

셀룰라 시스템에서 서비스품질(QoS)을 보장하기 위한 정책기반 자원관리 기법 연구

정희원 최 성 구*, 전 경 구**

Policy-based Resource Management for QoS Support in Cellular Networks

Sung gu Choi*, Kyung koo Jun** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 정책기반 네트워크 관리 기법을 지원하는 셀룰라 망에서 효율적인 QoS를 제공하는 방안을 제시하였다. 제안된 정책기반은 DiffServ에 기반한 우선순위 조절기법을 사용하여 시스템 상황에 따라 각각 다른 우선순위를 할당하여 트래픽별 QoS 수준을 유지하도록 한다. ns-2 환경 시뮬레이션을 사용하여 Conversational, Streaming, Interactive and background 트래픽에 대해서 DiffServ에 기반을 둔 정책을 사용할 경우, 비실시간 트래픽이 많이 발생하더라도 실시간 트래픽의 QoS에는 크게 영향을 주지 않고도 요구된 QoS를 보장함으로써 비 실시간 트래픽에 의해 네트워크 Congestion이 발생하는 상황에도 실시간 트래픽의 QoS를 보장할 수 있다는 것을 검증하였다.

Key Words : Policy-based, RRM, QoS, Cellular Systems, DiffServ

ABSTRACT

This paper proposes a QoS policy for cellular networks which support the policy based network management scheme. The policy exploits the existing underlying DiffServ mechanism and the priority-based packet scheduler in order to provide the packets with different handling priority depending on their belonging traffic classes. The simulation results reveals the effectiveness of the proposed policy under the network congestion; it shows that the goodput of the real-time traffic is not affected at all in spite of the surge of the non real-time traffic.

I. 서 론

3GPP 등 차세대 이동통신망 표준 규격에서는 All IP 구조를 채택하는 움직임이 보이고 있다. 이러한 All IP 구조는 이동통신망을 기존의 IP 기반 서비스망과 쉽게 연동되도록 하며, 또한 다양한 멀티미디어 서비스 제공을 용이하게 한다^{1), 2)}. 그러나 멀티미디어 서비스 트래픽의 특성상 IP망을 이용할 경우 QoS 보장을 위한 패킷 우선순위 및 자원예약에 관한 문제를 해결해야 한다. 3GPP에서는 All IP 구조에서 통신 대국 단대단 QoS를 보장하기 위해

정책기반 망 관리 기법(PBNM: Policy based Network Management)을 적용할 것을 권고하였다^{3), 4)}. 정책기반 망 관리기법은 통신사업자가 새로운 콘텐츠 비즈니스 모델을 세우면 이를 지원할 수 있는 IP기반 서비스 인프라의 요구사항을 자동으로 망에 반영시켜 줄 수 있도록 하는 방법이다⁵⁾. 즉, 새로운 서비스 QoS 요구사항이 발생하면 그에 따라 알맞은 자원관리 정책을 세우고, 그 정책을 패킷레벨에서 실행할 수 있는 장비를 사용해 망 인프라에 알맞은 정책을 적용, 관리하여 요구 사항이 성취될 수 있게 하는 것이다⁶⁾. 시뮬레이션은 논문에서 제안하

* 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선액세스연구그룹 (sguchoi@etri.re.kr)

** 인천대학교 멀티미디어시스템공학과 (kjun@incheon.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-02-060, 접수일자 : 2006년 2월 8일, 최종논문접수일자 : 2006년 4월 21일

는 정책 기반 망 관리 기법을 DiffServ를 이용하여 구현하는 경우와 정책없이 DiffServ 기술만 적용하는 경우에 대해 연구하고 기존 시스템에서 사용하는 DiffServ-Only 경우와 “DiffServ+PBNM” 구조 위에 제안된 정책을 사용했을 경우를 시뮬레이션을 통해 비교 검토한다.

II. 3GPP에서의 단대단 QoS 지원

3GPP에서는 All IP 구조에서 단대단 QoS를 지원하기 위해서 앞서 기술한 바와 같이 정책 기반 망 관리 기법을 적용할 것을 권고하고 있다. 정책 적용은 정책을 결정하는 정책 결정 지점(PDP)과 실제 실행하는 정책 실행 지점(PEP) 사이의 통신을 통해 이루어진다. 통신을 하는 동안 통과하는 IP 망에서는 여러 다른 기술들이 사용될 수 있고 이는 기존의 UMTS에서 사용되는 메커니즘이나 파라미터와 다를 수 있으므로 변환/매핑 기능 요소(translation/mapping function)를 통해 통신해야 한다. General Packet Radio Service Support Node (GGSN)의 변환/매핑 기능 요소에서는 UMTS QoS 파라미터들이 IP QoS 파라미터들로 매핑 될 수 있고 user equipment(UE)의 변환/매핑 기능 요소에서는 응용 계층으로부터 결정된 QoS 요구사항이 UMTS QoS 파라미터로 매핑 될 수 있다. IP QoS를 제공하는 다른 대표적인 방법인 IntServ 방식의 자원 예약 종국단으로서의 기능도 제공할 수 있으나, 3GPP에서는 이를 사업자의 특성에 따라 옵션으로 제공할 수 있는 기능으로 하고, 기본적으로는 DiffServ를 통해 QoS를 보장하도록 한다. 이들 PCF와 IP BS Manager 사이의 인터페이스는 Go 인터페이스로 정의되는 데 여기서 사용하는 프로토콜은 Common Open Policy Service(COPS) 프로토콜이다. COPS는 IETF에서 정의될 프로토콜로서 정책 서버와 정책을 실행하는 망의 디바이스 사이에서 사용하는 프로토콜이다.

III. 정책기반 트래픽 QoS 지원

본 장에서는 3GPP All IP 구조에 정책 기반 망 관리 기법을 도입한 구조에서 실시간 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 정책을 제안한다. 3GPP에서는 QoS 보장방법으로 DiffServ^[7]에 기반을 둔 PBNM을 제안하고 있으나, 구체적인 정책에 대해서는 언급하고 있지 않다^[8, 9]. 이것은 사용되는 트래픽, 서

비스 종류, 그리고 망 운영사업자의 운영 방침 등에 따라 다양한 종류의 정책들이 가능하기 때문이다.

본 논문에서는 트래픽을 실시간과 비실시간의 두 개의 범주로 크게 나누어, 실시간 트래픽의 QoS를 보장하는 정책을 제안한다. UMTS 망에서는 지연시간에 대한 민감도에 따라 트래픽을 크게 다음과 같이 4가지로 나누고 있다; conversational, streaming, interactive, background. 이 중 conversational 클래스와 streaming 클래스는 실시간 트래픽을 위한 클래스이다. conversational 클래스는 음성전송을 담당하는 트래픽이며, streaming 클래스는 주문형 비디오 서비스와 같은 멀티미디어 스트리밍을 담당한다. 특히 conversational 클래스는 트래픽 특성상 지연시간에 가장 민감한 클래스이다. 반면 interactive 클래스와 background 클래스는 비실시간 트래픽 클래스들이다. interactive 클래스는 클라이언트와 서버간 트래픽 같이 송수신 하는 패턴을 따르는 트래픽을 위한 클래스로, 예를들어 WWW 서비스시 발생하는 트래픽 전송을 위한 것이다. background 클래스는 지연시간에 가장 둔감한 e-mail 다운로드나 파일 다운로드 같은 트래픽을 위한 것이다.

그림 2에서 외부 인터넷 망 서비스들이 연결되는 Edge Router와 GGSN이 Edge Router의 역할을 하게 된다. UMTS의 4개 트래픽 클래스 별로 패킷을 분류하여 처리하기 위해 Edge Router는 그림 1과 같은 4개의 큐로 이루어진 다중 큐 구조를 갖는다. 4개의 큐에는 각각 conversational, streaming, interactive 그리고 background 클래스 패킷들이 저장되고, 어느 순간에 서비스될 패킷은 scheduler에 의해서 선택된다. 이 scheduler는 대역폭에 기반을 둔 priority queuing 알고리즘을 사용한다. 즉 각 큐는 최대 사용할 수 있는 대역폭을 미리 할당하여 가지고 있고, 각 큐는 할당받은 대역폭이 남아있는 한 round robin에 의해 균일하게 서비스를 받지만, 대역폭을 소진했을 경우 하위 순위로 설정되어 서비스를 받지 못한다. Voice 트래픽을 제외한 3개 트래픽 클래스의 큐들은 다시 내부적으로 두 개의 서브 큐로 나뉘어져서 burst하게 유입되는 트래픽을 필터링하도록 한다. 즉 각 큐마다 최대 허용 burst rate을 token rate으로 지정하여, 그 한계내로 유입되는 패킷들과 한계 외로 유입되는 패킷들을 각각 다른 큐에 저장하게 된다. 이러한 서브 큐들은 각각 다른 Random Early Drop(RED) 확률을 가지고 있으며 서비스 순위에서도 한계 내 유입 패킷들을 가진 서브 큐가 우선순위를 갖는다. 특히 한계 외 유

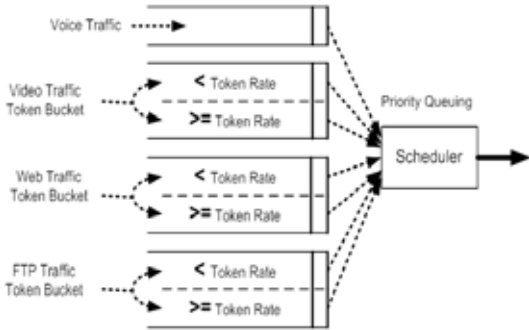


그림 1. DiffServ 지원을 위한 Edge Router의 트래픽 클래스별 큐 구조

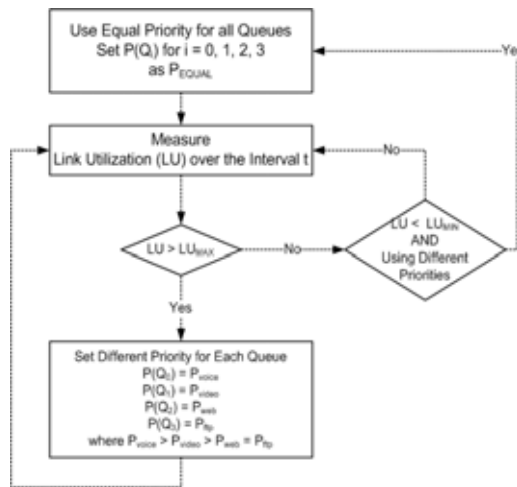


그림 2. 실시간 트래픽 QoS 보장을 위한 Policy

입 패킷들은 한계 내 유입 패킷들보다 높은 RED 확률을 가지고 있어, congestion 상황에서 좀 더 많은 패킷들이 소실된다. conversational 클래스의 큐는 실시간 음성 트래픽의 지연시간 민감도를 고려하여 이러한 서브 큐 구조를 갖지 않는다.

제안하는 실시간 트래픽 우대 정책에서는 그림 2와 같은 정책을 사용하여, congestion이 우려되는 상황에서 실시간 트래픽의 QoS를 보장한다. 최초 정책은 각 트래픽별 큐 ($Q_i, i = 0, 1, 2, 3$)마다 동일 우선순위 (P_{EQUAL})와 대역폭을 할당하여 round robin 방식으로 트래픽이 처리되도록 한다. 이 때 트래픽이 최초 유입되는 Edge Router에서 유입 트래픽의 링크 사용률 (LU)이 최대 허용률 (LU_{MAX})을 넘어서게 되면, 이러한 상황을 Edge Router에서 PDF로 보고하게 되고, PDF는 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위해 각 큐마다 다른 대역폭을 할당하는 정책을 결정하여, PEF인 Edge Router로 명령하게 된다. 이 때 정책에서 결정되는 큐 별 다른 대역

폭에 따라 다양한 형태의 QoS 보장 성능을 얻게 된다. 이 후 링크 사용률이 한계치 이하 (LU_{MIN})로 내려가면 다시 동일 대역폭을 할당하는 정책을 사용하게 된다.

IV. 시뮬레이션을 통한 성능 검증

본 장에서는 정책 기반 망 관리 기법을 도입한 구조의 성능을 평가하기 위해 기존의 QoS 보장 방법인 DiffServ만을 사용한 경우와 앞에서 제안한 링크사용율에 따라 다른 정책을 적용하는 경우에 대해 비교 실험한다. 이 실험은 ns-2 시뮬레이터의 최신 버전인 ns-2를 사용한다. 시뮬레이션을 위한 노드 구성은 그림 3과 같다. 여기서는 GGSN을 통해 인터넷 백본 망에 연결된 두 개의 서로 다른 망사업자에 의해 운영되는 두 개의 UMTS 망을 가정하였다. PDF는 PEF 역할을 하는 두 개의 GGSN과 policy repository에 연결되어 있다. 또한 GGSN은 DiffServ의 Edge Router 역할을 하게 된다. 그림의 왼쪽과 오른쪽 셀룰라망은 각각 자신의 GGSN을 통해서 인터넷 백본인 Core에 연결된다. 시뮬레이션 도중 Congestion 상황을 보다 쉽게 만들어 내기 위해서 GGSN과 Core간 링크를 bottleneck으로 하여 대역폭을 1Mb로 설정하였다. 반면, 망내 노드와 GGSN간 링크의 대역폭은 2Mb로 설정하였다. 노드 구조는 사용자 모바일 기기인 UE가 UTRAN없이 GGSN에 직접 연결되는 형태로 간소화 하였다. 본 시뮬레이션에서는 무선 전송 상황은 관심분야가 아니므로 패킷 지연이나 소실은 염두에 두지 않았다.

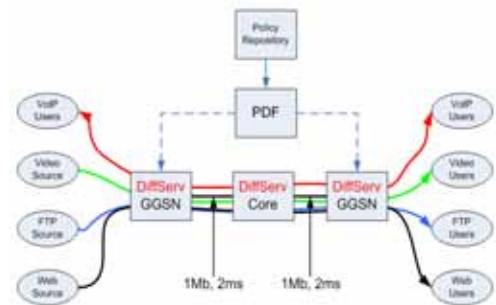


그림 3. 시뮬레이션을 위한 노드 구성

시뮬레이션에서 사용되는 트래픽은 UMTS 4개 트래픽을 모두 사용하였고, 각 클래스 별로 서로 다른 망에 대국이 있는 형태로 구성하여, 그림의 왼쪽 셀룰라 망에 트래픽의 송출국이 있고, 오른쪽 셀룰

라 망에 수신국이 형태로 구분하였고, 이는 그림에서 트래픽 이름과 src, user 표시로 각각 구분된다. 트래픽은 conversational 클래스를 나타내는 VoIP, streaming 클래스를 나타내는 Video, interactive 클래스를 나타내는 HTTP, background 클래스를 나타내는 FTP로 구성된다. VoIP 트래픽 모델링은 실제 VoIP를 이용한 음성통화를 시뮬레이션 하기 위해 다음 특성변수를 사용하여 트래픽을 발생시킨다. 트래픽은 Exponential on-off 패턴을 나타낸다. 평균 패킷크기 40 bytes이며, 평균 on time은 1400 msec, 평균 off time은 1700 msec으로 각각 Exponential 분포를 따른다. Video 트래픽은 영화 스타워즈 4를 MPEG4 형태로 제공할 때 발생하는 실제 트래픽 트레이스 파일에 기초하여 패킷을 발생시켜 시뮬레이션의 사실성을 높였다. FTP 트래픽은 10Kbps를 평균 대역폭으로 가지는 Exponential 트래픽을 사용하였다. 또한 FTP 트래픽의 전송 레이어 프로토콜로서 TCP를 사용하여 실제에서와 같이 congestion control이나 flow control이 발생하도록 하였다. HTTP 트래픽은 10 Kbps를 평균 대역폭으로 가지는 exponential 트래픽 모델을 사용하였다. 또한 HTTP 트래픽의 전송 레이어 프로토콜로서 TCP를 사용하여 실제에서와 같이 congestion control이나 flow control이 발생하도록 하였다.

그림 4는 시뮬레이션에서 사용되는 트래픽별 데이터양을 보여준다. 시뮬레이션 성능 검증의 목적이 비실시간 트래픽이 증가하는 상황에서도 실시간 트래픽의 QoS가 보장되는 상황을 검증하는 것이므로, 이를 위해 FTP 트래픽이 시간 30.0초 이후에 점차적으로 증가하도록 하였다. 정책이 적용될 경우, 대역폭은 VoIP 450 Kbps, Streaming 310 Kbps, HTTP 120 Kbps, 그리고 FTP는 120 Kbps로 설정된다. 이러한 대역폭 설정은 실시간 트래픽인 VoIP

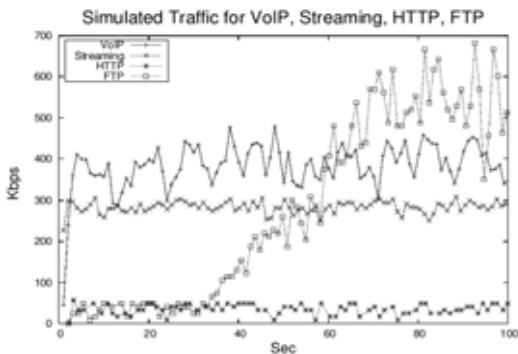


그림 4. 시뮬레이션에서 사용되는 트래픽 패턴

와 Streaming에 가장 많은 대역폭을 설정하여 실시간 QoS를 만족시키게 한다. 특히 지연시간에 가장 민감한 VoIP에 가장 많은 대역폭을 할당한다. 또한 VoIP 트래픽이 사용할 수 있는 최대 대역폭을 450 Kbps로 설정하여, congestion 상황에서 VoIP 트래픽에 의해 모든 대역폭이 점유되지 않도록 하였다.

그림 5와 그림 6은 정책을 적용하지 않았을 경우와 적용했을 경우는 수신단에서 측정된 각 트래픽 클래스별 goodput을 보여준다. X축은 시뮬레이션 시간대 별 측정상황을 초단위로 표시하고, Y 축은 goodput을 Kbps 단위로 표시하고 있다. 그림 5는 정책을 적용하지 않았을 경우, 비 실시간 트래픽에 의해 실시간 트래픽의 QoS가 영향 받는 경우를 보여준다. 시간 30.0초 이후에 FTP 트래픽이 증가함에 따라 가장 많은 대역폭을 차지하고 있던 VoIP 트래픽이 가장 큰 영향을 받고, video streaming은 점유 대역폭은 그대로 유지되지만 goodput의 변동폭이 커지게 된다. Round robin 방식에 의해 패킷 스케줄링이 이루어져서, 각 트래픽이 동일한 기회로 패킷 전송할 기회를 가지지만 FTP 트래픽의 goodput이 증가하게 된다. 이 때 물론 FTP 트래픽 패킷중 상당수가 소실되지만, FTP 트래픽의 양이 충분히 많기 때문에 수신단에 도달하는 패킷도 증가하게 된다. 하지만 VoIP의 경우 UDP에 기반을 두므로 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하지 않아 수신단에서 측정되는 goodput의 양은 크게 감소한다. Streaming의 goodput이 크게 감소하지 않는 이유는 round-robin에 의해 최소 250 Kbps 정도의 대역폭은 보장되기 때문이다. 여기서 VoIP 트래픽의 goodput 감소폭이 streaming보다 훨씬 크게 나타나는 이유는 향 후 좀 더 검토해봐야 할 대상이다. 제안된 정책에 의해 FTP 트래픽에 할당된 대역폭이 120 Kbps임에도 불구하고 그림 6에서 FTP 트래픽

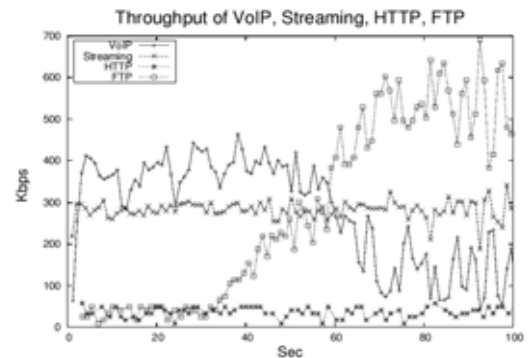


그림 5. QoS 정책을 적용하지 않을 경우의 goodput

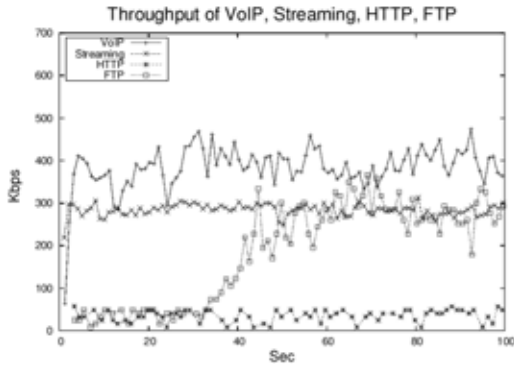


그림 6. QoS 지원 정책을 적용했을 때의 goodput

의 goodput이 300 Kbps 정도를 나타냈다. 이것은 다른 트래픽에 할당되었던 대역폭 중에서 미사용 자원을 FTP 트래픽이 사용하여 패킷을 전송하였기 때문이다. 또한 VoIP에 할당된 450 Kbps 중 미 사용 대역폭도 FTP 트래픽이 사용했다. 이렇게 FTP 트래픽이 다른 트래픽의 미사용 대역폭을 사용할 수 있는 이유는, FTP 트래픽 패킷을 저장하는 큐는 전송필요 패킷량에 비해 할당 대역폭을 상대적으로 작기 때문이다.

V. 결 론


본 논문에서는 정책 기반 망 관리 기법을 사용하여 네트워크 congestion 상황에서도 실시간 트래픽의 QoS를 지원하는 정책을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 실시간 트래픽 QoS 지원 정책의 특징은 동적으로 적용이 가능하고 네트워크 자원상황이 지속적으로 모니터링 되며, 자원 사용률이 정해진 임계치를 넘어설 경우 정책이 적용되며, 사용률이 임계치 이하로 복귀 하였을 경우, 기존의 정책으로 전환된다는 것이다. 제안한 정책의 시뮬레이션 결과, DiffServ에 기반을 둔 정책을 사용할 경우, 비 실시간 트래픽에 의해 네트워크 congestion이 발생하는 상황에도 실시간 트래픽의 QoS를 보장할 수 있다는 것을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] 3GPP TS23.207 End-to-End QoS Concept and Architecture

[2] 3GPP TS23.107 QoS Concept and Architecture
 [3] 3GPP TS23.228 IP Multimedia (IM) Subsystem
 [4] B. Farhang and R. Kopeikin, Policy-based quality of service in 3G networks, Bell Labs Technical Journal Vol. 9, Issue 1 , Pages 31-40
 [5] 3GPP TS29.207 Policy control over Gs interface
 [6] 3GPP TS 29.208 End-to-End signaling flows
 [7] D. Durham, et al., The COPS (Common Open Policy Service) Protocol, rfc2748, Jan. 2000.
 [8] Salsano S., et al., QoS control by means of COPS to support SIP-based applications, IEEE Network, Vol.16, No.2, Mar./Apr., 2002, pp. 27~33.
 [9] Sotiris I. Maniatis, et

최 성 구 (Sung Gu Choi) 정회원
 한국통신학회 논문지 제31권 제 3B호 참조
 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

전 경 구 (Kyung koo Jun) 정회원

 1996년 2월 서강대학교 컴퓨터공학과, 학사
 1998년 5월 Purdue University, Computer Science, M.S.
 2001년 5월 Purdue University, Computer Science, Ph.D.
 2001년 6월~2001년 12월 Ashleylaurent Inc., Software

Engineer
 2002년 1월~2004년 2월 삼성전자 정보통신총괄 책임연구원
 2004년 3월~현재 인천대학교 멀티미디어시스템공학과 조교수
 <관심분야> 컴퓨터 네트워크, 무선 통신망 자원관리, 지능형 임베디드 시스템