

피드백제어를 이용한 차등 서비스 모델의 성능 분석

백 운 송[†] · 양 기 원^{**} · 최 영 진^{***} · 김 동 일^{****} · 오 창 석^{*****}

요 약

다양한 QoS 지원을 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 차등 서비스 모델은 각종 트래픽들에 대해 사용자의 요구와 지불 의향에 따라 차별화된 서비스를 제공한다. 트래픽의 군집들을 처리함으로써 서비스 모델과 망 관리적인 측면에서 지나치게 복잡하지 않으면서 차별화된 서비스의 요구를 만족할 수 있는 좋은 확장성을 갖는 메커니즘이다. 본 논문에서는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델을 정의하고, 제어 절차를 제시한 후 이 모델의 성능을 분석하였다. 실험결과 기존의 차등 서비스 모델의 경우 망 폭주 발생시 UDP 트래픽과 같은 비적용형 트래픽이 TCP 트래픽과 같은 적용형 트래픽 보다 자원을 불공평하게 많이 점유하였으나, 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델은 거의 비슷한 수준으로 자원을 공평하게 공유하였으며, 어느 정도 폭주 발생의 예측이 가능하여 폭주 발생을 미연에 방지할 수 있었다.

키워드 : 차세대 인터넷, 차등 서비스, 트래픽 제어

Performance Analysis of Differential Service Model using Feedback Control

Woon-Song Baik[†] · Gi-Won Yang^{**} · Young-Jin Choi^{***} · Dong-il Kim^{****} · Chang-Suk Oh^{*****}

ABSTRACT

In order to support various QoS, IETF has proposed the Differentiated Services Model which provides discrimination service according to the user's requirements and payment intention for each traffic characteristic. This model is an excellent mechanism, which is not too complicated in terms of the management for service and network model. Also, it has scalability that satisfies the requirement of Differentiated Services. In this paper, We define the Differentiated Services Model using feedback control, propose its control procedure, and analyze its performance. In conventional model, non-adaptive traffic, such as UDP traffic, is more occupied the network resource than adaptive traffic, such as TCP traffic. On the other hand, the Differentiated Services Model using feedback control fairly utilizes the network resources and even prevents congestion occurrence due to its ability of congestion expectation.

Key word : Next Generation Internet, DiffServ, Traffic Control

1. 서 론

다양한 QoS(Quality of Service)지원을 위해 IETF에서는 차등 서비스 모델을 통한 인터넷 확장을 추진하고 있다[1, 2]. 차등 서비스 모델은 각종 트래픽들에 대해 사용자의 요구와 지불 의향에 따라 차별화된 서비스를 제공하는 방식으로 [3, 4], 트래픽의 군집들을 처리함으로써 서비스 모델과 망 관리적인 측면에서 복잡하지 않으면서 차별화된 서비스의 요구를 만족할 수 있는 확장성을 갖는 메커니즘이다. 그러나 폭주 발생과 같은 특정 환경에서 차등 서비스 모델은 요구되는 서비스 품질을 달성하기에 어려우며 불공평한 상황을 야기할 수 있다[5-7].

이러한 차등 서비스 모델의 문제점들을 해결하기에 효율

적인 QoS 보장 및 불공평성을 제거할 수 있는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

본 논문에서는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델을 정의하고, 제어 동작 절차를 제시한 후 이 모델의 성능을 분석한다. 성능 분석을 위하여 네트워크 시뮬레이터인 ns2를 사용한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 차등서비스 모델에 대해 구조적 측면에서 기술한다. 3장에서는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 지원 방안에 대해 기술한다. 4장에서는 실험을 통해 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델과 기존의 차등 서비스 모델의 성능을 비교 분석하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 차등 서비스 모델

IETF에서는 서비스 모델과 망 관리적인 측면에서 차별

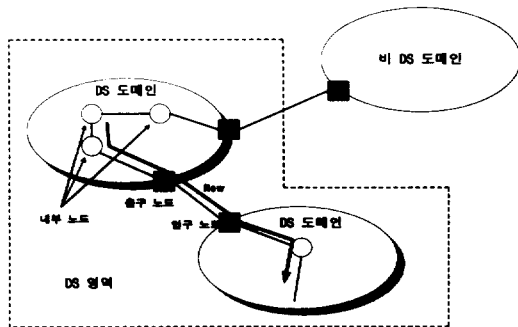
† 정 회 원 : LG전자정보통신 중앙연구소 차세대통신 연구원
 ** 정 회 원 : (주)랜백 중앙연구소 선임연구원
 *** 정 회 원 : (주)뉴레카 정보통신연구소 책임연구원
 **** 정 회 원 : 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과
 ***** 정 회 원 : 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
 논문접수 : 2000년 7월 13일, 심사완료 : 2001년 1월 3일

화된 서비스 요구를 만족시킬 수 있는 접근 방법으로 차등 서비스 모델을 제안하고 있다. 차등 서비스 모델은 IP 헤더의 TOS 영역을 개선한 DS 영역을 이용하여 구현되나, DS 영역의 비트 할당은 종래의 TOS 영역 할당값을 변경한 새로운 DSCP (Differentiated Services CodePoint) 영역 6비트를 규정하고 있다[8,9].

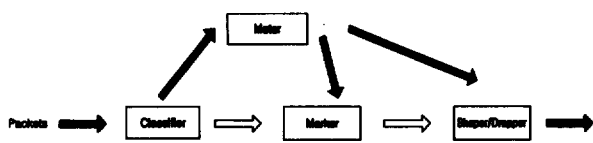
2.1 차등 서비스 모델의 구조

차등 서비스 모델이란 사용자들의 요구와 지불 의함에 따라 사용자들이 다른 서비스 품질을 얻을 수 있도록 한다는 것을 의미한다. 차등 서비스 모델의 구조는 망으로 들어가는 트래픽을 망의 경계에서 감시하는 것과 차등의 BA(Behavior Aggregate)로 할당되는 것에 기반 한다. 각 BA는 단일 DS 코드포인트에 의해 식별되며 코어망 내에서 패킷들은 DS 코드포인트에 관련된 PHB에 기반해서 포워딩된다.

차등 서비스 모델의 구조는 (그림 1)과 같은 단순한 모델을 기반으로 한다[10, 11].



(그림 1) 차등 서비스 모델의 구조



(그림 2) 트래픽 감시 기능의 구조

이 모델은 망으로 들어오는 트래픽을 망의 경계에서 감시하고 서로 다른 처리 집단으로 할당하는 것이다. 각 처리 집단은 단일 DS 코드포인트로 인식되며 코어망에서는 패킷을 이 코드포인트와 관련한 PHB (Per-Hop Behaviors) 방식에 따라 포워딩한다. 차등 서비스 모델에서의 트래픽 감시 기능은 (그림 2)와 같이 classifier, meter, marker, shaper, dropper와 같은 5개의 구성 요소로 구성된다[12]. 그러나 패킷 스트림은 일반적으로 classifier 먼저 통과한 다음 TCA(Traffic Conditioning Agreement)에서 정의된 프로파일과 일치하는지를 meter에 의해 측정된다. 프로파일을 위배한 패킷은 TCA에서 기술된 규칙에 따라 마킹되거나

나 셰이핑된다. 패킷이 DS 입구 노드의 트래픽 감시 기능을 떠날 때, 각 패킷의 DS 필드는 DS 도메인에서 지원되는 PHB 그룹에 의해 정의된 DS 코드포인트 중 하나로 반드시 설정되어야 한다.

(그림 2)에 도시한 개념적인 트래픽 감시 기능을 구성 요소별로 알아보면 다음과 같다.

- Classifier : 입력 트래픽의 공통 수신 기능을 수행하고 이들 DS 필드의 코드 포인트에 따라서 해당 트래픽 조절 기능으로 패킷을 전달하는 기능을 수행한다.
- Meter : classifier가 TCA에서 기술된 트래픽 프로파일에 따라 선택된 일련의 패킷들에 대한 트래픽 특성을 측정하는 기능을 하며, 각각의 패킷이 in-profile인지 혹은 out-of-profile인지에 따라 다른 트래픽 감시 기능 구성 요소를 요구하게 된다.
- Marker : 패킷의 DS 필드를 특정 코드포인트로 설정하여 마킹된 패킷을 특정 DS 처리 집단에 추가할 수 있게 한다. 또한 도메인간의 협정에 의한 코드포인트의 사상하거나 트래픽 미터에서 out-of-profile 인 패킷에 대해 정책에 따른 마킹을 하는 기능을 수행한다.
- Shaper/dropper : 하나의 트래픽 스트림내의 일부 또는 모든 패킷들을 지연시킴으로써 해당 스트림을 자신과 관련된 트래픽 프로파일에 일치시키는 기능을 수행하며 지연 패킷을 유지하기에 버퍼 크기가 충분하지 않다면 패킷을 폐기한다.

트래픽 감시 기능은 한 DS 도메인에 있는 DS 경계 노드에 의해 수행된다. 이를 통하여 어떤 DS 도메인으로 들어가는 트래픽이 TCA에서 규정된 규칙을 따르고 있는지를 확인하며, 내부 라우터에서 트래픽이 PHB에 근거한 포워딩 처리를 위한 준비를 수행한다.

각 DS 경계 노드와 내부 노드는 해당 도메인에서 지원되는 PHB 그룹에 의해 정의된 DSCP에 근거해서 패킷을 포워딩 할 수 있어야 한다. 또한 DS 경계 노드는 연결되는 DS 도메인과 동등 계층 도메인 사이에서 TCA에 의해 정의된 트래픽 감시 기능을 수행할 수 있어야 한다. 내부 노드는 DSCP의 변경과 같은 제한된 트래픽 감시 기능을 수행하게 된다. 트래픽은 DS 입구 노드에서 DS 도메인으로 들어가는데 이때 DS 입구 노드는 DS 도메인으로 들어가는 트래픽이 자신의 도메인과 자신이 연결된 다른 도메인들 사이의 협정인 TCA를 따르는지를 확인한다. 두 도메인 사이의 TCA에 따라 DS 출구 노드는 동등 계층 도메인으로 포워딩되는 트래픽을 감시하는 기능을 수행하고 트래픽은 DS 출구 노드를 통해 DS 도메인을 빠져나간다.

PHB는 DS 노드가 특정 DS 처리 집단에 적용하는, 외부적으로 관찰 가능한 포워딩 처리를 나타낸다. PHB는 DS 라우터에서의 코드포인트 값에 따라서 처리한다. 코드포

인트는 PHB 값과 1:1로 매핑되어 PHB의 수행을 결정한다. 이러한 코드포인트를 DS 필드 내에서 어떻게 할당할 것인지와 코드포인트의 마킹에 따른 PHB 매핑에 대해서는 아직 표준화가 이루어지지 않았으며 현재 활발히 논의중인 사항이다.

2.2 차등 서비스 모델의 문제점

최근의 연구결과에 의하면 현존하는 차등 서비스 모델은 다양한 상황에서 불공평성과 비효율적 자원활용의 문제점을 가질 수 있으며 이로 인하여 요구되는 QoS 제공이 어려울 수 있다[5-7]. <표 1> 은 여러 가지 상황하에 있는 문제점들을 정리한 것이다.

<표 1> 차등 서비스 모델의 문제점

상황	문제점
여분의 대역폭 이용가능할 때	비적용형 흐름들이 대부분의 대역폭 차지
대역폭 부족	비적용형 흐름들이 유리
서로 다른 Round-trip-time	짧은 round-trip-time을 갖는 흐름들이 유리
폭주발생	비적용형 흐름들이 대부분의 대역폭 차지 대역폭의 비효율적인 이용

몇몇 형태의 호 수락 제어 메커니즘이 불공평하고 비효율적인 자원의 공유 문제들을 다소 해결할 수는 있으나 완벽하게 해결할 수는 없다. 불공평하고 비효율적인 자원의 공유 문제들은 동적인 망 부하와 용량에서 비롯되기 때문에 더 많은 버퍼를 할당하거나, 더 빠른 링크 및 견고한 호 수락 제어 정책의 제공과 같은 정적 방안으로는 해결되지 않는다.

일반적으로 이러한 문제점들의 원인으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 코어 망 내부에서 개별 흐름의 구분 불가
- (2) 차등 서비스 망 경계에서 동적인 제어 불가
- (3) 망 상태 반영에 있어서 전달계층 프로토콜에만 의존

이러한 문제점을 개선하기 위해, 경계 라우터가 주기적으로 망의 코어 노드로부터 정보를 얻어 자신의 트래픽 조정자를 갱신하는 동적인 제어 메커니즘이 요구된다. 망 내로 들어오는 트래픽에 대하여 좀더 세밀한 제어가 입구 노드에서 이루어 질 수 있으므로, 망의 코어 노드에서 더 효율적인 자원 공유가 이루어진다. 또한 동적인 제어 메커니즘을 채택함으로써 효율적 트래픽 폭주 제어뿐만 아니라 트래픽 및 자원 관리가 가능할 것이다.

3. 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델

본 장에서는 차등 서비스 모델의 불공평하고 비효율적인 자원 공유 문제점을 해결하기 위한 피드백 제어를 이용한

차등 서비스 모델에 대하여 기술한다.

3.1 구조

피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델은 현재의 망 상태 정보를 얻기 위해 입구 노드가 주기적으로 망의 내부 노드 및 출구 노드를 조사하고, 망으로 들어오는 트래픽에 대한 좀더 세밀한 제어를 하기 위해 망 정보를 이용하여 입구 노드들이 자신의 트래픽 조정자를 갱신한다.

모델의 구조를 기능적인 측면에서 입구 노드, 내부 노드 및 출구 노드로 분류하여 살펴보면, 먼저 입구 노드에서는 차등 서비스 도메인으로 들어오는 트래픽이 도메인의 서비스 제공 정책에 따라서 TCA에 명시된 규약을 준수하는지의 여부를 모니터링하기 위해 일반적으로 트래픽 조정 기능을 수행한다. TCA가 재협상 가능하지만 일반적으로 정적인 협약이기 때문에 흐름이 일단 받아들여지면 TCA로부터 얻어진 트래픽 프로파일은 고정된다. 도메인의 상태에 적용하여 동적으로 트래픽 조정 기능을 수행하는 ATC(Adaptive Traffic Conditioner)의 역할은 다음과 같다.

- (1) 정상 상태인 경우, ATC는 기존 차등 서비스 모델에서의 TC (Traffic Conditioner)와 동일한 기능을 수행
- (2) 도메인 내에 여분의 자원이 이용 가능할 경우, ATC는 트래픽 흐름이 여분의 자원을 공정하게 공유할 수 있도록 정책 적용 기능을 수정
- (3) 폭주가 발생하는 경우, ATC는 개별 트래픽 흐름들의 서비스 저하에 있어서 공평성을 보장해 주어야 한다. 이것은 개별 흐름들의 트래픽 프로파일을 공정한 방법으로 엄하게 적용함으로써 가능
- (4) 모든 ATC 기능들은 차등 서비스 도메인의 동적인 변화에 따라 제어가 가능해야 한다. 그러므로 입구 노드는 보고된 정보를 통합하여 적절한 ATC 기능을 수행할 수 있는 능력을 갖고 있어야 한다.

일반적으로 ATC의 목적은 어떠한 망 부하 상황하에서도 트래픽이 TCA에 명시된 규율을 준수하고, 가용 자원들을 공평하게 공유할 수 있도록 해주며, 폭주 발생을 효과적으로 제거해 주고, 도메인 내의 자원들을 효과적으로 활용할 수 있도록 해주는 것이다. 이러한 목적을 실현하는 한 방법은 기존의 TC를 추가의 트래픽 프로파일을 갖도록 확장하는 것이다. 원래 트래픽 프로파일은 TCA내에 정적으로 명시되기 때문에 시간의 변화 및 망의 동적인 변화에 부합하지 못하나 추가의 프로파일은 제어에 의해 도메인의 상태에 따라 갱신될 것이다.

기존의 TC에서와 마찬가지로 추가의 프로파일을 준수하지 않는 패킷은 웨이핑 되어 프로파일을 준수하게 될 때까지 지연되거나 폐기 혹은 DS 필드 값을 특정 코드 포인트로 재 마킹하게 된다. 그리고 피드백 제어를 이용한 차등

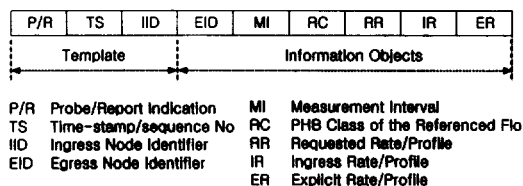
서비스 모델의 입구 노드는 ATC 기능 외에도, 차등 서비스 도메인으로부터 망 정보를 모으는데 이용되는 제어 패킷인 probe를 생성하여, 제어 매커니즘에 따라 흐름 혹은 경계 노드에 기초하여 연결된 내부 노드에 probe 패킷을 보낸다.

다음으로 내부 노드에서는 기본적인 패킷 포워딩 기능 뿐만 아니라, 부하 감시 기능을 수행한다. probe/report 패킷을 수신하고, 이 패킷의 정보를 현재의 망 부하 정보로 갱신하여 연결된 다른 노드로 전송한다. 그리고 출구 노드에서는, 인트라 도메인 제어인 경우 수신한 probe 패킷을 참조하여 report 패킷을 구성한 후 입구 노드로 되돌려 보낸다. 상대방 도메인으로 포워딩 되는 트래픽에 대하여 출구 노드는 두 도메인간의 세부적인 TCA에 따라 트래픽 조정 기능을 수행하게 되며, 이러한 경우 ATC 기능들이 출구 노드에 포함된다.

3.2 제어 패킷 생성 및 처리

3.2.1 제어 패킷 포맷

제어 패킷은 (그림 3)과 같이 템플릿 부분과 정보 객체 부분으로 구성된다. 템플릿 부분은 모든 가능한 매커니즘에 공통인 정보 필드로 구성되며, 정보 객체 부분은 망 제공자에 의존적인 필드이다.



(그림 3) 제어 패킷 포맷

제어 패킷에 의해 전달될 수 있는 제어 정보의 종류는 다음과 같이 분류될 수 있다.

- (1) 표시기의 종류: 내부 노드로부터 어떤 정보가 수집될 것인가를 나타낸다. 즉, 단순히 폭주가 발생했는지 여부를 나타내는 이진 플래, 순간 혹은 평균 버퍼 수준 또는 측정된 부하 값과 같게 될 수도 있고, 버퍼 성장률, 전체 부하의 변화율과 같은 값이 될 수도 있다.
- (2) 피드백 종류: 입구 노드로 어떤 형태의 정보가 피드백 되는지를 나타낸다. 즉, 이진 플래, 비율 또는 토큰의 형태일 수 있다.
- (3) 정밀성: 측정이 얼마나 세밀하게(PHB 클래스 단위, PHB 단위, 포트 단위) 행해지는지를 나타내며, 얼마나 자주 측정이 수행되는지를 의미한다.
- (4) 방향성: 정보가 어떤 방향으로 모아지는가를 나타낸다. 일반적으로 입구 노드에서 출구 노드로의 순방향으로 정보가 수집되나, 특별한 경우 역방향 혹은 양방향으로

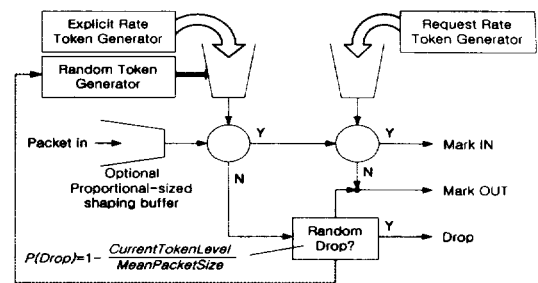
정보가 수집될 수 있다.

3.2.2 제어 절차

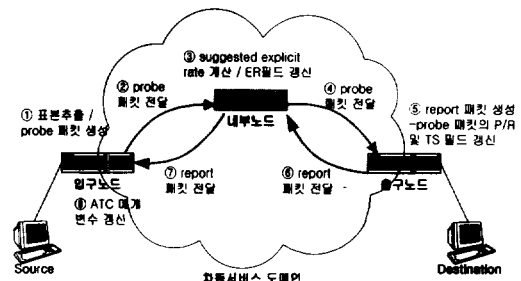
제어 절차는 다음과 같다.

- (1) 도메인 경계의 입구 노드는 주기적으로 망으로 들어오는 흐름을 표본 추출해 군집된 흐름 당 하나의 probe 패킷을 생성 전달한다. 이 probe 패킷은 DS 바이트를 CF-DSCP로 재 표시하는 것 외에는 표본 추출된 데이터 패킷과 같은 헤더 정보를 운반한다. probe 패킷의 데이터 영역은 흐름에 대한 정보가 채워진다.
- (2) 도메인 내부의 모든 노드에서 CF-DSCP로 표시된 패킷을 수신하면, 먼저 probe 패킷에 의해 운반된 정보를 이용하여 suggested explicit rate를 계산한 후 이것이 probe 패킷의 ER 필드값 보다 작은 경우 ER 필드값을 대체한다. 갱신된 probe 패킷을 다음 노드로 포워딩 시킨다.
- (3) 출구 노드에서 probe 패킷을 수신하면 report 패킷을 생성하여 probe 패킷의 IID 필드에 표시된 입구 노드로 되돌려 보낸다. report 패킷은 probe 패킷의 P/R 필드와 TS 필드의 내용이 갱신된 것만 다르고 수신한 probe 패킷과 동일하다.
- (4) 마지막으로 입구 노드에 report 패킷이 도착하면, 이에 상응하는 ATC 매개변수가 갱신된다. TCP 흐름에 대해 광역 동기화 문제를 극복하기 위해, soft random discard 라는 매커니즘을 이용한다. (그림 4)는 soft random discard를 이용한 적응형 트래픽 프로파일러를 묘사한 것이다.

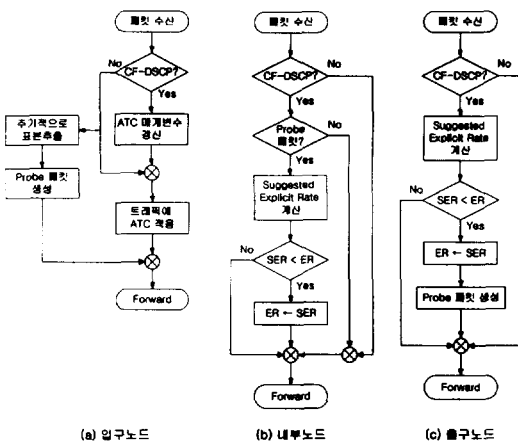
지금까지 기술한 제어 매커니즘을 도시하면 (그림 5)와 같으며, (그림 6)은 이에 대한 흐름도이다.



(그림 4) soft random discard 방식 적응형 트래픽 프로파일러



(그림 5) 제어 매커니즘



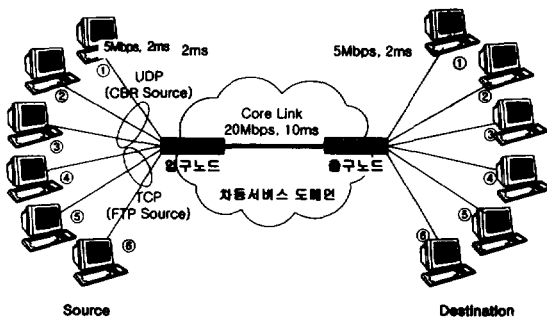
(그림 6) 제어 메커니즘의 흐름도

4. 실험 및 결과 고찰

본 장에서는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델 성능 분석을 위해 ns(network simulator)를 이용해 기존의 차등 서비스 모델과 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델 대하여 가상의 망을 모델링한 후, QoS 보장 능력을 비교 분석하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제시한 메커니즘을 시뮬레이션 하기 위하여 (그림 7)과 같이 망을 구성하였다. 망 구성은 트래픽을 생성하는 송신 단말과 이를 수신하는 수신 단말, 트래픽 조절을 수행하는 입구 노드와 트래픽을 전달하는 출구 노드로 구성하였다. 단말과 차등 서비스 도메인의 노드간은 5Mbps의 대역과 2ms의 지연을 갖는 링크로 연결되며, 도메인 내부의 노드간은 20Mbps의 대역폭과 10ms의 지연을 갖는 링크로 연결되어 있다고 가정하였다.



(그림 7) 망 구성도

트래픽 소스는 3개의 CBR 트래픽을 UDP 프로토콜을 통해 송신 단말 1~3이 송신하며, 3개의 FTP 트래픽을 TCP 프로토콜을 통해 송신 단말 4~6이 송신한다. 그리고 이 트래픽을 수신 단말 1~6이 각각 수신한다. 시뮬레이션에 적용한 기본적인 가정 사항은 다음과 같다.

- 망의 단순화를 위해 내부 노드는 없으며, 입구 노드와 출구 노드로만 차등 서비스 망을 구성하였다.
- 입구 노드와 출구 노드의 기능을 완전히 구분하여 입구 노드에서 출구 노드로의 단방향 전송만 이루어진다.
- 송신 단말에서는 자신이 이용 가능한 모든 대역폭을 이용해 트래픽을 전송한다.
- 트래픽에 대한 DSCP 값은 트래픽이 생성되어 IP 패킷으로 캡슐화 될 때 세팅 된다.
- 트래픽 프로파일은 정적으로 초기화되어진다.
- PHB 그룹은 다음과 같이 네 가지로 구성하였다.

PHB 그룹	우선순위
FC(Feedback Control) PHB	↑ High ↓ Low
EF(Expedited Forwarding) PHB	
AF(Assured Forwarding) PHB	
BE(Best Effort) PHB	

피드백 제어 메커니즘에 대한 세부적인 시스템 구성 조건은 <표 2>와 같다.

<표 2> 시스템 구성 조건

Functionality	Configurations	
Overall	Control	Intra-domain control
	Fairness Criterion	Proportional fairness
ATC	Traffic Profile	Token bucket based
	Dropping	Adaptive with soft random discard
Probing/Reporting	Info type (Probe)	Per-PHB-class based, averaged measured load (Exponential averaging)
	Info type (Report)	Explicit rate feedback
	Temporal Resolution	Time based periodicity
	Spatial Resolution	Per-egress-node based
	Identification/Forwarding	CF-DSCP/CF-PHB (CF~Control Forwarding)
	Data Collection	Single passforward direction

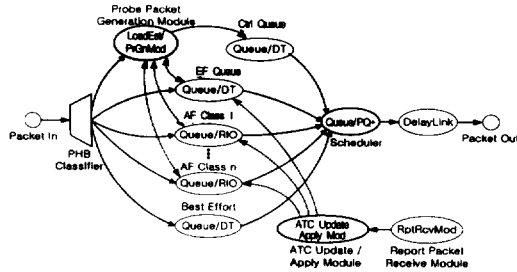
4.2 시뮬레이션 모델

차등 서비스 도메인 내의 각 노드에 대하여 공통적으로, DSCP 값을 참조하여 트래픽 특성에 맞는 PHB 그룹으로 분류하는 PHB 분류자와 각각의 PHB 그룹에 대하여 서로 다른 큐잉 기법을 적용할 수 있도록 CBQ (Class Based Queue)를 이용하였으며, 스케줄러로 CBQ/ WRR (Class Based Queue/Weighted Round Robin) 및 PQ(Priority Queuing)를 이용하였다[13-14].

4.2.1 입구 노드

망으로 들어오는 모든 트래픽에 대하여 트래픽 감시 기

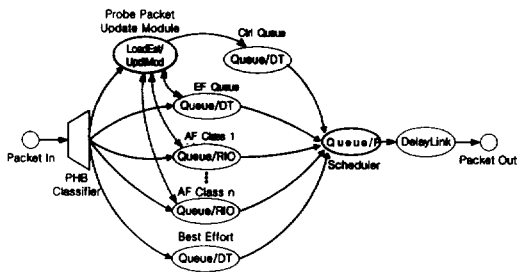
능을 수행하는 트래픽 meter와 probe 패킷을 생성하는 모듈로써 LoadEst/PrGenMod를 정의하였으며, 현재의 망 상태에 대한 정보를 담은 report 패킷을 수신한 후 이 정보를 이용하여 maker/shaper 기능을 수행할 수 있도록 제어해주는 ATC Update/Apply Mod를 정의하였다. (그림 8)에 입구 노드의 구조를 도시하였다.



(그림 8) 입구 노드의 구조

4.2.2 내부 노드

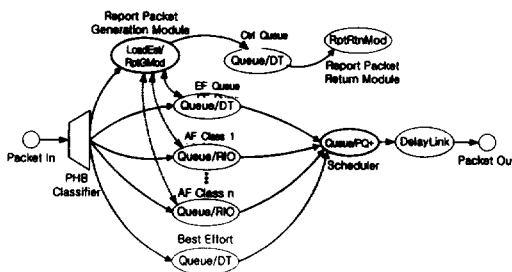
현재의 망 상태를 측정하고 이를 바탕으로 probe 패킷의 정보를 갱신해주는 모듈로 LoadEst/UpdtMod를 정의하였다. (그림 9)에 내부 노드의 구조를 도시하였다.



(그림 9) 내부 노드의 구조

4.2.3 출구 노드

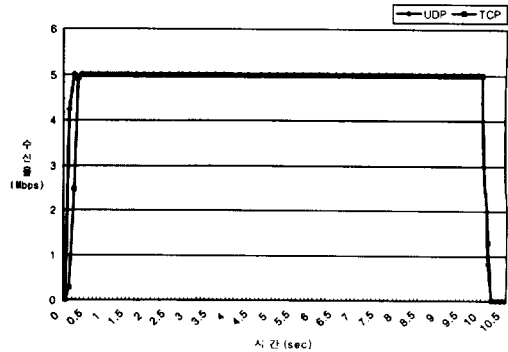
내부 노드와 같이 현재의 망 상태를 측정하고 이를 바탕으로 probe 패킷의 정보를 갱신해주며, 이 패킷을 report 패킷으로 변화 환하하는 모듈인 LoadEst/RptGnMod를 정의하였고, 생성된 Report 패킷을 입구 노드로 되돌려 보내는 기능을 수행하는 RptRtnMod 모듈을 정의하였다. (그림 10)에 출구 노드의 구조를 도시하였다.



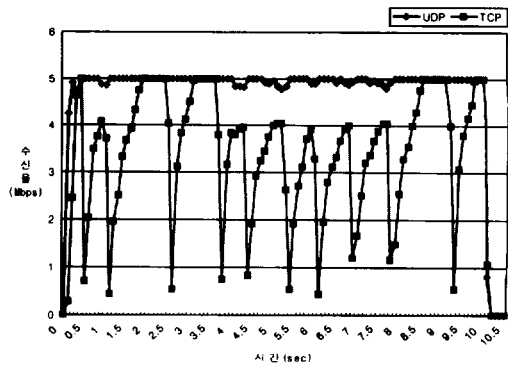
(그림 10) 출구 노드의 구조

4.3 결과 고찰

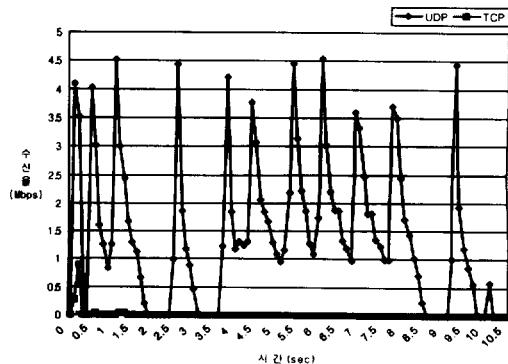
(그림 11)은 기존의 차등 서비스 모델에서 폭주가 발생하였을 경우에 대하여 UDP 트래픽과 TCP 트래픽 각각에 대한 수신측 데이터 수신율을 PHB 그룹별로 측정한 결과이다.



(a) EF PHB 그룹



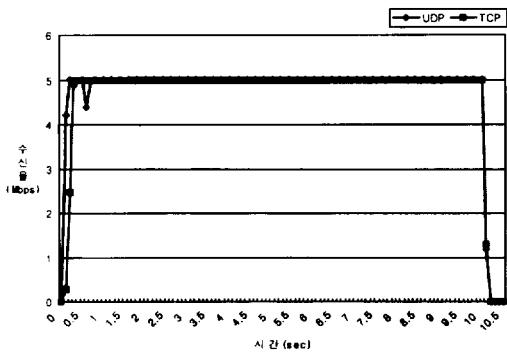
(b) AF PHB 그룹



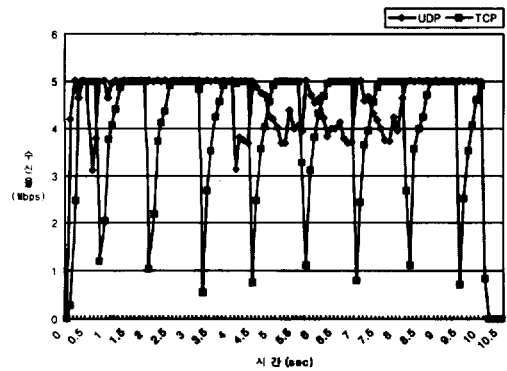
(c) BE PHB 그룹

(그림 11) 폭주 발생시 PHB 그룹별 데이터 수신율

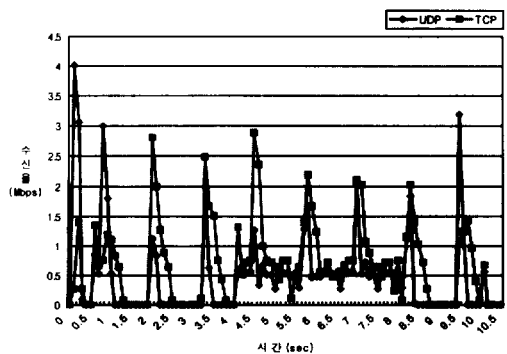
그림에서와 같이 기존의 차등 서비스 모델에서 폭주가 발생하는 경우 하위 PHB 그룹으로 갈수록 UDP 트래픽 소스와 같은 비적응형 트래픽은 자신의 패킷이 폐기되는 것에 대하여 아무런 반응을 보이지 않아 약간의 성능 저하만 발생하는 반면, TCP 트래픽 소스는 패킷이 폐기될 때마다 폭주 제어 메커니즘에 의해 송신 패킷 수를 급격히 줄이게 되어 비적응형 트래픽에 많은 자원을 빼앗기는 현상이 발생함을 알 수 있다.



(a) EF PHB 그룹



(b) AF PHB 그룹

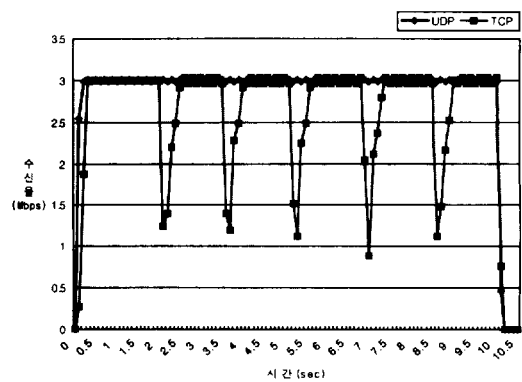


(c) BE PHB 그룹

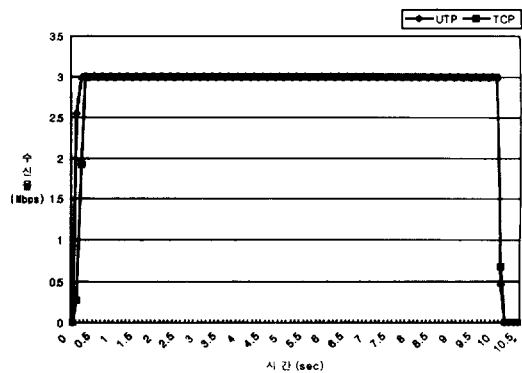
(그림 12) 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델의 폭주 발생시 PHB 그룹별 데이터 수신율

(그림 12)는 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에서 폭주가 발생하였을 경우에 대하여 UDP 트래픽과 TCP 트래픽 각각에 대한 수신 측에서의 데이터 수신율을 PHB 그룹별로 측정된 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에서 폭주가 발생하는 경우 상위 PHB 그룹인 EF PHB 그룹에 대해서는 차등 서비스 모델에서와 마찬가지로 망에서 용량의 요구를 충족시켜 줄 수 있다. 그러나 하위 그룹인 AF PHB와 BE PHB 그룹에 대해서 기존의 차등 서비스 모델에서 망의 거의 모든 대역폭을 UDP 트래픽 소스가 점유하는 것과는 달리 UDP 트래픽 소스와 TCP 트래픽 소스가 공평하게 대역폭을 공유함을 알 수 있다.

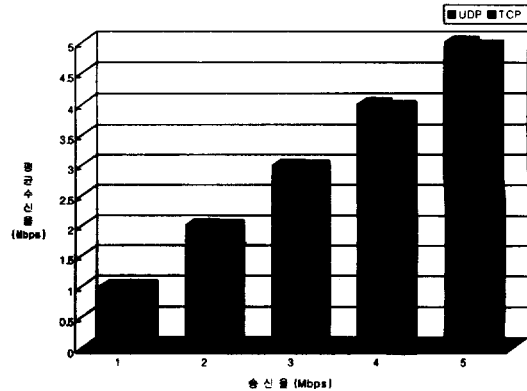
(그림 13)은 동일 조건하에서 기존의 차등 서비스 모델과



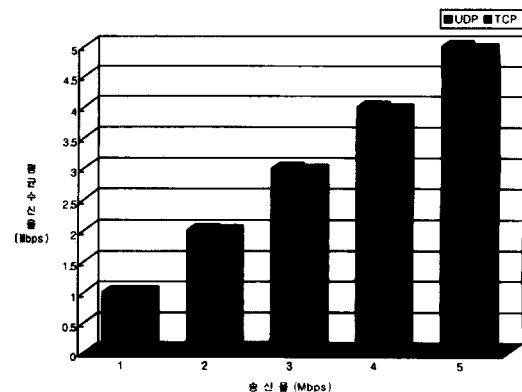
(a) 기존의 차등 서비스 모델



(b) 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델
(그림 13) 망 폭주 발생 예측 및 대처



(a) 기존의 차등 서비스 모델

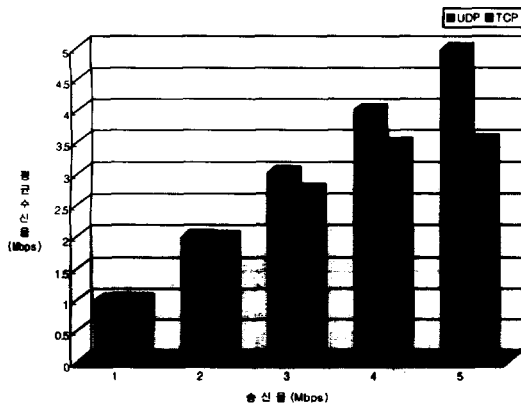


(b) 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델

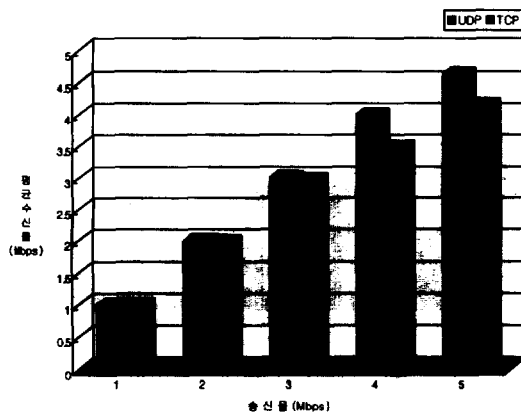
(그림 14) EF PHB 그룹의 UDP와 TCP간 수신율

피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에서 3Mbps의 트래픽 소스를 발생시켰을 경우 각각의 AF PHB 그룹 수신율에 대한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 기존의 차등 서비스 모델에서는 망의 폭주 발생 가능성에 대해 예측이 불가능한 반면, 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에서는 망에서 폭주가 발생할 것을 어느 정도 예측하고 그에 대한 대처가 가능하여 폭주 발생을 미연에 방지할 수 있음을 알 수 있다.

(그림 14)는 EF PHB 그룹에 대한 UDP와 TCP간의 수신율에 대한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 AF PHB는 최상위 그룹으로 두 모델에 대해 공평한 자원 공유 및 대역폭 보장이 이루어지고 있음을 알 수 있다.



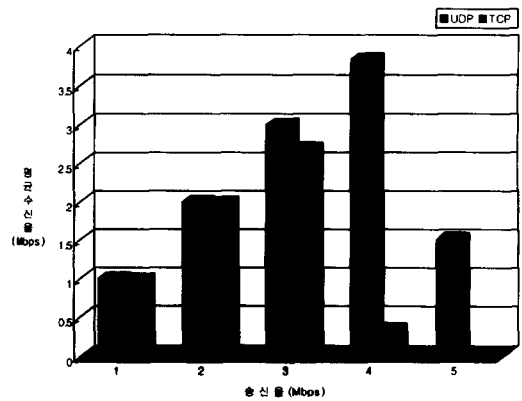
(a) 기존의 차등 서비스 모델



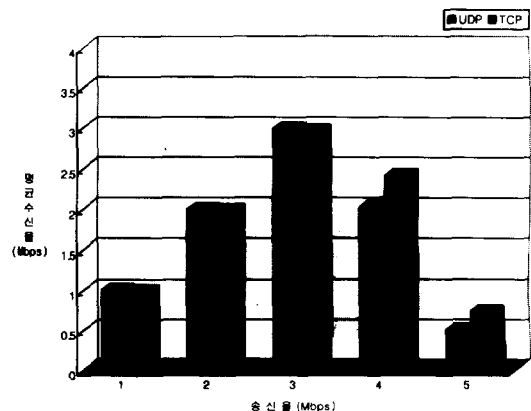
(b) 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델

(그림 15) AF PHB 그룹의 UDP와 TCP간 수신율

(그림 15)는 AF PHB 그룹에 대한 UDP와 TCP간의 수신율에 대한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 기존의 차등 서비스 모델은 송신율이 증가함에 따라 망의 부하가 증가하게 되어 폭주 발생이 심각해질수록 거의 모든 대역폭을 UDP 트래픽이 점유하게 되어 TCP 트래픽은 거의 대역폭을 할당받지 못하는 반면, 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델은 송신율이 증가하여 폭주가 발생하게 되더라도 UDP 트래픽과 TCP 트래픽이 대역폭을 공평하게 공유함을 알 수 있다. 이러한 상황은 (그림 16)에서와 같이



(a) 기존의 차등 서비스 모델



(b) 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델

(그림 16) BE PHB 그룹의 UDP와 TCP간 수신율

최하위 그룹인 BE PHB 그룹에서 더욱 심각하게 발생하여 기존의 차등 서비스 모델에서는 망 부하 상태가 약간 증가하게 되더라도 TCP 트래픽은 대역폭을 거의 할당받지 못하나, 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델에서는 폭주가 발생하게 될 경우에 TCP 트래픽을 UDP 트래픽보다 우선적으로 보호해 줌으로써 부족한 대역폭의 공평한 자원공유가 이루어짐을 알 수 있다.

5. 결 론

차등 서비스 모델은 서비스 모델과 망 관리적인 측면에서 지나치게 복잡하지 않으면서 차별화된 서비스의 요구를 만족할 수 있는 좋은 확장성을 갖는 메커니즘이다. 그러나 폭주 발생과 같은 특정 상황에서 차등 서비스 모델은 불공평하고 비효율적 자원의 공유라는 문제점을 가질 수 있으며 이로 인해 요구되는 QoS 획득이 어려울 수 있다는 문제점을 가지고 있다.

실험결과 기존의 차등 서비스 모델의 경우 망 폭주 발생 시 UDP 트래픽과 같은 비적용형 트래픽이 TCP 트래픽과 같은 적용형 트래픽 보다 자원을 불공평하게 많이 점유하였으나, 피드백 제어를 이용한 차등 서비스 모델은 거의 비슷한 수준으로 자원을 공평하게 공유하였으며, 어느 정도 폭주

발생의 예측이 가능하여 폭주 발생을 미연에 방지할 수 있었다. 이에 따라 망 내로 진입하는 트래픽들을 조절함으로써 기존의 차등 서비스 모델에서 망 부하 상태의 증가에 따른 UDP 트래픽 소스와 같은 비적용형 트래픽의 대역폭 점유에 의한 TCP 트래픽의 성능저하를 막을 수 있었고, 그러므로 좀 더 효율적인 자원 활용 및 QoS 보장이 가능하였다.

참 고 문 헌

- [1] 박종일, 장태근, 손승원, 한길성, 오창석, "RTP/RTCP를 이용한 인터넷상의 QoS 제어방법", 한국통신학회 학술발표회, 제 16권 제2호, pp.20-23, 1997.
- [2] <http://www.ietf.org/htmlcharters/diffserv-charter.html>
- [3] 정연서, 양기원, 이은주, 오창석, "초고속통신망의 인터넷 서비스 제공 방안", 한국통신학회 충북지부 추계학술발표대회논문집, pp.3-38~3-41, 1998.
- [4] 장태근, 정연서, 오창석, "차별화 서비스의 구현에 관한 연구", 한국통신학회 추계종합학술발표회, 제18권 제1호, pp.915-918, 1998.
- [5] H. Kim, et. al., "Evaluation of Bandwidth Assurance Service using RED for Internet Service Differentiation," Pre-print, <ftp://ftp.bellcore.com/pub/world/hkim/assured.ps.Z>
- [6] A. Basu, et. al., "A Comparative Study of Schemes for Differentiated Services," Bell labs Technical Report, 1998
- [7] H. Chow, et. al., "A Feedback Control Extension to Differentiated Services," Internet Draft, <draft-chow-diffserv-fbctrl-00.txt> 1999.
- [8] 장중수, 정유현, "망 에지 노드의 인터넷 차별화 서비스 제공 기능 구조", 한국통신학회 추계종합학술발표회, 제18권 제1호, pp.226-229, 1998.
- [9] RFC 2474, Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, IETF, 1998.
- [10] RFC 2475, An Architecture for Differentiated Services, IETF, 1998.
- [11] Y. Bernet, et. al., A Framework for Differentiated Services, Internet Draft, <draft-ietf-diffserv-framework-01.txt>, 1998.
- [12] Y. Bernet, et. al., Requirements of Diff-serv Boundary Routers, Internet Draft, <draft-bernet-diffedge-01.txt>, 1998.
- [13] C. Dovrolis, Class-Based Service Differentiation, Internet Draft, <draft-dovrolis-cbsd-00.txt>, 1998.
- [14] P. Ferguson, G. Huston, Quality of Service, Wiley Computer Publishing, 1998.



백 운 송

email : wsbaik@lgic.co.kr
 1998년 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
 2000년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2000년~현재 LG전자 정보통신 중앙연구소 차세대통신연구소 연구원

관심분야 : 이동통신망에서의 데이터서비스, 차세대인터넷 기술 Interworking (IMT-2000 무선망과 패킷망)



양 기 원

email : gwyang@pmail.pantech.co.kr
 1995년 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
 1997년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 1999년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 수료(박사수료)

1997년~현재 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
 1996년~현재 ㈜팬택 중앙연구소 전임연구원
 관심분야 : ATM Traffic Management, 차세대 인터넷, IMT-2000 단말기술



최 영 진

email : choi0jin@newreka.com
 1993년 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
 1995년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1998년~현재 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

1997년~2000년 한국무선통신연구조합 한국무선통신연구소
 2000년~현재 (주)뉴레카 정보통신연구소 책임연구원
 관심분야 : 신경망, 차세대 인터넷 기술, 인터넷 보안



김 동 일

email : kimdongil@hanmir.com
 1989년 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업 (공학사)
 1991년 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1998년~현재 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 망 장애 및 성능 관리, QoS 관리, 차세대 인터넷, IMT-2000 망 관리,



오 창 석

email : csoh@nwork.chungbuk.ac.kr
 1978년 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1980년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1988년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1985년~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
 1982년~1984년 한국전자통신연구원 연구원
 1990년 미국 스탠포드 대학교 객원교수
 관심분야 : 멀티미디어 통신, ATM 네트워크, 차세대인터넷 기술, 신경망, 정보 보안