DBpia

論文 95-10-10-24

B-ISDN 상위 계층 신호 프로토콜의 성능 분석

正會員 金 相 基*, 殷 鍾 官*, 孫 壽 炫*, 鄭 海*

Performance Analysis of a Higher Layer Signaling Protocol in the B-ISDN

Sang Kee Kim*, Chong Kwan Un*, Soo Hyeon Sohn*, Hae Chung* Regular Members

要 約

최근에 ITU-T는 B-ISDN UNI에서 호와 연결의 제어를 위한 DSS2의 동작을 정의하는 상위 계층 신호 프로토콜 Q.2931을 발표하였다. 본 논문에서는 상위 계층 신호 프로토콜 Q.2931에 대하여 논하고, 고객에게 제공되는 서비스를 정확하게 반영하는 성능 파라미터로써 호와 연결의 설정 완료비와 평균 설정 시간을 중심으로 성능 분석을 한다. 이를 위하여 Q.2931 큐잉 모델을 세우고, 망이 global state에 의존하는 경우에 가장 효과적인 방법인 decomposition 방법을 사용하여 해를 구한다. 또한 시뮬레이션을 통한 성능 분석을 검증한다.

ABSTRACT

Recently, ITU-T recommended a Q.2931 protocol which defines the operation of the digital subscriber signaling system number 2 (DSS2) for the basic call/connection control at the user network interface (UNI) of broadband integrated services digital networks (B-ISDNs). The basic call /connection control capabilities defined in this Recommendation allow for simultaneous call/connection control to support communication between only two users.

In this paper, we study a higher layer signaling protocol in the B-ISDN and consider the call/connection establishment completion performance as being the primary performance measure of interest as it reflects most accurately the service provided for customers. To show the above mentioned performance measure, we investigate the call/connection establishment completion ratio and the call/connection mean establishment time. We use a decomposition method to solve a Q.2931 queueing model because it gives surprisingly good results when isolated features cannot be represented in product form networks, such as networks with global state dependence. We also verify this method with simulation.

* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 통신 연구실

論文番號 : 95283-0822
接受日字 : 1995年 8月 22日

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

통신망은 음성 서비스에 이어서 장거리 데이타 전송 서비스를 제공해 주었어나, 통합된 서비스는 제공해 주지 못했다. 다양한 서비스를 요구하는 현대에 와서 이러한 망들을 상호 연결해야 할 필요성은 복잡해져 가는 망 만큼이나 커져 갔다. 저등급 영상(low-grade video), 음성, 데이타등의 통합된 서비스를 제공하는 narrow-band integrated services digital network (N-ISDN)은 이러한 망 통합의 첫 노력이었다. 그러나, N-ISDN은 긍정적인 측면에도 불구하고 제한된 면이 많았다. 좀 더 빠르고, 좀 더 지능적이고, 좀 더 융통성 있는 망에 대한 필요성을 느끼게 되었던 것이다. 그러기 위해선 이러한 망에 대한 전송 모드가 서비스에 독립되어야 했다. 그리고 최근에 전자와 광장치 분야에서의 기술적 진보가 있었다. 광대역 통신 시스템을 개발하는데 가장 유망한 VLSI 기술은 CMOS와 Silicon bipolar 이다. 또한 광 섬유 기술도 급속히 발전하고 있다. 이런 기술적 진보는 여러개의 비호환 망(incompatible network)을 가질 필요성을 없애 주었고, 매우 빠른 속도에서 운영되는 새로운 망 기술의 경제적인 발전을 가능케 하여 주었다. 이러한 목표와 상황이 broadband integrated services digital network (B-ISDN)을 출현시켰던 것이다.[3]

B-ISDN 단계 1 액서스 계층 3(layer 3) 표준과 계층 2 표준의 일부는 N-ISDN의 digital subscriber signaling system number 1 (DSS1)에 근거를 두고 있다. 그러나 N-ISDN 프로토콜 그 자체는 요구되는 변화들을 수용할 수가 없어서 B-ISDN 서비스를 지원할 수 있게 수정되지 못했다.[2] 그래서 ITU-T SG 11은 B-ISDN 액서스 신호로 digital subscriber signaling system number 2 (DSS2)를 선정하였고, 1993년 말에 B-ISDN 단계 1의 상위 계층 신호 프로토콜로 Q.2931을 채택했다. Q.2931은 신호 프로토콜의 궁극적인 목표인 호와 연결의 설정 및 해제 절차, 재시동 절차, 호 상태 조사 절차, 제어 메시지 오류 처리 절차 등을 정의하고 있다. Q.2931에 대한 성능 분석은 B-ISDN 단계 1이 제공하는 서비스에 기초로 사용될 것이며, 최종 B-ISDN 신호 프로토콜의 표준화에 도움을 줄 것이다.

본 논문에서는 B-ISDN 상위 계층 신호 프로토콜인 Q.2931에 대하여 개괄적으로 살펴보고, 궁극적인 신호 프로토콜의 관점에서 호와 연결의 설정 완료비(call/connection establishment completion ratio)와 평균 설정 시간(call/connection mean establishment time)을 중심으로 성능분석을 수행하였다. 2장에서는 B-ISDN 단계 1 상위 계층 신호 프로토콜인 Q.2931 표준안을 근거로 신호 프로토콜의 기능을 자세하게 기술하고, 3장에서는 Q.2931 queueing 모델과 성능 분석을 수행한다. 4장에서는 본 논문에서 수행한 성능 분석 결과와 시뮬레이션을 비교하며 검증하고 마지막 장에서는 결론을 맺기로 한다.

Ⅱ. B-ISDN 상위 계층 신호 프로토콜

Q.2931 권고안은 B-ISDN의 UNI에서 기본적인 호와 연결을 제어하기 위해 DSS2의 동작을 정의하고 있다.[1] 기본적인 호와 연결을 제어하는 능력은 연결형 항등 비트율 망을 사용하는 단지 두 사용자간 통신을 제공하기위해 동시에 호와 연결의 제어를 감안하고 있다.

1. Q.2931 권고안이 제공하는 사항들

이 권고안에 명시된 단계 1 신호 프로토콜에 의해 제공되는 기본적인 사항들은 다음과 같다.

- o 요구 채널 연결 제공
- o point-to-point 연결 제공
- o 대칭 또는 비대칭 대역폭을 가지는 연결 제공
- o 호당 하나의 연결 제공
- o 기본적인 신호 기능을 위한 프로토콜 제공
- o class A, class C, class X 제공
- o 신호 파라미터 요구와 지시 제공
- o VPCI / VPI / 파라미터 제공
- o 한 개의 신호 가상 채널 제공
- o 오류 복구 제공
- o 공중 UNI ATM 주소 제공
- o end-to-end compatibility parameter 식별 제공
- o N-ISDN과의 신호 연동 및 서비스 제공
- o 반 영구적 연결이 가지는 상태를 조사하기 위한 신호 기능 제공

위와 같은 기본적인 능력들을 제공하는 B-ISDN 단계 1의 신호 프로토콜 구조는 그림 1과 같다.

www.dbpia.co.kr

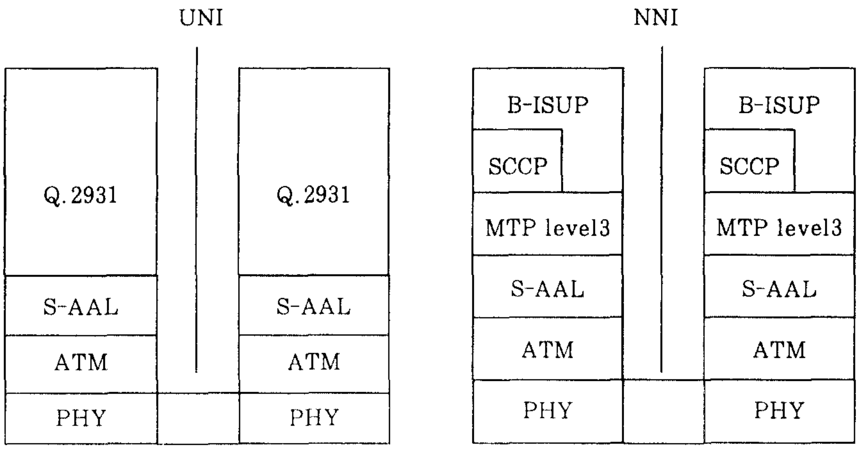


그림 1. B-ISDN 단계 1 신호 프로토콜의 구조.
Fig. 1. signaling protocol structure of B-ISDN release 1.

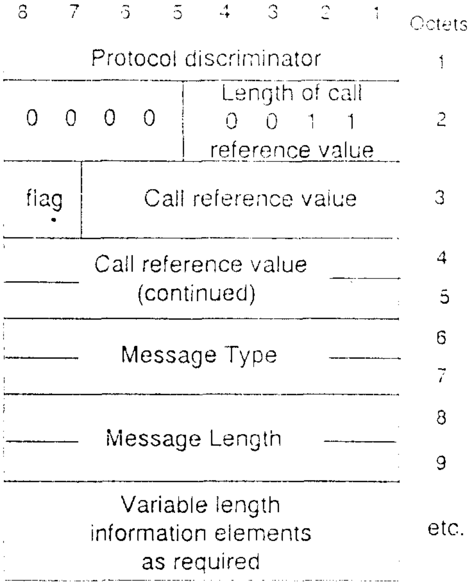


그림 2. 일반적인 메시지 구조.
Fig. 2. General message format.

2. B-ISDN UNI 호와 연결의 설정 절차

Q.2931권고안에 정의된 절차들은 이미 설정된 신호 가상 채널 연결 위에서 B-ISDN 연결을 설정하는데 사용된다. 이 절차는 단지 point-to-point 연결에만 적용되고 VCI=5를 신호 채널로서 사용한다. 우선 이 절차를 수행하기 전에 보장 모드(assured mode) 신호 AAL 연결 설정이 사용자와 망 사이에 이루어져 있어야 한다. 호와 연결을 제어하기 위한 메시지들의 일반적인 구조는 그림 2와 같고, 호와 연결의 설정 및 해제를 위한 절차는 그림 3과 같다.

발신자가 위에서 설정한 신호 가상 채널을 통해 SETUP 메시지를 전달함으로써 호 설정을 위한 절차가 시작된다. 이 때 SETUP 메시지 속에는 호 참조 값, 사용자 셀 율, 광대역 베어러 능력, QoS 파라미터 정보 요소 등은 반드시 들어가야 한다. 사용자가 선택한 VPCI와 VCI 값을 SETUP 메시지 속에 실어 보내면, 망은 이 VPCI/VCI가 이용가능하면 SETUP 메시지에 대한 응답 메시지 속에 이 값을 실어보낸다. 대개 이런 응답 메시지들로는 CALL PROCEEDING과 ALERTING이 있다. 그렇지 않은 경우에는 RELEASE COMPLETE (RLC)메시지를 반환한다. 사용자는 그 외 원하는 QoS class와 peak cell rate를 선택할 수 있다. 망은 수신된 호에 대한 정보가 유효하고 요구한 서비스를 제공할 수 있다면 상대방 사용자를 향해 호와 연결 설정을 시도하고 있음을 알리는 CALL PROCEEDING 메시지를 발신자에게 보내며, 착신자측으로 호와 연결 설정을 요구하는 SETUP 메시지를 보낸다. SETUP 메시지를 받은 착신자는 address와 compatibility 점검을 수행한다. 충분한 호 설정 정보가 수신되었고 compatibility 요구사항이

www.dbpia.co.kr

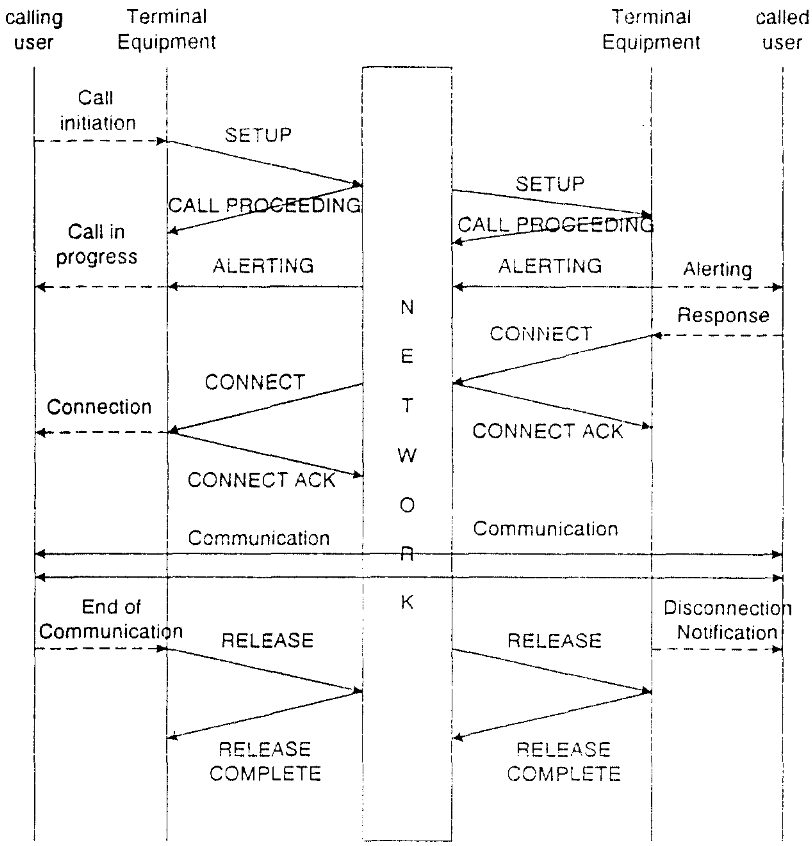


그림 3. 호와 연결의 설정 및 해제 절차.
Fig. 3. Establishment and Release procedure of call/connection.

만족된다면 사용자는 CALL PROCEEDING 메시지를 망에게 보낸다. 그리고 착신자에게서 alerting이 시작되고 있음을 알리는 ALERTING 메시지를 망에게 보낸다. 망은 ALERTING 메시지를 발신자에게 보내고, 발신자는 내부적으로 발생된 alerting 지시를 시작한다.

착신자가 CONNECT 메시지를 망에게 보냄은 호 수락(acceptance)을 나타낸다. CONNECT 메시지를 받은 망은 CONNECT ACK 메시지를 착신자에게 보내고, 발신자에게 CONNECT 메시지를 보낸다. 발신자에게 CONNECT 메시지가 수신되고서야 end-to-end 연결이 이루어졌음을 확신할 수 있다. 발신자는 CONNECT ACK 메시지를 망에게 보냄으로써 호와 연결의 설정 절차가 완료된다.

3. B-ISDN UNI 호와 연결의 해제 절차

사용자나 망이 REL 메시지를 보내고 가상 채널 연결을 절단한다. REL 메시지를 수신한 쪽은 가상 채널 연결을 끊고 RLC 메시지를 보낸 후 호 참조와 가상 채널을 해제한다. 호와 연결의 해제를 시작한 쪽은 RLC 메시지를 수신한 뒤 가상 채널과 호 참조를 해제한다. 이 절차를 2번 실패할 경우 그 가상 채널을 유지상태에 두고 호 참조는 해제한다. 장치를 구현할 때에 재시동 절차와 같은 어떤 복구 절차를 취할지가 결정된다.

만일 같은 호 참조를 담은 REL 메시지를 양쪽에서 동시에 전달할 때 호 해제 충돌이 발생한다. 이 경우에는 RLC 메시지를 보내지도 수신하지도 않은 채 바로 호 참조와 가상 채널을 해제한다. 이런 규칙에 예외인 경우는 SETUP 메시지에 대한 응답이다. 사용자나 망

www.dbpia.co.kr

은 RLC 메시지를 보냄으로서 호와 연결의 설정을 거부할 수 있다. 물론 호 참조도 해제한다.

4. 재시동 절차

이 절차는 호와 연결의 제어를 위해서 보낸 메시지에 대한 무응답 또는 국부적 장애의 결과, 유지 조치로써 사용자나 망에 의해서 시작된다. 그래서 한 개의 가상 채널, 가상 경로내의 모든 가상 채널 또는 신호 가상 채널이 관리하는 모든 가상 채널을 유휴(idle) 상태로 되돌린다. 가상 채널의 지시는 재시동 표시자 정보 요소내의 class 필드가 그 역할을 한다. 재시동 절차를 반복하는 횟수는 디폴트(default)로 2번이다. 2번의 실패 후에는 null state에 들어감과 동시에 유지 엔터티(maintenance entity)에게 알려서 적절한 조치가 취해질 때까지 가상 채널은 서비스 중단 상태가 된다.

RESTART 메시지를 수신한 쪽은 지정한 가상 채널들을 유휴 상태로, 그리고 이 가상 채널과 관계된 모든 호 참조를 해제하는 조치를 취한다. 호와 연결의 해제를 위한 내부 조치가 완료된 후 RESTART ACK 메시지가 전송되는데, 재시동 표시자(restarter indicator) 정보 요소와 연결 식별자 정보 요소에는 RESTART 메시지와 같은 정보를 담는다. RESTART ACK 메시지 속에 가상 채널 값이 RESTART 메시지 속에서 가리키는 가상 채널 값과 다르다면 RESTART ACK 메시지는 취소된다. 이 절차로는 망이 설정한 영구 가상 연결(permanent virtual connection)과 관리 시스템(management system)이 예약한 가상 채널들은 해제하지 못한다.

5. 오류 상태 처리 절차

5.1. 프로토콜 식별 오류

모든 메시지는 첫 부분에 프로토콜 식별자(protocol discriminator) 정보 요소를 가지는데, 이것이 Q.2931 사용자와 망간의 호 제어를 위한 메시지이외에서 사용된다면 이 메시지는 무시된다.

5.2. 메시지가 너무 짧은 경우

완전한 메시지 길이 정보 요소를 포함하지 못할 만큼 너무 짧은 메시지가 수신된다면 이 메시지는 무시된다.

5.3. 호 참조 오류

5.3.1. 부적합한 호 참조 양식

호 참조 정보 요소의 octet 1이 비트 5에서 비트 8까지가 모두 0이 아닌 경우에 그 메시지는 무시된다.

5.3.2. 호 참조 절차상 오류

이미 설정된 호나 진행 중인 호와 관계가 없는 호 참조를 지시하는 메시지를 수신한 쪽은 RLC 메시지를 보냄으로써 호를 해제한다. 그러나 SETUP, RLC, STATUS, STATUS ENQUIRY 메시지는 예외인데, RLC 메시지의 경우에는 어떤 조치도 취하지 않는다.

5.4. 메시지 타입 또는 메시지 순서 오류들

다음의 오류 처리는 message compatibility instruction ide의 플래그 비트가 0인 경우에 적용된다. 만일 1로 지정되어 있다면, 5.9.절의 오류 절차가 적용된다.

REL, RLC 메시지를 제외하고 예기치 않은(unexpected) 또는 인식되지 않은(unrecognized) 메시지가 수신된다면 STATUS 메시지만 반환한다.

5.5. 메시지 길이 오류

메시지 길이 정보 요소 내에 지시된 메시지가 수신된 메시지의 길이와 일치하지 않더라도 가능한 그 메시지는 정상적으로 다루어진다. 만일 필요하다면 5.6.절의 오류 처리 절차에 따른다.

5.6. 일반적인 정보 요소 오류들

이 오류 절차는 0이 아닌 codeset를 가진 정보 요소에게 적용된다.

5.6.1. 정보 요소 순서

메시지 내에 첫 4개의 정보 요소는 그림 2-2에서 지정한 순서대로 나타나야 한다.

5.6.2. 중복된(Duplicated) 정보 요소들

정보 요소를 중복해서 사용할 수 없는 메시지 내에서 정보 요소가 중복된다면 처음 나타나는 정보 요소의 내용만이 다루어지고 나머지는 무시된다. 정보 요소를 중복해서 사용할 수 있을 때는 허용된 정보 요소의 내용들만이 다루어질 것이다.

www.dbpia.co.kr

5.6.3. 부호화 표준 오류

사용자나 망은 정보 요소내에 부호화 표준 필드가 수신단이 지원하지 않는 부호화를 가리킨다면 이 정보 요소를 내용 오류를 가진 정보 요소로써 다룰 것이다.

5.7. 필수 정보 요소 오류

5.7.1. 필수 정보 요소가 빠진 경우

SETUP, REL, RLC 메시지를 제외한 곳에서 하나 또는 그 이상의 필수 정보 요소가 빠진 경우에는 어떠한 조치도 취하지 않고 호 상태에도 변화는 없다. 그리고 나서 cause #96을 가진 STATUS 메시지를 반환한다. Cause 번호들이 나타내는 의미는 표 1과 같다.

5.7.2. 필수 정보 요소 내용 오류

이런 종류의 오류는 '필수 정보 요소가 빠진 경우'와 같다. 단지 응답 메시지에 보내지는 cause가 #96에서 #100으로 바뀌어질 뿐이다. 정보 요소의 길이가 최대길이를 초과한 경우에도 내용 오류를 가진 정보 요소로서 다루어진다.

5.8. 비필수 정보 요소 오류

이 오류 절차는 instruction 필드내의 플래그 비트가 0으로 지정되어 있는 경우에 적용된다. 만일 1로 지정되어 있다면 5.9.절의 절차를 따른다.

5.8.1. 인식되지 않은 정보 요소

이런 종류의 오류를 가진 메시지를 수신하면 인식된(recognized) 또는 적합한 내용을 가진 정보 요소와 메시지에 대해서만 조치를 취한다. 그리고 수신된 메시지가 REL과 RLC가 아닌 경우 그 메시지에 대해 조치를 취하고 호 상태를 가리키는 STATUS 메시지가 반환된다.

REL 메시지에 위와 같은 오류가 발견되면 RLC 메시지를 반환하고, RLC 메시지는 그런 오류가 발견되더라도 아무런 조치를 취하지 않는다.

5.8.2. 비필수 정보 요소 내용 오류

이런 종류의 오류에 대해서는 인식된 또는 적합한 내용을 가진 정보 요소와 메시지에 대해서만 조치를 취하고, 현재의 호 상태를 지시하는 STATUS메시지를 반환한다.

5.8.3. 예기치 못한 인식된 정보 요소

이런 종류의 오류는 예기치 못한 정보 요소를 인식되지 않은 정보 요소로 취급한다.

5.9. 메시지에서 명확한 조치를 지시하는 경우의 오류 절차

이 절차는 message compatibility instruction indicator 또는 정보 요소 instruction 필드가 'follow explicit instruction'으로 지정되어 있는 경우에 적용된다.

5.9.1. 예기치 못한 또는 인식되지 않은 메시지 타입

이런 경우에는 메시지 타입 정보 요소내의 instruction 필드의 action indicator가 가리키는 대로 조치를 취한다. 예를 들면 'clear call'로 지정되어 있다면 호를 해제시킨다.

표 1. Cause 번호의 의미.
Table 1. Meaning of Cause numbers.

cause 번호	번호 의미
Cause #30	response to STATUS ENQUIRY
Cause #31	normal, unspecified
Cause #96	mandatory information element is missing
Cause #97	message type non-existing or not implemented
Cause #99	information element non-existing or not implemented
Cause #100	invalid information element contents
Cause #101	message not compatible with call state

www.dbpia.co.kr

5.9.2. 정보 요소 오류들

한 개 또는 그 이상의 예기치 못한 또는 인식되지 않은 요소 그리고 인식되지 않은 내용을 가진 정보 요소를 담은 메시지가 수신된다면 정보 요소 action indicator를 조사해서 지정된 조치를 수행한다.

5.9.3. 충분하지 못한 정보를 담은 메시지 처리

이 경우에는 message compatibility instruction indicator의 플래그 비트를 조사하는데 그 플래그 비트가 0인 경우에는 'mandatory information element missing'의 경우와 같이, 플래그 비트가 1인 경우에는 'unexpected or unrecognized message type'의 경우에 취하는 오류 절차를 수행한다. 후자의 경우에 cause 정보 요소에는 cause #96이 담겨진다.

6. 호 상태 조사 절차

이 절차는 peer 엔터티가 가지는 호 상태가 올바른지에 대해서 검사하기 위한 것으로 호 상태를 요구하는 STATUS ENQUIRY 메시지를 보냄으로써 시작된다. 데이타 링크 계층에 고장이 발생했다는 지시를 신호 AAL 계층으로부터 수신할 때마다 이 절차는 시작된다. 이 STATUS ENQUIRY 메시지를 수신한 쪽은 현재의 호 상태와 cause #30을 기록한 STATUS 메시지로 응답한다.

STATUS ENQUIRY 메시지를 보낸 후 해제 메시지가 수신되면 호를 해제한다. STATUS ENQUIRY 메시지를 보낸 후 STATUS 메시지가 수신되지 않는다면 구현할 때 정해진 횟수만큼 재시도를 할 수 있다. 정해진 횟수내에서 원하는 응답을 받지 못한다면 호를 해제하는 절차가 시작된다.

7. 통보(notification) 절차

베어러와 관계된 통보의 전달에는 통보와 관계 있는 호와 연결에서 사용하는 호 참조를 사용한다. 통보의 전달이 호와 연결의 설정 또는 호 해제 절차와 동시에 일어난다면 호와 연결의 제어와 관계된 메시지 속에 통보 정보가 담겨져 전송된다. 그렇지 않은 경우에는 통보 정보가 NOTIFY 메시지로 전달된다.

8. N-ISDN과의 연동 및 서비스 제공

B-ISDN과 N-ISDN 사이의 신호 연동이 가능하기 위해서는 개개의 서비스와 관계된 정보 요소들은 N-ISDN 서비스와 B-ISDN 서비스를 위해서 정의된다. 그리고 N-ISDN 서비스를 제공하기 위해서 기본적으로 DSS1 information elements bearer capability, high layer compatibility, low layer compatibility 가 B-ISDN에 정의된다. DSS2에서 이 정보 요소들은 narrowband bearer compatibility (N-BC), narrowband low layer compatility (N-LLC), narrowband high layer compatibility (N-HLC)로써 명시된다.

Ⅲ. 성능 분석

1. B-ISDN UNI 신호 프로토콜 모델

사용자가 요구하는 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 신호 프로토콜의 역할이 중요하다. 그러므로 신호 프로토콜의 궁극적인 목적의 관점에서 상위 계층 신호 프로토콜 Q.2931에 대한 성능 분석은 반드시 필요하다. 실제 신호 프로토콜은 사용자에게 서비스를 제공하기 위한 호와 연결의 설정 기능이 가장 중요한 역할이라 할 수 있다. 따라서 호와 연결의 설정 완료비와 평균 설정 시간을 중심으로 프로토콜의 성능 분석을 하려 한다.[4]

Q.2931에 대한 모델은 그림 4와 같다. 망은 호와 연결에 대한 설정을 요구하는 발신자가 보내는 메시지를 서비스하는 Queue 1과 호와 연결에 대한 설정을 요구받은 착신자가 보내는 메시지를 서비스하는 Queue 2로 구성된다. 각 Queue의 길이는 유한하다. Queue 1에 도착하는 메시지는 호와 연결의 설정을 요구하는 SETUP 메시지와 착신자가 보내온 CONNECT 메시지에 대한 최종 응답이고 SETUP 메시지보다 우선 순위가 높은 CONNECT ACK 메시지로 구성된다. Queue 2에 도착하는 메시지는 망이 착신자에게 보내는 SETUP 메시지에 대한 응답 메시지인 CALL PROCEEDING, ALERTING, CONNECT 메시지로 구성되며 이들 간에는 우선순위를 부여하지 않았다. Queue 1에 도착하는 SETUP 메시지가 손실이 생긴 경우와 Queue 2에 도착하는 CALL PROCEEDING 메시지가 손실이 생긴 경우는 SETUP 메시지를 재전송한다. 모델에서는 Queue 1에 도착하는 SETUP 메시지 트래픽은 도착률이 λ_1인 poisson process로, 모든

www.dbpia.co.kr

종류의 메시지 길이는 지수 분포를 가진다고 가정한다. 따라서 각 Queue 의 서비스률을 평균이 μ인 지수 분포로 가정한다.

2. Q.2931 큐잉 모델 분석

본 모델은 언뜻 보면 망이 개방되어(open network) 있고 외부에서 트래픽이 도착하므로 Jackson network로 볼 수도 있으나, 각 Queue의 길이가 유한하기 때문에 Jackson network로 분석할 수가 없다. 그러나 해를 구할 수는 있겠으나 계산하기가 어렵다면 우리는 훨씬 더 빠른 해답을 얻기 위해서 근사적인 방법(approximate method)을 사용한다. 이 중 decomposition 방법은 가장 널리 사용되는 근사적 방법중의 하나이다. 이 방법은 특히 격리된 모양(isolated features)이 전체적인 상태에 의존하고 blocking을 가지는 망과 같이 product form 망으로 표현될 수 없을 때 유용하다. Decomposition 방법의 순서는 다음과 같다.[9]

- o 망을 더 작은 망(sub-network)으로 분리시킨다.
- o 분리된 망(sub-network)을 독립적으로 취급해서 해를 구한다.
- o 전체 망에 가장 근접한 해를 구하기 위해서 분리된 망들의 해를 모은다.
- o 시뮬레이션으로 모여진 해를 유효한 해로 만든다.

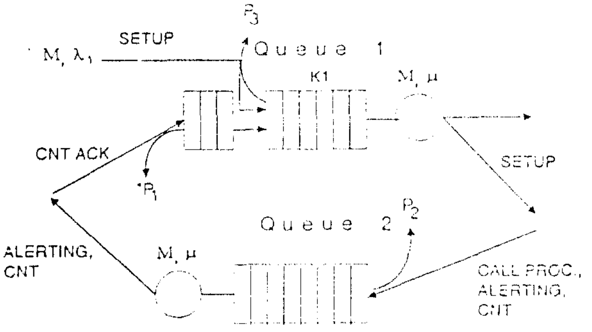
위 절차에 의해서 그림 4를 그림 5와 그림 6으로 나눈다. 우선 그림 5에서 두 입력 트래픽중 CONNECT ACK 메시지 트래픽을 도착률이 λ_3인 poisson process로 가정한다. Queue 1의 동작은 두개의 우선 순위 class를 가지는 M/M/1/(K3+1)을 따르게 된다. 시스템안에 있는 트래픽의 갯수가 i개일 확률 P_i를 구한 다음, 트래픽 λ_1과 λ_3의 손실 확률 P_1, P_3를 구하면 다음과 같다.[8]

$$P_1 = \sum_{i=K1+1}^{K3+1} P_i = P_0 \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K1+1} \cdot \frac{1-\left(\frac{\lambda_3}{\mu}\right)^{K3-K1+1}}{1-\frac{\lambda_3}{\mu}}$$

$$P_3 = P_{K3+1} = P_0 \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K1+1} \cdot \left(\frac{\lambda_3}{\mu}\right)^{K3-K1}$$

또 하나의 분리된 망(sub-network)인 그림 6에서 CALL PROCEEDING, ALERTING, CONNECT 메시지가 Queue 2에 도착하는 도착률을 λ_2인 poisson process로 가정한다. Queue 2의 동작은 M/M/1/(K2+1)의 동작을 따르게 된다. 시스템안에 있는 트래픽의 갯수가 i개일 확률 값 P_i는 다음, 트래픽 λ_2의 손실 확률 P_2를 구하면 다음과 같다.[8]

$$P_2 = P_{K2+1} = \frac{1-\left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)}{1-\left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{(K2+2)}} \cdot \left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{(K2+1)}$$



priority 0 · CNT ACK
priority 1 · CALL PROC., ALERTING, CNT
priority 2 · SETUP

그림 4. Q.2931 큐잉 모델.
Fig. 4. Q.2931 queueing model.

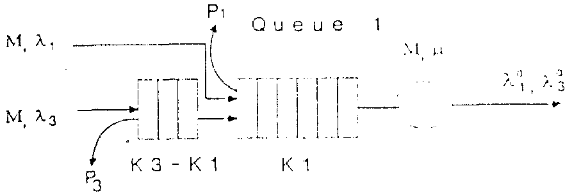


그림 5. M/M/1/(K3+1).
Fig. 5. M/M/1/(K3+1).

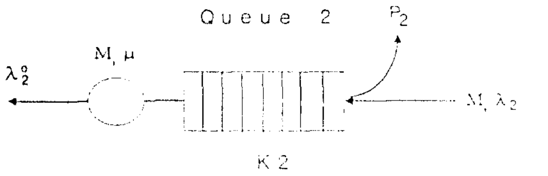


그림 6. M/M/1/(K2+1).
Fig. 6. M/M/1/(K2+1).

www.dbpia.co.kr

이제 decomposition 방법의 3번째 단계로 위의 독립적인 망의 해들을 모으자. 실제 그림 4의 Q.2931 큐잉 모델은 Queue 1에 도착한 λ_1의 트래픽이 Queue 1을 그리고 Queue 2를 다시 Queue 1을 거친다. 따라서 λ_2와 λ_3의 트래픽은 λ_1의 함수로 표현이 가능하다. 우선 λ_1이 Queue 1에서 손실이 생긴 경우 재시도가 가능하므로 총 제공된 λ_1은 $\lambda_1 \cdot (1+P_1)$의 값을 가진다. 트래픽이 Queue 1을 거친 출력 λ_1°는 $\lambda_1 \cdot (1+P_1) \cdot (1-P_1)$의 값을 가질 것이다. 트래픽 λ_1° 하나에 대해 세개의 트래픽이 발생하므로 λ_2는 $3 \cdot \lambda_1^{\circ}$가 된다. λ_1°가 Queue 2에서 손실이 생길 경우는 λ_1°에 의해서 발생된 세개의 메시지중 한개라도 손실이 생길 때이다. 그리고 λ_2는 λ_1처럼 CALL PROCEEDING 메시지가 손실이 생긴 경우에만 재시도를 하므로, λ_2는 $3 \cdot \lambda_1^{\circ} \cdot (1+P_2/3)$가 된다.

여기서 P_2의 값을 구할 때 유의해야 한다. 임의의 착신자(called user)가 보낸 3개의 메시지중 어느것도 손실이 생기지 않는다고 가정하자. 이 경우 착신자 한 명이 보낸 트래픽에 의해 버퍼(buffer)에서 3개의 space가 점유된다. 그러므로 일단 버퍼안에 CALL PROCEEDING 메시지가 들어오면 이 메시지는 버퍼에서 3개의 space를 점유한 것으로 생각할 수 있다. 이렇게 생각할 수 있는 또 한가지의 이유는 Queue 2에 들어오는 3개의 메시지로 이루어진 트래픽은 각각이 λ_1°의 손실과 관계가 있기 때문이다. 그러나 실제 손실이 생기지 않은 트래픽의 갯수는 1개가 된다. 그러므로 Queue 2의 버퍼 길이가 K2이라면, P_2를 구할 때 K2대신 K2 크기의 1/3정수값을 사용하면 근사적으로 P_2의 값을 구할 수 있다.

그리고 λ_3는 λ_1°가 Queue 2에서 손실이 생기지 않을 확률과 관계 있으므로, λ_3는 $\lambda_1^{\circ} \cdot (1-P_2)$가 된다. 위와 마찬가지로 λ_3의 출력 λ_3°는 $\lambda_3 \cdot (1-P_3)$가 된다.

3. 호와 연결의 설정 완료비(call/connection establishment completion ratio)

본 논문이 제시한 모델의 성능 분석에서 가장 중요한 파라미터는 Q.2931절차에 의한 호와 연결의 설정 완료비이다. 호와 연결의 설정 완료비는 Queue 1에 도착한 메시지가 Queue 1을$(1-P_1)$, 그리고 Queue 2를$(1-P_2)$, 다시 Queue 1을$(1-P_3)$ 거치면서 어느 것에서도 손실을 경험하지 않을 확률로 다음과 같은 수식이 된다.

$$\lambda = (1-P_1) \cdot (1-P_2) \cdot (1-P_3)$$

4. 호와 연결의 평균 설정 시간 (call/connection mean establishment time)

B-ISDN 단계 1의 서비스를 제공할 때에 고려되어야 할 파라미터로써 호와 연결의 설정 완료비와 함께 호와 연결의 평균 설정 시간이 있다. Q.2931 큐잉 모델에서 알 수 있듯이, 이것은 Queue 1에 도착한 트래픽이 최종적으로 망을 빠져나갈 때까지의 시간으로 각 Queue에서 기다리는 시간(waiting time)의 합으로 계산된다. 먼저 Queue 1에 도착한 트래픽 λ_1의 평균 갯수 L_1, Queue 2에서의 트래픽 λ_2의 평균 갯수 L_2, 다시 Queue 1에 도착한 트래픽 λ_3의 평균 갯수 L_3는 각각 다음과 같다.

$$L_1 = \sum_{i=1}^{K_1+1} i \cdot P_i, \quad L_2 = \sum_{i=0}^{K_2+1} i \cdot P_i, \quad L_3 = \sum_{i=0}^{K_2+1} i \cdot P_i$$

Little's formula에 의해서 기다리는 시간 W_1, W_2, W_3는 다음과 같다.

$$W_1 = \frac{L_1}{\lambda_1^{eff} + \lambda_3^{eff}}, \quad W_2 = \frac{L_2}{\lambda_2^{eff}}, \quad W_3 = \frac{L_1'}{\lambda_1^{eff} + \lambda_3^{eff}} + \frac{L_3}{\lambda_3^{eff}}$$

여기서

$$L_1' = \sum_{i=K_1+2}^{K_1+1} i \cdot P_i$$

λ_1^{eff}, λ_2^{eff}, λ_3^{eff} : 각각 λ_1, λ_2, λ_3의 실제 도착률 (effective arrival rate)

$\lambda_1^{eff} = \lambda_1 \cdot (1+P_1) \cdot (1-P_1)$,

$\lambda_2^{eff} = 3 \cdot \lambda_2 \cdot (1-P_2) + P_2 \cdot \lambda_2 \cdot [6-2 \cdot P_2]/3$

$\lambda_3^{eff} = \lambda_1 \cdot (1+P_1) \cdot (1-P_1) \cdot (1-P_2) \cdot (1-P_3)$

위에서 λ_2^{eff}는 다음과 같이 구해진다. Queue 2에서 손실이 생기지 않은 λ_2^{eff} 트래픽의 갯수는 $3 \cdot \lambda_1^{\circ} \cdot (1-P_2)$이고, 첫번째 트래픽에 손실이 생긴 경우는 재시도를 하므로 실제 도착 트래픽의 갯수는 $\lambda_1^{\circ} \cdot P_2 \cdot \{3 \cdot (1-P_2)) + P_2 \cdot 2/3 + P_2 \cdot 1/3]\} /3$이다. 그리고 두번째, 세번째 트래픽에 손실이 생긴 경우의 실제 트래픽 갯수는 $\lambda_1^{\circ} P_2 \cdot 1/3 + \lambda_1^{\circ} P_2 \cdot 2/3$이다. 그러므로 Queue 2에 도착하는 총 트래픽의 갯수는 $3 \cdot \lambda_1^{\circ} (1-P_2) + \lambda_1^{\circ} P_2 \cdot [6-2 \cdot P_2]/3$가 된다.

www.dbpia.co.kr

위 식중 W_2는 Queue 2에 도착하는 일련의 세개의 메시지들로 이루어진 트래픽에 대하여 임의의 한개 트래픽이 Queue 2에서 기다리는 시간이다. 실제 Queue 2에서 기다리는 시간은 첫번째 메시지가 도착해서 세번째 메시지가 서비스를 받고 Queue 2를 탈출할 때까지의 시간이다. 만일 첫번째 메시지와 세번째 메시지사이의 트래픽 갯수가 k개라면(첫번째와 세번째 메시지를 포함해서) Queue 2에서의 총 waiting time은 그림 7에서 알 수 있듯이 $W_2+(k-1)/\lambda_2^{eff}$가 된다.

첫번째 트래픽과 세번째 트래픽 사이의(두 트래픽를 포함해서) 평균 트래픽 갯수 k는 다음과 같이 구해진다. 첫번째 트래픽과 세번째 트래픽(두 트래픽을 포함해서)사이의 interarrival time이 t이고 그사이의 트래픽의 갯수가 l개일 확률 $P\{N_t = l\}$는 다음과 같다.

$$P\{N_t = l\} = P\backslash\{N+t = 1 | x=t\} \cdot P\{x=t\}$$
$$= \frac{\exp(-\lambda_2 \cdot t) \cdot (\lambda_2 \cdot t)^l}{l!} \cdot (\lambda_i \cdot t) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t)$$

여기서 interarrival time t는 $\frac{2}{\lambda_i}$가 된다. 첫번째 트래픽과 세번째 트래픽 사이의 평균 갯수 k는 다음과 같다.

$$k = \sum_{j=3}^{\infty} jP_j$$
$$= 2 \cdot (\lambda_2 \cdot \frac{2}{\lambda_i}) \cdot \exp(-2 - \lambda_2 \cdot \frac{2}{\lambda_i}) \cdot$$
$$[\exp(\lambda_2 \cdot \frac{2}{\lambda_i}) - (\lambda_2 \cdot \frac{2}{\lambda_i}) - 1]$$

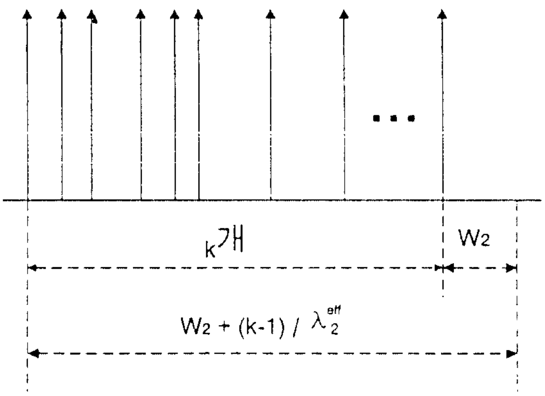


그림 7. Queue 2에서의 waiting time.
Fig. 7. Waiting time at Queue 2.

따라서 호와 연결의 평균 설정 시간 t_c는 다음과 같다.

$$t_c = W_1 + W_2 + W_3 + \frac{(k-1)}{\lambda_2^{eff}}$$

Ⅳ. 수식 결과 및 검증

본 장에서는 3장에서 수행한 성능 분석을 시뮬레이션을 통해 검증한다. Q.2931 큐잉 모델에서 사용된 메시지들의 평균 길이는 54.28571 byte이다.

1. 호와 연결의 설정 완료비

실제 B-ISDN망이 구축된 경우에 호와 연결의 설정 완료비는 최상의 서비스를 제공한다는 측면에서 거의 1에 가까운 값을 가져야 한다. 이런 사항을 고려하여 호와 연결의 설정 완료비가 0.9이상인 경우로 제한하여 성능 분석을 하였다.

그림 8은 입력 트래픽 ρ_1을 변화시키면서 호와 연결의 설정 완료비를 구한 결과이다. 그리고 전체 버퍼의 길이를 변화시키면서 구한 결과도 보여주고 있다. 입력 트래

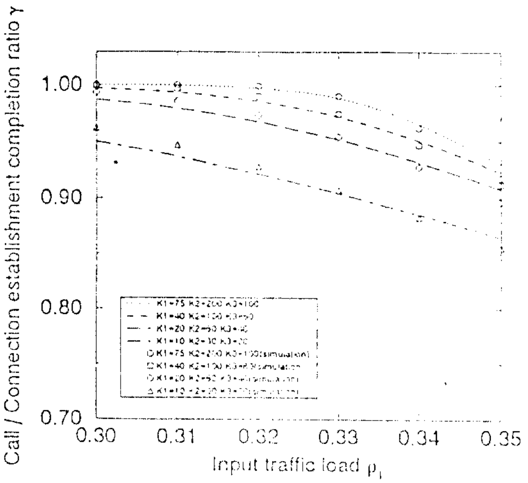


그림 8. 입력 트래픽 ρ_1의 변화에 따른 호와 연결의 설정 완료비.
Fig. 8. Input traffic load ρ_1 vs. call/connection establishment completion ratio.

www.dbpia.co.kr

픽의 도착률 λ_1이 0.3인 경우 호와 연결의 설정 완료비가 1에 가깝다. 이것은 입력 트래픽이 모두 Queue 1에 다시 도착함을 의미하므로 실제 Queue 1에 제공된 총 load는 0.6에 가까운 값을 가진다. 호와 연결의 설정 완료비가 0.9이상인 경우는 본 논문에서 제시한 가정이 실제 시뮬레이션과 아주 잘 맞다는 것을 알 수 있다. 입력 트래픽 load ρ_1의 값이 커져감에 따라 성능 분석과 시뮬레이션간의 차이도 조금씩 커져간다. 성능 분석에서 가정한 poisson 분포가 load ρ_1이 점점 더 커질수록 손실이 많이 일어나 트래픽 λ_2는 poisson 분포에서 점점 더 벗어나기 때문이다.

그림 9는 Queue 1에서 threshold K1의 값을 변화시키면서 호와 연결의 설정 완료비를 측정한 결과이다. Queue 1에 들어오는 입력 트래픽 λ_1의 손실이 생기는 지점부터 시뮬레이션과 성능 분석간에 오차가 생긴다. 실제 시뮬레이션에서 λ_1은 손실이 생길 경우 일정한 시간후에 재시도를 한다. 성능 분석에서는 재전송하는 시점을 지수분포로 가정하여 풀었기 때문에 시뮬레이션보다 나쁜 결과를 보여준다.

그림 10은 Queue 2의 버퍼 길이인 K2의 값을 변화시키면서 호와 연결의 설정 완료비를 측정한 결과이다. 두 그림은 K1과 K3의 값을 적정하게 잡아서 Queue 1의 입력 트래픽 λ_1과 λ_3가 손실이 생길 확률이 아주 작다. 따라서 호와 연결의 설정 완료비에서 P_2가 중요한 역할을 하게끔 잡혀 있다.

그림 11는 Queue 1의 버퍼 길이인 K3의 값을 변화시키면서 호와 연결의 설정 완료비를 측정한 결과이다. Queue 1에 들어오는 총 load가 0.6에서 0.7 사이의 값을 가지므로 threshold K1을 10이상의 값으로 한정하면 K3의 변화가 호와 연결의 설정비에 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

2. 호와 연결의 평균 설정 시간

그림 12은 입력 트래픽 load ρ_1의 변화에 따른 호와 연결의 평균 설정 시간을 측정한 결과이다. 성능 분석에서는 임의의 user가 보낸 메시지중 첫번째와 세번째사이의 메시지의 평균 갯수를 구하여 평균 설정 시간값에 보상하여 주었다. 임의의 트래픽이 가지는 waiting time W_2가 이 값보다 그다지 크지 않은 경우에 중요한 역할을 한다.

성능 분석과 시뮬레이션간의 오차는 Queue 2에 도착하는 실제 트래픽의 갯수 계산 부분에서 생긴다.

λ_1° 트래픽이 Queue 2에서 손실을 경험하는 경우는 세개의 메시지중 어느 하나라도 손실이 생길 때이다. 이 세개의 메시지 각각이 손실을 경험할 확률을 동등하게 $\frac{P_2}{3}$로 가정하였다. 그러나, 실제 λ_1° 트래픽에 손실이

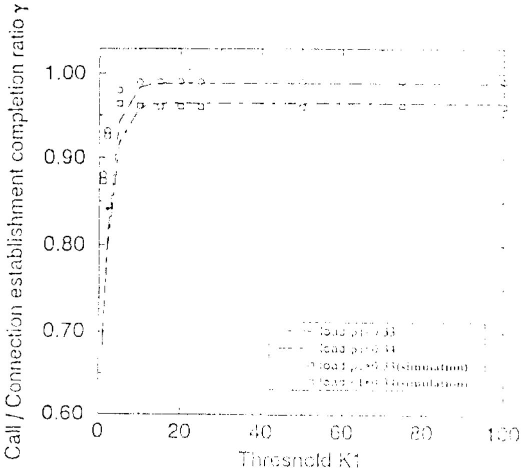


그림 9. Queue 1 threshold K1의 변화에 따른 호와 연결의 설정 완료비. (K2=200, K3=100)
Fig. 9. Queue 1 threshold K1 vs. call/connection establishment completion ratio.

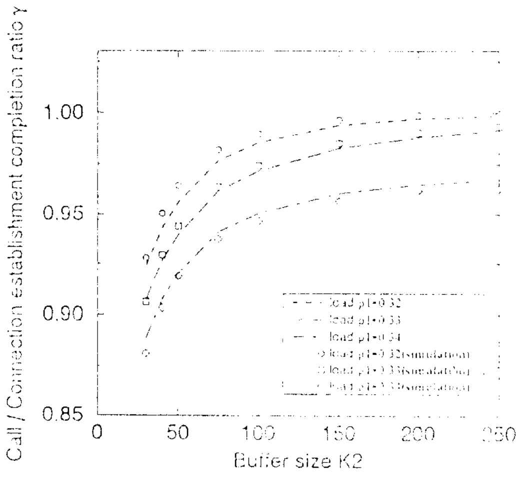


그림 10. Queue 2의 버퍼 길이 K2의 변화에 따른 호와 연결의 설정 완료비. (K1=75, K3=100)
Fig. 10. Queue 2 buffer length K2 vs. call/connection establishment completion ratio.

www.dbpia.co.kr

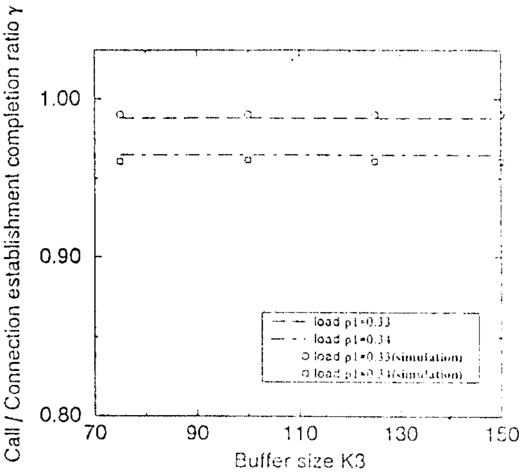


그림 11. Queue 1의 버퍼 길이 K3의 변화에 따른 호와 연결의 설정 완료비. (K1= 75, K2=200)

Fig. 11. Queue 1 buffer length K3 vs. call/connection establishment completion ratio.

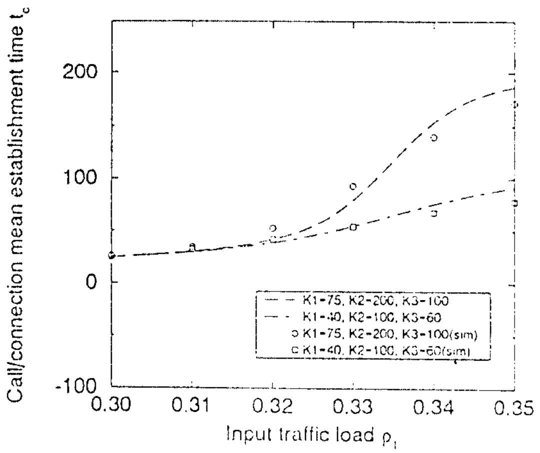


그림 12. 입력 트래픽 load ρ_1의 변화에 따른 호와 연결의 평균 설정 시간.

Fig. 12. Input traffic load ρ_1 vs. call/ connection mean establishment time.

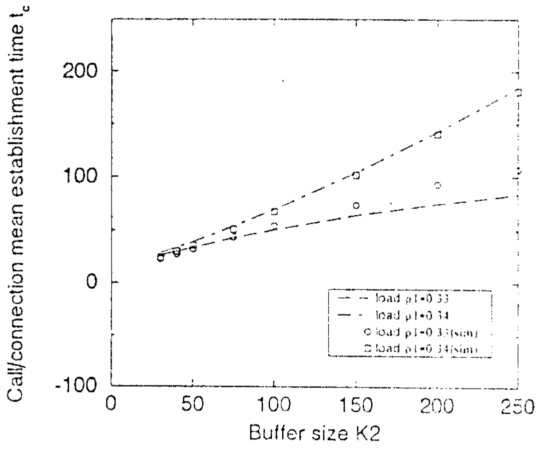


그림 13. Queue 2 버퍼 길이 K2의 변화에 따른 호와 연결의 평균 설정 시간. (K1=75, K3=100)

Fig. 13. Queue 2 buffer length K2 vs. call/ connection mean establishment time.

생기게 하는 세 가지 경우간에는 서로 다른 확률값을 가질 것이다. 첫번째 메시지가 손실이 생긴 경우는 재시도를 하므로 첫번째 메시지가 손실이 생길 확률은 그만큼 적을 것이기 때문이다. 또한 load λ_1이 커짐에 따라 P_2의 값 계산에서의 오차도 조금씩 증가해 간다. 전체 Queue 길이가 커짐에 따라 트래픽의 손실 확률은 줄어드나, 그 만큼 호와 연결의 평균 설정시간은 늘어감을 알 수 있다.

그림 13는 Queue 2의 버퍼 길이 K2의 변화에 따른 호와 연결의 평균 설정 시간을 측정한 결과이다. Q.2931 queueing 모델에서 호와 연결을 설정하는데 소비되는 대부분의 시간은 Queue 2에서의 트래픽의 waiting time W_2이다. 버퍼 길이에 따라 민감하게 반응함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 ITU-TSS 표준안을 근거로 B-ISDN 상위 계층 신호 프로토콜의 개요를 살펴보고, 신호 프로토콜의 궁극적인 목적의 관점에서 성능 분석을 하였다. 즉, 상위 계층 신호 프로토콜인 Q.2931에 정의된 절차에 의해서 호와 연결의 설정 완료비와 평균 설정 시간을 중심으로 성능 분석을 하였다. Q.2931 큐잉 모델은 발신자와 착신자가 보내는 트래픽을 처리하는 Queue를 각각 두었고, decomposition 방법에 의하여 성능을 분석하였다. 그리고 실제 B-ISDN 망이 구축되면 호와 연결의 설정 완료비는 거의 1에 가까워야 하므로 이런 사항을 고려하여 0.9이상의 값을 가지는 부분에 대하여

www.dbpia.co.kr

성능을 분석하였다. 0.9이상의 값을 가지는 부분에 대해서는 이런 decomposition에 의한 분석이 잘 맞았다. 호와 연결의 설정 완료비 값에 대해서 Queue 2의 버퍼 길이는 민감하게 반응하였다. 호와 연결의 평균 설정 시간은 호와 연결의 설정 완료비가 좋을수록 줄어들었다. Queue 2에서 트래픽 손실이 생길 확률과 평균 기다리는 시간을 구할 때 주의해야 한다.

참고문헌

1. CCITT, Q.2931, Draft text for Q.2931, Geneva, Dec. 1993.
2. B Law, "Signaling in the ATM network", *BT Technol J*, vol. 12, no. 3, July 1994.
3. M. De Prychker and R. Peschi, and T. Van Landegem, "B-ISDN and the OSI Protocol Reference Model", *IEEE Network*, March. 1993.
4. M. P. Rumsewicz, "Analysis of the Effects of SS7 Message Discard Schemes on Call Completion Rates During Overload", *IEEE Trans. Networking*, vol. 1, no. 4, August 1993.
5. P. Blankers, "Functional Modeling for Target B-ISDN Signaling", in Proc. IEEE Globecom '92, 1992.
6. V. A. Bolotin, "Modeling Call Holding Time Distributions for CCS Network Design and Performance Analysis", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 12, no. 3, April. 1994.
7. V. S. Frost and B. Melanned, "Traffic Modeling For Telecom- munications Networks", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 28, no. 3,March. 1994.
8. L. Kleinrock, Queueing Analysis, volume I : Theory, John Wiley & Sons, 1976.
9. P. G. Harrison and N. M. Patel, *Performance Modelling of communication Networks and Computer Architectures*, Addison-Wesley.

www.dbpia.co.kr

金 相 基(Sang Kee Kim) 정회원

1970년 7월 22일
1993년 : 한양대학교 전자통신공학과 (학사)
1995년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
1995년~현재 : 한국통신기술(주) 연구소 연구원
※주관심 분야 : 위성통신, 이동통신 망 관련 분야

孫 壽 炫(Soo Hyeon Sohn) 정회원

1982년 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1984년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1994년~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정
1984년 : (주)금성전기 연구소 입사
현재 : (주)LG정보통신 중앙연구소 전송연구단 책임연구원 재직중

鄭 海(Hae Chung) 정회원

1987년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
1991년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1991년~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정
1994년~현재 : 금성정보통신(주) 연구원
※주관심 분야 : 통신 프로토콜, 트래픽 및 CAC 제어.

殷 鍾 官(Chong Kwan Un) 정회원

1964년 : 미국 University of Delaware 전자공학과 학사
1966년 : 동 대학원 전자공학과 석사
1969년 : 동 대학원 전자공학과 박사
1969년~1973년 : 미국 University of Maine 전자공학과 조교수
1973년~1977년 : 미국 스텐포드연구소(SRI) 책임연구원
1977년~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수
1983년~1989년 : 한국과학기술원 통신공학연구실장
1991년~현재 : 음성정보연구센터장
- 국제 전기 및 전자공학회(IEEE)의 Fellow
- IEEE Communication Society, Acoustics Speech and Signal Processing Society 및 Cricuit and System Society 논문 심사위원
- IEEE Communication Socity의 Asian-Pacific Comittee 한국 대표위원
- 대한 전자공학회 통신연구회 위원장(1979년 1월~1980년 12월)
- 한국음향학회 부회장(1981년 6월~1987년 11월), 회장(1987년 11월~1989년 11월)
- 한국통신학회 이사(1985년 11월~1990년 11월)

※주관심 분야 : 디지탈 통신 및 신호처리

www.dbpia.co.kr