포트 할당되고 해당 포트가 연결된 종(slave)의 다중화기로 통신로가 정해진다. 이때 회로 연결부와 종다중화기 사이의 통신대역은 공중 통신망의 선택에 따라 가입자 당 최소 56k 혹은 64kbps가 된다. 따라서 지정된 종다중화기와 주서비스 제어기간의 대역폭은 1.68M 혹은 1.92Mbps가 필요하므로 실제

시스템에서는 2Mbps를 할당한다. 주서비스 제어기와 종다중화기 프로세서간의 IPC 통신대역폭은 사용 DTE의 속도에 따라 결정된다. 따라서 단일 주서비스 제어기로 트래픽의 변동에 대해 미리 접속망의 할당예약 주기를 변화시킬 수 있으므로 공중망 환경에 적용될 수 있다.

2. 동적경로제어 구조

현재 공중망에서 고려될 수 있는 고속 데이터통신 서비스를 트래픽 특성에 맞게 수용할 수 있도록 동적경로제어 알고리즘을 설계한다. 이때 망 접속 모듈간 통신은 그림 3에 나타난 프로토콜 데이터 유닛(protocol data unit; PDU)를 이용한다.

게이트웨이는 각 경로 할당을 위한 기본 파라미터로서 PDU 파라미터를 사용한다. 각 PDU는 플래그(flag)로 구분되며 접속망의 응답(AS Ack) 옥텟(octet)으로 가입자 망이 확인되고, 시스템 식별(System-ID) 옥텟으로 연동 게이트웨이가 결정된다. 그리고 가입자 모뎀과의 프로토콜 협상을 위해 조정절차(Training sequence)를 거친 후 발신 가입자의 번호(User_ID)를 저장한다. 이때 PDU의 중요성을 고려하여 순환잉여검사(cyclic redundancy check; CRC)를 할 수 있다.

다양한 데이터통신을 위한 다중 입·출력 게이트웨이의 경로제어는 일반 음성서비스의 교환보다 복잡하다. 게이트웨이의 주된 기능은 가입자 혹은 호스트로부터 정보를 받아 목적 호스트 혹은 가입자로 데이터를 전달하는 것이다. 일반적으로 통신망에서 채널을 할당하는 경로는 여러 가지가 있기 때문에 주어진 기준에 따라 가장 좋은 경로를 선택해야 한다. 여기서 고려되는 주요 기준은 경로의 홉(hop) 수와 지연시간 및 처리율 등을 들 수 있다. 이러한 기준들을 고려하여 최대 대역폭을 제공할 수 있는 고속 경로를 찾는다.

동적경로제어를 위한 게이트웨이의 시스템 구조는 그림 4와 같다. 여기서 Ch는 가입자 입력호를 나타낸다. 먼저 경로선정방침(route policing)은 호 접속 방식에 따른 가입자 신호가 게이트웨이에 입력되면 우선 링 검출(ring indication) 후 경로제어기(route controller)에 전송하는 기능을 한다. 그러나 링 검출에 실패하면 호 접속에 관한 통계정보만

메모리에 기록하고 종료처리 한다. 접속에 성공한 입력호는 각 경로로 입력될 때 링 정보에 따라 경로 제어기를 거쳐 서비스 큐(SVCq)에 일시적으로 저장된다. 이때 입력정보는 전화망의 가입자 채널신호방식(R2)에 의하여 경로 제어기로 전송되고, 해당 경로가 사용중임을 나타내는 화중신호(busy signal)를 가입자 채널정보와 함께 서비스 태스크에 전달한다. 그리고 서비스 큐에 입력된 데이터는 게이트웨이의 서비스 태스크(task)인 S1, S2, Sn에 의해 독립적으로 처리된다.

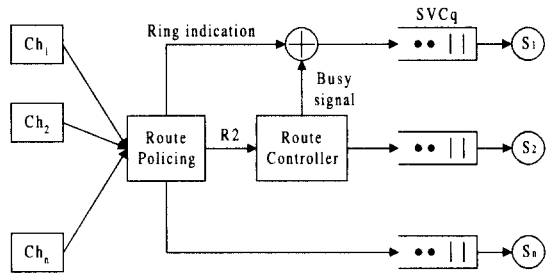


그림 4. 게이트웨이의 호처리 구조

동적경로제어 구현을 위한 효율적인 설계기법은 이동 홉의 수가 적고 게이트웨이의 입·출력 여유 용량이 큰 경로를 선택하는 것이다. 이때 게이트웨이의 입·출력에 대한 대기행렬 지연시간을 예측하여 이동 홉의 수가 적은 경로를 선택하는 것이 바람직하다. 이를 위하여 본 논문에서는 고속 데이터통신의 특성상 입·출력 여유 용량이 큰 경로를 우선적으로 선택하도록 하였다. 이는 공중망 연동의 지연시간이 이동 홉의 수에 의존적이며 고속 데이터통신의 트래픽이 단시간에 집중적으로 발생할 수 있으므로 대기행렬 지연시간의 예측을 위한 통계적 방법이 이러한 특성과 일치하지 않을 수도 있기 때문이다.

설계된 동적경로제어기법은 경로 제어기가 모든 입력호에 대한 정보를 가지고 배정하는 중앙 집중식이다. 임의의 소스로부터 입력된 데이터는 게이트웨이의 이웃 노드로 전송되고, 수신 노드는 데이터가 들어온 노드를 제외한 모든 이웃에게 전달한다. 이때 각 노드는 게이트웨이 내에서 데이터가 무한히 재전송되는 것을 방지하기 위하여 전송되는 데

Head flag	AS Ack	System_ID	Training sequence	User_ID	CRC	Tail flag
-----------	--------	-----------	-------------------	---------	-----	-----------

그림 3. 경로할당 PDU

이더 패킷에 예상 경로를 첨부한다. 경로범위를 벗어난 패킷은 게이트웨이에서 자동적으로 폐기된다.

게이트웨이의 동적경로제어 모델을 그림 5에 나타내었다. 동적경로제어 시스템은 모듈단위로 설계하기 위하여 접속망의 입력경로, 내부 스위치의 논리 경로 및 전달망의 출력경로의 3단으로 구성된다. 여기서 ANi(access network node)는 (nxk) 용량의 공중망 연동을 위한 가입자 접속노드이고, SWi (switch network node)는 (rxr)의 게이트웨이 입·출력 스위치노드이며, DNi(delivery network node)는 (kxn) 개의 전달망과 연동되는 서비스 호스트의 전달노드이다. 따라서 3단 경로제어 게이트웨이는 (nxn) 개의 전체 경로 가운데 사용되지 않고 있는 임의의 경로를 설정한다. 그리고 입·출력단의 n, k, r 파라미터는 게이트웨이의 동적경로 설정 범위의 물리적 경로 수를 나타낸다. 이때 입·출력 경로는 최대 n으로 동일하고, 내부 연결 경로 수 r은 입·출력단의 트래픽 운용 및 확장성을 고려하여 논리적으로 할당된다. 3단 경로제어 시스템은 입·출력 모듈에 대해 대칭적으로 구성된다.

3단 제어에 의한 동적경로할당과정은 다음과 같다. 먼저 접속망의 접속노드는 임의의 가입자 호 설정요구에 대해 수락여부를 결정한 후, 수락된 호는 데이터 링크계층의 HDLC 프로토콜을 사용하여 직렬방식으로 내부 스위치노드와 전달노드에 연결된다. 이때 스위치노드의 논리채널은 게이트웨이에 할당된 대역폭에 따라 가변적으로 사용된다. 스위치노드는 접속노드와 전달노드간의 중계를 위한 각 논리채널의 설정 및 해제기능을 수행한다. 3단 경로가 설정된 호는 가입자 및 서비스 호스트에 의해서만 종료된다. 공중망의 경우 3단 경로제어기법은 중간단에 있는 스위치노드 중 가장 많이 사용되는 노드를 우선적으로 사용한다. 따라서 3단으로 구성된 통신시스템에서의 경로제어기법에서는 접속노드에서 트래픽부하가 클수록 더 높은 순위로 논리채널이 할당되므로 부하가 적은 모듈이 새로운 연결요구를 일시적으로 수용할 수 있는 유희경로 수가 증가될 것으로 기대된다.

게이트웨이는 공통적으로 구성된 큐를 이용하여

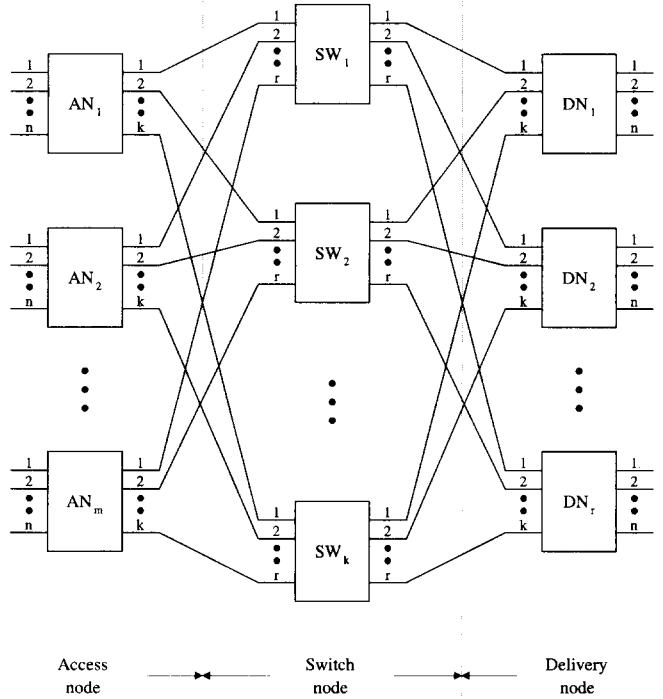


그림 5. 3단 동적경로제어 모델

모든 입력호의 경로를 할당한다. 큐에 의한 동적경로제어에서는 분산된 접속노드 대신에 스위치노드에 경로가 할당된다. 이러한 큐는 스위치노드가 연결될 때, 즉 공중망으로부터 게이트웨이로 경로제어 파라미터가 전달될 때 동작한다. 그러므로 스위치노드가 연결될 때마다 접속노드에 있는 데이터가 전달노드로 전송되며 데이터의 경로정보는 공통의 큐에 저장된다.

IV. 성능분석 및 고찰

제안된 동적경로제어방식의 성능을 분석하기 위한 모의실험을 수행하였다. 이를 위하여 공중 통신망의 게이트웨이 입력단에서 사용상태에 있는 경로 수를 추정한 식 (3)을 기초로 각 경로의 부하는 일정하다는 가정 하에 트래픽의 변화 파라미터를 적용하였다. 여기서 실시간 운용체제를 지원하는 VRTX(versatile real time executive) 환경의 SUN 워크스테이션을 게이트웨이로, 펜티엄 프로 200(Windows 95)을 가입자 플랫폼으로 사용하였으며, 프로그래밍 언어는 C를 사용하였다.

통신로의 동적할당을 위한 3단 경로제어방식의

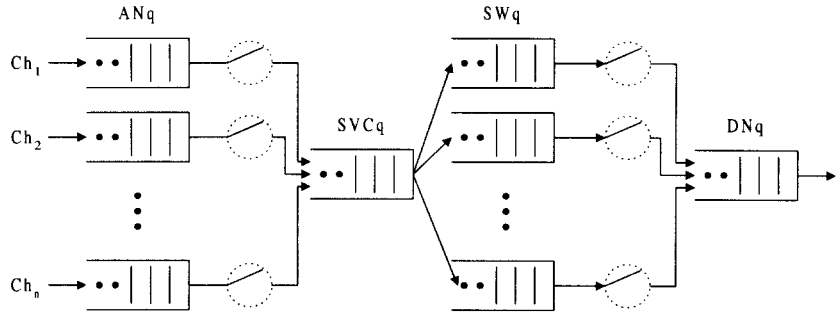


그림 6. 큐를 이용한 동적경로제어 구조

게이트웨이 구조는 그림 6과 같다.

여기서 공중망으로부터 전달되는 다중 가입자의 발신정보에 대한 큐를 이용하여 게이트웨이에 적용함으로써 모든 연결경로에 대한 서비스의 공평성을 제공할 수 있도록 하였다. 이는 분산된 큐로 인하여 일어나는 불공평한 제어를 접속노드의 큐(ANq)로 호가 들어 올 때마다 하나의 공통된 서비스 큐(SVCq)가 전달노드의 큐(DNq)로 선입선출(first-come first-serve; FCFS) 시키는 기법이다. 따라서 이로 인한 게이트웨이에서의 제어부하나 자원소모는 매우 미미하므로 무시할 수 있다. 그리고 성능분석을 위해 사용되는 파라미터는 가입자 연결을 위한 게이트웨이 입력단의 경로 수, 내부 스위치의 논리적 연결을 위한 채널 수 및 서비스 호스트와 연결되는 출력단의 총 경로 수만을 고려한다. 경로 수 추정을 위한 시험 조건은 표 1과 같다. 여기서 게이트웨이로 입력되는 호 발생 수는 공중 통신망의 유한 소스로 포아송분포를 따르고 게이트웨이에서의 트래픽 처리는 지수분포를 갖는다고 가정한다.

표 1. 사용 경로 수 추정을 위한 모의실험 파라미터

Parameter	Test a	Test b	Test c
n	1~30	1~60	1~100
k	0~ $n/2$	0~ $n/2$	n
r	n	k	k

사용 경로 수 추정을 위한 시험 a에서는 동적 경로제어방식을 사용하는 공중 통신망 게이트웨이의 사용상태에 있는 연결된 수를 구한다. 게이트웨이의 이용 가능한 경로는 접속노드의 경우 1에서부터 최대 30개까지 반복적으로 변경되도록 하고, 스위치노드의 논리채널은 최대 $n/2$ 까지 무작위로 선택되도록 하였다. 그리고 전달노드는 최대 입력호의 수 만큼

이다. 여기서 경로 수, n 은 실제 공중망 환경에서 다중 가입자 접속용량으로 사용되는 중계선의 타임 슬롯(time slot) 수와 같다. 스위치 노드의 논리채널 수 $n/2$ 은 하나의 접속노드에 다중 가입자가 동시에 연결되었을 때 게이트웨이의 최대 통신 대역폭을 가입자에게 제공하기 위한 임계값으로 사용된다. 그리고 각 입력호에 대한 게이트웨이의 경로설정을 위한 경쟁확률은 서비스의 공평성을 제공하기 위해 동일하다.

시험 b에서는 가입자가 밀집된 지역에서 사용 상태에 있는 연결의 수를 구하기 위하여 시험 a와 동일한 스위치노드의 논리채널 수를 유지하면서 n 을 2배로 증가시켰다. 여기서 k 는 스위치 노드의 국부 변수로 접속노드의 경로설정 요구 시에 한번 생성되었다가 호 해제시 그 값은 복귀된다. 그리고 시스템내의 경로 수는 실제 공중망과 같은 환경으로 만들기 위하여 매 시험마다 다중 트렁크의 배수로 하였다. 즉, 입력 값은 최소 30 가입자와 최대 60 가입자 사이의 값으로 변한다.

마지막으로 시험 c에서는 보다 실제적인 동적 경로제어의 효과를 분석하기 위하여 공중 데이터 통신망 환경에서 게이트웨이의 입력 경로 수를 최대가 되도록 하였다. 즉, 스위치노드는 경로 시험 b로부터 입력호의 수가 최대 100을 초과하지 않는 경우에 대해 논리채널을 생성하며 출력단의 경로 수 만큼 할당한다. 시험 c에서의 임의 가입자 호 발생에 의한 연결경로 수는 10부터 100까지 반복적으로 변하면서 무작위로 선택되도록 하였다.

각 시험에서 입력되는 호의 수 변화에 대한 차단은 그림 7에 나타내었다. 게이트웨이에 기본적으로 입력되는 경로 수를 10으로 하였고, 시험 a, b, c에서의 최대 제공 경로 수는 각각 30, 60, 100이다.

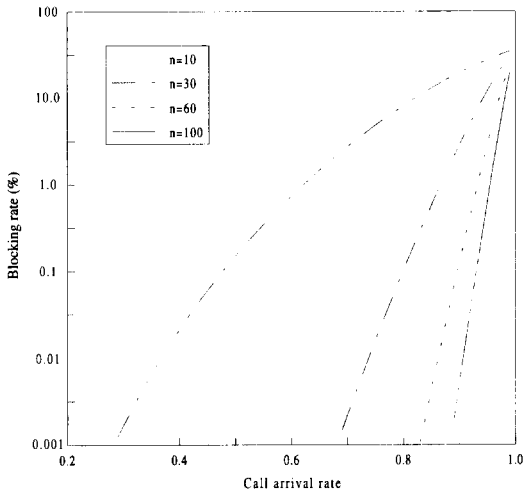


그림 7. 호 도착 수의 변화에 따른 차단율

공중망으로부터 게이트웨이에 도착하는 호의 수 변화에 대한 호 차단율은 다음과 같다. 여기서 공중망으로부터 임의적으로 발생된 호의 수가 통신시스템의 접속노드에 일정한 시간동안 도착된 호의 수를 게이트웨이에 대한 도착율이라 한다. 일정 시간 동안 접속노드에 도착되는 호 도착율이 0.8 이하인 경우 입력 호의 수 $n=10$ 에 대한 차단율은 10% 이하로 나타난다. 따라서 이 경우에는 대체로 호 도착율의 변화와 무관하게 공중 데이터 통신망에서 만족스러운 호 차단율을 얻을 수 있다. 그러나 입력호의 수가 30개 이상으로 증가하면 하나의 접속노드에서는 동적제어 가능한 논리채널의 활용범위를 넘게 된다. 단위시간당 호 도착율이 0.7 이상이면 게이트웨이 접속노드의 호 차단율이 급격히 상승되는데, 이때 동적제어에 의한 모든 트래픽의 호 차단율은 최대 50% 이내로 유지된다. 따라서 입력 호의 수가 10인 경우 하나의 접속노드에 1% 이하의 호 차단율을 만족하기 위한 호 도착율은 단위시간당 0.6 이하, 30인 경우 0.8 이하, 그리고 60 이상인 경우 0.9 이하여야 한다. 그리고 호 도착율이 0.8 이상이면 10% 정도의 호 차단율은 발생된다. 실제 공중 통신망에서 10% 정도의 호 차단은 통신로 및 호 접속에 대한 오류로 기인한다. 표 1의 경로 수 추정을 위한 하나의 접속노드에 수용 가능한 최소 경로 수를 30으로 하였으므로 입력호의 수가 60, 100인 경우 동적경로제어에 의해 호 도착율이 0.9 이하이면 약 5% 이하의 호가 차단된다. 그 결과 입력호의 수가 증가하더라도 시스템에서의 호 차단율의 영향은 점점 작아짐을 알 수 있다.

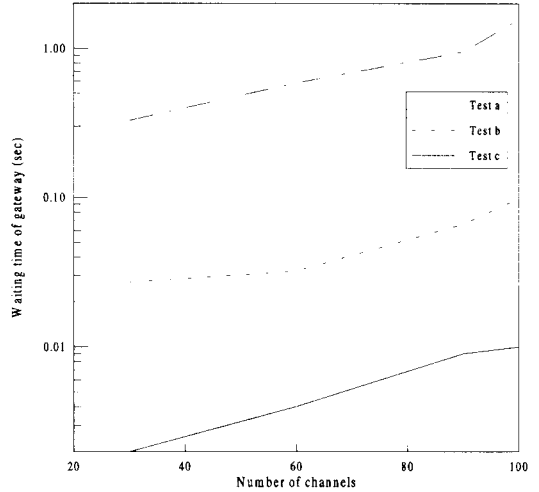


그림 8. 가입자 수에 대한 대기시간

연결 경로 수 증가에 의한 동적경로제어의 호 접속 대기시간의 변화는 그림 8에 나타난다. 시험 a의 경우 동적경로제어에 의한 대기시간은 사용 중인 채널 수가 30~90까지는 약 100msec 단위로 증가하였고, 90 가입자 이상의 접속에서는 약 1초 이상 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 게이트웨이에 남아 있는 경로 수에 비해 과도한 경로배정을 위한 알고리즘 수행 때문에 걸리는 시간으로 판단된다. 한편 시험 b에서는 가입자 수가 60 이하인 경우 20~30msec 정도의 호 접속 지연이 발생되며 80 이상인 경우에는 40msec 이상 지연되며, 이후 접속되는 호는 100msec까지 급격히 증가하였다. 이러한 접속지연 현상은 천이율이 높은 트래픽에 대해 사용 경로 수의 증가로 인하여 경로의 초기상태에서 통신 준비상태로의 정확한 동적 추정이 짧은 시간에 이루어지지 않아서 나타나기 때문이다. 그러나 실제 공중망 게이트웨이에서 동적경로제어에 의한 100msec 정도의 호 접속 지연시간은 데이터통신의 다양한 소스에 대해 제약 없이 적용할 수 있다. 그리고 시험 c는 가입자 수 n 에 대해 충분한 접속노드의 수가 제공되므로 n 이 90개까지는 약 9msec까지 점차적으로 지연시간이 증가하지만, 이후 입력되는 최대 100개까지의 동적경로제어에 의한 할당시간은 10msec 이상 증가하지 않는다.

따라서 대기시간에 대한 모의실험 결과 한정된 접속노드의 개수에 따라 최대 지연시간이 1초 이하인 경우 필요 경로 수는 30개가 되고, 100msec 이내인 경우에는 60개, 그리고 10msec 정도의 짧은 지연시간이 요구되는 경우 경로 수는 100개가 준비된

다면 최단 시간의 전송지연을 유지하면서 입력 과부하 상태를 피할 수 있음을 나타낸다. 그러므로 공중 통신망의 동적경로제어방식에서 게이트웨이의 사용 경로 수를 나타내는 파라미터인 접속노드의 사용경로의 부하 상태에 따라 경로의 개수를 조정하는 기법이 요구된다.

고정경로제어방식에 대한 경로이용 결과는 그림 9에 나타내었다. 여기서 경로이용 결과는 게이트웨이의 임의 접속노드에 대한 채널사용의 빈도수를 나타낸다. 분석 결과 비교적 호 발생율이 낮은 경로 수가 10인 경우 게이트웨이의 전체 경로이용율은 5% 이하로 낮게 나타났다. 그리고 발생 호의 수가 30인 경우에 대한 게이트웨이의 경로이용율은 전체적으로 5% 이하였고, 동시에 발생하는 호수가 100인 경우에만 5%를 약간 상회하였다. 발생하는 호수가 60인 경우 게이트웨이의 사용채널이 증가하더라도 전체 경로이용율은 약 5% 정도이고, 이후 발생하는 호는 100개까지 약 10% 정도로 약간 높게 이용되는 것으로 나타났다. 마지막으로 발생 호의 수가 100인 경우 30개까지의 이용율은 5% 이하이고, 60개 이후부터 이용율은 급격하게 증가하여 최대 22.5% 정도 사용되는 것으로 분석되었다. 고정경로제어방식에서는 대부분의 경로가 10% 이하로 이용되었고, n=100인 경우라도 최대 25% 미만의 이용율을 나타냈다. 특히 고정경로제어방식은 주어진 경로 수가 60개 이하인 경우 전체 경로이용율은 10%를 넘지 않는 것으로 분석되었다. 이는 시스템 자원이 균형 있게 사용되지 못하고, 데이터통신과 같은 고속을 요하는 분야에서는 자원이용의 효율성이 떨

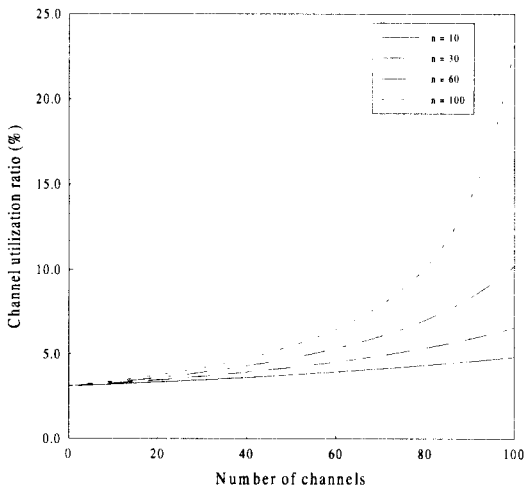


그림 9. 고정경로제어방식에서 가입자 수에 대한 경로이용율

어지는 결과를 초래한다. 또한 편중된 자원활용으로 인하여 단위 시간당 연결상태에 있는 경로의 수가 많아지면 게이트웨이의 접속 한계치에 도달하기 쉽고, 결국 이용 가능한 경로가 감소되므로 시스템이 불안정한 상태로 될 수 있다.

동적경로제어에서의 경로이용율은 그림 10에 나타내었다. 경로시험 a의 경우 동적제어에 의해 호 입력율을 조정하는 게이트웨이의 통신로 제어방식이 최소 20% 이상 경로를 사용하는 것으로 나타나므로 고정제어방식에 비해 낮은 호 차단율을 가짐을 알 수 있다. 이에 대한 이유는 고정경로제어방식에서 경로 수의 증가에 따라 지연시간이 증가되는 것을 억제하기 어려우므로 순간적인 입력호의 증가로 인하여 시스템이 불안정한 상태로 변할 수 있기 때문이다. 따라서 연결 경로의 수가 많아질수록 동적 경로제어에서의 경로이용율은 높게 나타난다. 시험 a의 경우 게이트웨이에 주어진 경로 수가 30이므로 경로이용율은 가입자 수에 비례하여 22%에서 38%로 증가한다. 그리고 시험 b와 c의 경우에도 가입자 수의 증가에 따라 각각 35%에서 57%, 65%에서 95%까지 경로이용율이 증가되는 것으로 나타났다.

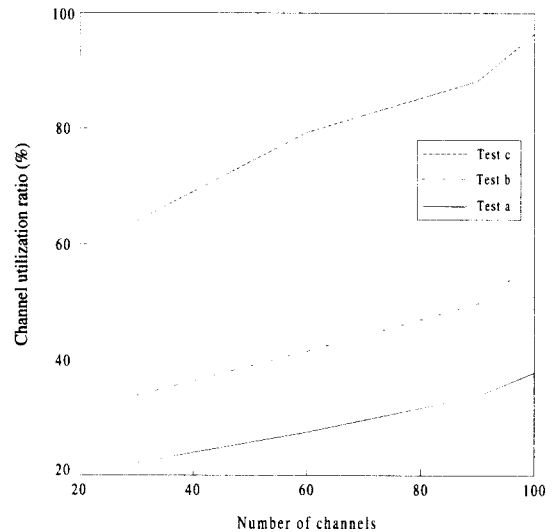


그림 10. 동적경로제어방식에서 가입자 수에 대한 경로이용율

입력 트래픽을 일정한 틀에 따라 처리하는 고정 경로제어방식이 동적경로제어방식보다 성능이 열화되는 현상은 중앙집중형태의 경로제어기에만 호 처리를 의존함으로써 전체 통신로의 상태를 경로할당에 적절히 반영하지 못하여 유휴경로가 있음에도 불구하고 지정된 경로만 사용하기 때문에 발생된다.

따라서 고정경로제어방법은 트래픽의 발생율이 낮고 총 연결경로의 수가 한정된 시스템에의 응용에 적합한 것으로 분석된다. 그러나 시스템에 접속된 경로 이용상태에 따라 적절하게 할당하는 동적경로제어기법은 게이트웨이의 전체 자원을 효율적으로 활용하고, 연결 경로 수의 증가에 대해서도 접속지연이 적은 장점이 있다. 이러한 결과는 게이트웨이의 경로 선점에 대한 알고리즘이 동적으로 시스템의 최적 상태에 적응하여 다중 가입자 접속시 발생할 수 있는 시스템의 불안정 상태를 미연에 방지하고, 가입자 증가에 따른 접속노드의 경로의 병목상태를 제거하기 때문이다. 반면에 동적경로제어방식으로 수행되는 게이트웨이는 실시간으로 모든 경로상태를 검색한 후 호 설정하므로 접속지연이 순간적으로 증가할 수 있고, 각 입력 호에 대한 메모리 관리기법이 요구되므로 구현이 복잡해지는 단점이 있다. 따라서 시스템에 접속된 경로상태에 따라 새로운 입력호의 경로를 선점하는 동적경로제어방식은 이기종 네트워크에 의한 게이트웨이 자원을 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결론

지금까지의 데이터통신은 음성통신의 고정 프레임이나 고정된 신호방식을 사용하므로 한번 호 접속에 실패하면 재시도하여야 하는 문제점이 있다. 또한 기존 경로제어방식은 음성 호에 대한 실시간 접속만을 고려하여 설계되었기 때문에 공중망 데이터통신에서 시스템 자원의 점유시간이 긴 경우 새로운 입력호가 자주 차단되는 문제점이 발생한다. 따라서 공중망에서 데이터통신의 서비스 품질을 향상시키기 위해서는 한정된 경로자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있는 체계적인 접근방식이 필요하다. 본 논문에서는 공중망 연동을 통한 이기종 네트워크 게이트웨이에서 고속 데이터통신을 효율적으로 제공하기 위한 동적경로제어 알고리즘을 설계하고 분석하였다.

기존의 고정경로제어방식과는 달리 본 논문에서 설계된 경로제어방식은 새로운 입력호에 대해 사용 중인 활성경로를 검색하여 임의의 입력단에서 사용 중인 경로 수가 가장 적은 노드에 호를 할당한다. 이때 각 노드의 부하를 검사하여 입력호에 대한 게이트웨이의 사용 대역폭이 최대가 되도록 연결이 설정된다. 또한 설계된 동적경로제어기법은 통신망으로부터 입력되는 지정 호에 대해 별도의 호 처리

를 위한 가상 큐를 게이트웨이에 도입하여 가입자의 경로 이용상태에 따라 시스템의 최소 이용영역을 우선 할당하는 방식이다.

게이트웨이의 대기시간에 대한 모의실험 결과 공중망 데이터통신에서 접속시간이 1초 이하로 요구되는 경우 필요 경로 수는 30개이고, 100msec 이내인 경우 60개, 그리고 10msec 이내로 짧은 경우 100개 정도로 판단되었다. 그리고 경로이용율에 대한 실험 결과 고정경로제어방법에 비하여 주어질 경로 수가 30 이하이면 16% 정도, 60 이하이면 30% 정도, 그리고 100 이하이면 60% 정도 개선되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동적경로제어 알고리즘으로 시스템의 최적상태에 적응하여 다중 가입자 접속시 발생할 수 있는 불안정한 상태를 예방하고 가입자 증가에 따른 접속노드의 병목상태를 제거하기 때문인 것으로 분석된다.

따라서 동적경로제어기법은 게이트웨이에 채널여유가 없는 경우 경로사용에 대한 유연성을 증가시킬 수 있으므로 입력호에 대한 차단율을 감소시키는 장점이 있다. 특히 게이트웨이의 중간 스위치 노드에서 트래픽의 변동에 대해 미리 접속망의 할당 주기를 변화시킬 수 있으므로 다양한 데이터 트래픽에 적용할 수 있다. 그러나 동적경로제어방식으로 수행되는 게이트웨이는 실시간으로 모든 경로상태를 검색한 후 호 설정하므로 접속지연이 발생할 수 있고, 모든 입력호에 대한 메모리관리가 요구되므로 구현이 복잡해지는 단점이 있다. 그리고 인터넷 트래픽과 같이 단시간에 집중적으로 호가 발생하는 데이터통신을 지원하기 위해서는 다양한 트래픽 파라미터를 고려한 동적경로제어방법에 대한 연구가 향후 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] F.D. Priscoli, N.P. Magnani, and V.P. Palestini, "Application of dynamic channel allocation strategies to the GSM cellular network", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-15, no. 8, pp. 1558-1566, Oct. 1997.
- [2] L.G. Anderson, "A simulation study of some dynamic channel assignment algorithms in a high capacity mobile telecommunications system", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-22, no. 4, pp. 210-217, Nov. 1973.
- [3] T.J. Kahwa, N.D. Georganas, "A hybrid

- channel assignment in large-scale, cellular-structured mobile communication systems”, *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-26, no. 4, pp. 432-438, Apr. 1978.
- [4] M. Zhang, “Comparisons of channel-assignment strategies in cellular mobile telephone systems”, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-38, no. 4, pp. 211-215, Nov. 1989.
- [5] B. Eklundh, “Channel utilization and blocking probability in a cellular mobile telephone system with directed retry”, *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-34, no. 4, pp. 329-337, Apr. 1986.
- [6] J.D. Huh, K.P. Jun, and E.K. Joo, “Implementation of Multi-stage controlled PSTN-PSDN communication processing system”, in *Multimedia Communication and Technology*, V.W.S. Chow, Ed., Springer, Singapore, 1996.
- [7] A. Emmanuel, “A network backplane for heterogeneous multicomputers”, *ACM SIGOPS Operating System Review*, vol. 23, pp. 205-216, Apr. 1989.
- [8] D.S. Bruce, “The architecture and implementation of high-speed host interface”, *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-11, no. 2, pp. 228-239, Feb. 1993.
- [9] H.J. Chao, “Design of transmission and multiplexing systems for broadband packet networks”, *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-16, no. 9, pp. 1511-1520, Nov. 1998.
- [10] I.I. Makhamreh, N.D. Georganas, and D. McDonald, “Approximate analysis of a packet switch with finite output buffering and imbalance correlated traffic”, *Proc. IEEE Int. Conf. Commun.*, Tokyo, Japan, vol. 2, pp. 1003-1007, Aug. 1994.
- [11] 양승택, 전화교통공학, 하이테크정보, 1993. 5.
- [12] 홍용표, 허재두, 이진, “통신처리시스템의 호처리 용량 모델링 및 분석”, *Proc. KICS*, vol. 22, no. 11, pp. 2381-2387, 1997.11.
- [13] P.G. Harrison, *Performance Modeling of Communication Networks and Computer Architectures*, Addison-Wesley, New York, 1992.
- [14] G. Bianchi, “C-PRMA: Centralized packet reservation multiple access for local communications”, *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol. VT-46, no. 2, pp. 422-435, May. 1997.
- 허재두(Jae Doo Huh) 정회원
1987년: 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1990년: 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학석사)
1996년 3월~현재: 경북대학교 공과대학 전자공학과 박사과정
1987년 2월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
<주관심 분야> Data Communication Systems, Networking protocol, Network QoS
- 강석근(Seog Geun Kang) 정회원
1988년: 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1993년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1984년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1993년~1994년: 국방과학연구소 연구원
1999년~현재: 경북대학교 공과대학 전자전기공학부 재직(연구교수)
<주관심 분야> Digital Communication Systems, Signal Processing for Communication, Mobile Communications
- 주언경(Eon Kyeong Joo) 종신회원
1976년: 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1984년: 미국 Ohio State University 전기공학과 졸업(M.S.)
1984년: 미국 Ohio State University 전기공학과 졸업(Ph.D.)
1976년~1979년: 해군통신전자 기술장교
1979년~1982년: 한국과학기술원 연구원
1987년~현재: 경북대학교 공과대학 전자전기공학부 재직(교수)
<주관심 분야> Digital Communication Systems, Coding and Decoding, Digital Signal Transmission and Reception