

공통선 신호 시스템의 ISDN 사용자부 신호 지연 분석

정회원 박철근*, 준회원 정태욱*

Analysis of ISUP signalling Delay in Common Channel Signaling System

Chul Geun Park*, Tae Wook Chung* *Regular Members*

요약

신호망에서의 지연은 망관리 행위의 응답시간에 직접적인 영향을 미치기 때문에 모든 제어정보는 가장 효과적으로 전송되어야 한다. 신호망이 효율적으로 운용되는지 뿐만 아니라 신호망의 효과적인 설계를 위해서 신호 시스템의 성능을 아는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 공통선 신호 시스템의 ISDN 사용자부(ISUP) 신호 메시지에 대하여 신호 링크가 갖는 평균 대기 지연을 집단도착을 갖는 $M^{[X]}/G/1$ 및 $M^{[X]}/D/1$ 대기체계로 분석하였다. 이는 하나의 호가 연결을 요구할 때 다양한 종류의 메시지들이 짧은 간격으로 발생한다는 점을 고려하여 신호 메시지의 도착과정을 집단 도착과정으로 모델링 했기 때문이다. 분석은 ITU-T 규격에 기반을 두고 여러 가지의 호 처리 시나리오를 고려하였으며, 또한 다른 대기체계 해석과 수치결과를 비교하였다.

ABSTRACT

As all delays resulting from the signaling network directly affect the response time of network management activity, all control informations have to be transported most efficiently. It is very important to know the performance of the signaling system not only because of smooth network operation but also because of efficient engineering of signaling networks. In this paper, we analyzed mean queueing delay of signaling link for ISUP signaling messages in common channel signaling system by using $M^{[X]}/G/1$ and $M^{[X]}/D/1$ batch arrival queueing system. This is because we modeled arrival process of the signaling messages as batch arrival process considering that many kinds of signaling messages are generated at short intervals when a call requests a connection. Analysis was carried out considering different call processing scenario based on ITU-T specification. We also described the numerical results from the different types of queueing models.

I. 서론

정보의 양이 많아지면서, 특히 데이터 통신 및 인터넷 통신의 수요가 급격히 불어나고 또한 통신 사용자들의 수요와 기대에 부응하기 위해 음성정보와 데이터 정보를 디지털로 통합 수용할 수 있는 종합 정보통신망(ISDN: Integrated Services Digital Network)^[1] 시대에 접어들고 있다. 이에 따라 통신망 접속서비스를 기본으로 하는 신호체제도 R2 방

식으로부터 공통선 신호방식의 하나이며 ISDN의 신호방식인 SS7 (Signalling System No.7)^[2] 신호체계의 도입은 전세계적인 추세가 되고 있다.

SS7 신호방식은 기본적인 종합정보통신망 접속 서비스와 부가서비스의 제공을 위한 신호능력뿐 아니라 사용자에게 편리하고 다양한 새로운 서비스를 신속하고 저렴하게 제공할 수 있는 지능망의 근간이 되는 신호시스템으로 발전할 수 있다. 또한 앞으로 전개될 이동망, 개인휴대 통신망, 광대역 종합정

* 선문대학교 전자정보통신공학부(cgpark@omega.sunmoon.ac.kr),
논문번호 : 99432-1027, 접수일자 : 1999년 10월 27일

보통신망 등의 여타 통신망에서도 SS7 신호방식은 이들 망의 신경계의 역할을 핵심적으로 수행할 것으로 사려된다.

위와 같은 미래의 통신망 구축과 발맞추어 국내 외적으로 SS7 신호망의 도입이 속속 진행되고 있다. 따라서 경제적인 신호망 설계와 신호망 관리를 위해 신호체계의 성능분석이 필수불가결한 상황이다. 이를 위해 현대 통신망의 근간이 될 ISDN에서의 SS7 신호체계의 성능 분석에 대한 연구는 여타 망에서 응용되는 공통신 신호시스템의 성능분석에 대한 기본이 된다. 특히 인터넷 정보의 폭발적인 증가로 인해 ISDN망의 시설확장이 필연적이며 이에 따르는 SS7 신호망의 용량 증가도 필연적이다. 결과적으로 ISDN망에서 SS7 신호체계의 성능 분석의 필요성은 더욱 부각된다.

공통신 신호시스템은 서비스하는 통신망의 교환기 혹은 다른 노드들 간에 신호 메시지의 전송을 위해 ITU-T의 SS7 프로토콜을 사용한다. SS7 프로토콜은 OSI(Open Systems Interconnection) 참조 모델과 같이 계층 구조를 갖는다. SS7 망은 비연결(connectionless) 서비스를 제공한다. 즉, 데이터 통신 세션이 설정되기 전에 메시지 호 설정 절차가 없고, 각 메시지는 망을 통하여 독립적으로 라우팅된다. 따라서 고속 신호 교환이 가능하며 호설정 시간을 크게 줄일 수 있다. SS7 망은 PSTN(Public Switched Telephone Network)에서의 SPC(Stored Program Controlled) 교환기, DB 및 운용 시스템에 관여를 위한 신호 메시지 전송을 제공하며, 이것은 PSTN으로부터의 호 제어 메시지가 음성 연결로부터 완전히 분리된 통신 경로로 전달되기 때문에 가능하다. SS7 망에서의 메시지들은 PSTN에서의 노드들 간에 호 제어신호를 제공할 뿐만 아니라 080 서비스나 ABS(Alternative Billing System)서비스와 같은 트랜잭션 기반 서비스도 제공할 수 있다.

SS7은 크게 나누어 메시지 전송부(MTP : Message Transfer Part)^[3]와 사용자부(UP : User Part)로 구성되어 있다. 메시지 전송부는 정보 전송을 필요로 하는 사용자부 간에 높은 신뢰성의 전송을 보장하는 기능을 한다. 사용자부는 기존의 전화와 ISDN 및 지능망의 호를 연결, 해지하는 기능을 가지며 ISDN 사용자부^[4](ISUP : ISDN User Part), 전화 사용자부(TUP : Telephone User Part) 및 데이터 사용자부(DUP : Data User Part) 등이 있다. 특히 ISUP는 TUP와 DUP의 기능을 모두 지원한다^[5]. 본 논문에서는 각 서비스의 호를 연결, 해지하는

사용자부 중에서 특히 ISUP의 성능에 대하여 알아보고자 한다.

신호망에 의해 초래되는 지연은 호제어나 망관리 행위의 응답시간에 직접적인 영향을 미치기 때문에 모든 제어정보는 가장 효과적으로 전송되어야 한다. 결국 SS7 망의 광범위한 개발과 다양하게 늘어나는 응용 서비스에 따라, 신호 제어망이 효율적으로 운용되는지 뿐만 아니라 신호망의 효과적인 설계를 위해서 신호시스템의 성능을 아는 것은 매우 중요하다.

망성능 평가방법에는 측정을 통한 방법과 시뮬레이션을 통한 방법 그리고 대기체계분석(queueing analysis)을 통한 방법이 있다. 공통신 신호망은 제어 프로그램 및 망 DB에 기반을 둔 망관리와 통신망에서 호연결 제어를 향상시키기 위해 도입되었다. 복잡하고도 정교한 분산형 시스템으로 새로운 호접속 관리 및 통신망 관리능력이 이루어진다. 대부분의 신호메시지 교환은 신호접속처리나 폭주제어 함수에 엄격한 시간 제한을 두고 있다. 이러한 시간제한에 따르는 망성능에 대한 정량적 분석이 필요하므로 SS7 신호망은 해석적으로 분석될 필요가 있으며 이것은 대기체계분석을 통해 효과적으로 달성할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 대기체계분석을 통한 방법을 이용하기로 한다.

또한 SS7은 OSI 참조 모델과 같이 계층구조를 갖기 때문에 성능을 평가할 때 계층 프로토콜 구조의 도입에 따른 복잡성에 대처하기 위하여 적절한 성능 모델링 방법이 선정되어야 한다. SS7 망은 SPC 교환 시스템으로서 분산 제어 구조를 가지며, 분산 시스템에 대한 대부분의 해석적 성능 연구는 프로토콜 메카니즘에 독립적으로 초점을 맞추거나 계층 프로토콜 구조에 포함된 특정 계층의 프로토콜에 초점을 두고 있다. 따라서 성능 분석은 ITU-T 권고안^[2,4]에 주어진 SS7의 계층별 기능 규격에 기반을 두고 다른 계층의 프로토콜에 독립적인 큐잉 모델을 구성하여 수행 가능하다^[6].

ISDN 사용자부는 기존의 전화와 ISDN 및 지능망의 호를 연결, 해지하기 위해 사용되며, 신호 메시지는 신호 단국간에 구성된 공통신 신호망에서 하나 이상의 신호 링크를 통해 전송된다. ISUP 메시지에 대한 신호 트래픽은 신호 단국인 교환기에 전화, ISDN 및 IN 호가 도착함에 따라 발생하는 관계로 일반적인 호 도착과정을 따른다고 볼 수 있다. 전화 호의 경우 독립적으로 행동하는 무한히 큰 수의 잠정적인 사용자들을 가지기 때문에 포아송

도착과정이 적용될 수 있으며 실제 서비스 요구에 있어서도 이와 같은 특성을 갖는다고 알려져 있다^{17,8)}. 이에 따라 공통선 신호망에서의 성능분석에 기본이 되는 링크지연 및 링크 이용률을 주로 포아송 과정인 M/G/1 대기체계로 분석함으로써 해석적 결과를 쉽게 얻고 있다⁸⁾.

그러나 하나의 호 도착과 관련하여 신호 단국간에 여러 종류의 신호 메시지가 호 처리상황에 따라서 연속하여 나타나게 되며, 이들 메시지들의 도착은 교환기가 신호 메시지를 전송하고자 할 때에 관계한다. 예로서 발신 호에 대해 신호 메시지가 출발하는 것을 보면 선두 어드레스 메시지인 IAM (Initial Address Message)이 호 도착과 관계하여 송출되고 그 후에 중계선 상태 시험결과인 연속성 메시지(COT : Continuity Message)가 송출되며 착신단이 통화종일 경우 착신국으로부터의 복구 메시지(REL : Release Message)의 응답 메시지인 복구완료 메시지(RLC : Release Complete Message)가 송출된다. 이렇게 다양한 신호 메시지들이 서로 연관을 갖는 것을 여러 가지 호 처리 시나리오에서 찾아볼 수 있다.

그러므로 하나의 호를 연결, 해지하기 위해 연속하여 발생하는 일련의 ISUP 메시지들의 도착 과정은 집단 도착 과정을 갖는 포아송 과정으로 볼 수 있는데, 기존의 M/G/1 대기체계에 의한 링크 지연의 특성 분석은 이러한 상관관계를 고려하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 상관관계를 고려하여 호 처리 시나리오별 신호 메시지 흐름을 조사하고 통화시간과 착신단 점유 후 응답시간과 같이 인위적인 요소가 개입되지 않고 연관되어 발생하는 메시지들을 집단적인 도착으로 하여, 전송시간이 일반 분포인 $M^{(X)}/G/1$ 대기체계와 전송시간이 비확률적 상수(deterministic) 분포를 갖는 $M^{(X)}/D/1$ 대기체계에 의해 평균 링크지연을 분석하였다. 여기에서의 신호 링크 지연은 교환기에 접속된 FIFO (First In First Out) 시스템을 가정한 신호 링크 전송버퍼에서 송출되기 위해 대기하는 신호 메시지의 대기시간이다. 또한 분석 결과를 일반적인 분석 방법에서 사용하던 M/G/1 대기체계와 비교 분석하였다.

본 논문에서는 ITU-T 기능 규격에 기반을 두고 다른 계층들의 프로토콜에 독립적으로 ISUP의 지연 성능을 분석하였으며, 해석적으로 다루기 쉽게 하기 위해 교환기 시스템이나 신호 링크의 비정상적인 동작으로 인한 이상 신호 트래픽은 고려하지 않고

정상 통화완료, 착신단 및 중계단 출중계 통화중(busy), 착신 무응답, 착신 결번호인 경우에 대한 신호 트래픽을 적용하였다. 2절에서는 ISUP의 기능 및 ISUP 메시지의 종류를 알아보고 여러 가지의 호설정 시나리오에 따른 ISUP 메시지들의 흐름을 설명한다. 3절에서는 ISUP 메시지의 집단 도착 과정과 서비스 시간분포를 설명하고 신호링크의 대기 지연을 분석한다. 4절에서는 수치계산의 결과를 보이고 5절에서 본 논문의 결론을 제시한다.

II. ISUP 메시지의 흐름

ISUP는 통신의 기본이 되는 회선접속제어, 회선감시제어 및 회선접속에 관련되는 부가서비스제어로 대별되는 신호기능을 갖는다. 회선접속제어는 사용자 단말간의 통신을 실현하기 위해서 사용자 단말기와 통신망 및 통신망 내의 교환기에서 통화회선의 설정, 해제하는 기능을 갖는다. 회선감시제어는 교환기의 이상시 또는 보수 및 시험을 위하여 발신 및 착신측의 교환기간의 회선 상태를 일치시켜 주기 위하여 회선 또는 회선군의 폐쇄, 리셋(reset) 및 상태대조 등의 기능을 갖는다. 부가서비스제어는 회선접속에 관련하여 착신전송, user-to-user 정보전송 및 발신자번호 통지 등의 부가서비스를 제공하는 경우 회선접속제어 기능에 부가적인 신호정보를 사용하는 기능이다. 회선감시제어와 부가서비스제어에 관련되는 메시지는 발신측 및 착신측 교환기 즉 단국 간에 교환되는 메시지가 아니므로 본 논문에서는 회선접속제어에 관련된 신호메시지에 대해서만 고려한다. 신호 단국 교환기에서 나타나는 ISUP 메시지 흐름은 발신 및 착신 신호 각각에 대응하는 두개의 독립된 신호 메시지의 흐름으로 구성된다. 하나는 발신 호에 대해 발신국에서 착신국으로 이동하는 메시지들이고 또 하나는 착신 호에 대해 착신국에서 발신국으로 이동하는 메시지들이다.

먼저 그림 1. (a)의 통화완료호를 예로서 호 설정 및 해제에 관련된 메시지의 흐름을 살펴보면, 호 설정의 경우 하나의 특정한 호에 대한 신호 메시지 흐름은 발신국 교환기가 다이얼된 디지트를 완전히 수신하고 디지트 분석 및 라우팅을 완료한 후 착신국 또는 중계국 교환기로 중계로를 연결하기 위하여 통화회선의 접속을 요구하는 선두 어드레스 메시지(IAM)를 송출함으로써 시작된다. IAM에는 선택회선코드(SLS : signalling link selection), 착신신

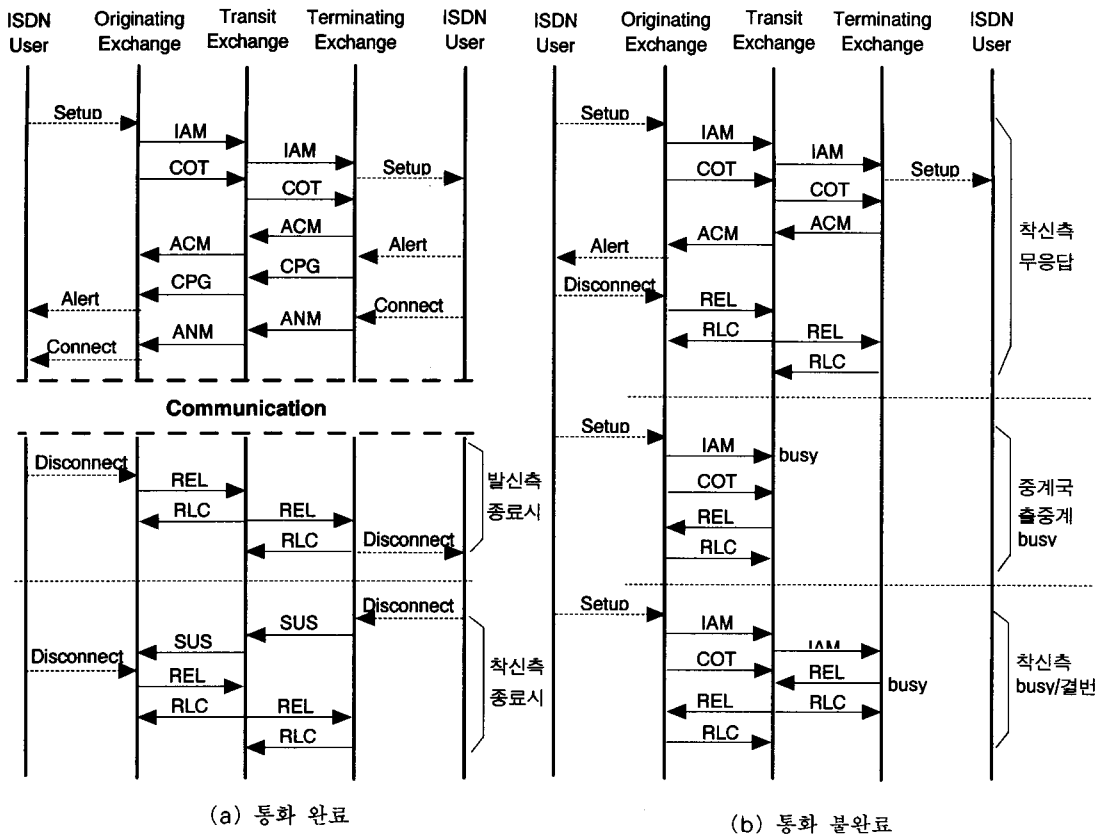


그림 1. ISUP 메시지 흐름 (a) 통화완료, (b) 통화불완료

호국코드 및 수신단말코드 등이 포함되어 있다. IAM의 뒤를 따라 하나의 연속성 메시지(COT)가 송출된다. COT는 사용하고자 하는 중계선 상태의 시험결과 메시지로서 중계선 상태시험은 매호 또는 n호마다 선택적으로 시행할 수 있는데, 본 논문에서는 매호마다 실시하는 것으로 기반으로 분석하고 n호마다 선택적으로 시행했을 경우와 비교 분석한다.

IAM을 수신한 착신측 교환기는 호출된 사용자의 단말기가 비어있으면 착신요구(setup)를 송신하는 동시에, 착신 단말기에 필요한 정보가 전달되었다는 내용을 발신측 교환기에 통지하는 어드레스 완료 메시지(ACM : Address Complete Message)를 발송한다. 이어서 착신측 교환기는 착신 단말로부터 호출중의 표시(alert)를 수신하면, 착신 단말이 호출중인 것을 표시하는 호경과 메시지(CPG : Call Progress Message)를 발신측으로 송신한다. 그리고 착신측 교환기가 착신 단말로부터 착신호의 요구에 대한 응답표시(connect)를 수신하면, 회선을 접속하고 발신측 단말기로 통화회선의 접속이 완료되었다

는 것을 표시하는 응답 메시지(ANM : Answer Message)를 송신한다. 발신측 교환기는 ANM을 수신하면 단신 단말에 이 사실을 통보(connect)함에 따라 발신 및 착신측 사용자 사이에 통화가 이루어진다.

설정된 회선의 해제 절차는 발신측 사용자가 먼저 끊는 경우와 착신측 사용자가 끊는 경우에 따라 발생하는 메시지에 차이가 있다. 발신측 사용자가 먼저 절단(disconnect)한 경우 발신측 교환기는 통화 회선을 해제하기 위해서 착신측 교환기에 복구 메시지(REL : Release Message)를 송출한다. REL을 수신한 교환기는 해당하는 회선을 비어있는 상태로 만들고 이 사실을 표시하는 복구완료 메시지(RLC : Release Complete Message)를 송신측 교환국으로 반송하는 동시에 다음 교환국에게는 REL을 송신한다. 착신측 교환기가 REL을 수신하면 착신 단말에 해제요구(disconnect)를 송신한다. 착신측 사용자가 먼저 절단하는 경우는 착신측 교환기가 발신측으로 중단 메시지(SUS : Suspend Message)를 송신하고

이어서 발신측의 절단으로 해제 절차가 이루어진다. 이때 발신측 교환기가 SUS를 수신하면 타이머가 작동하여 이 시간동안 발신자가 절단하지 않으면 타이머 종료 후 자동으로 절단이 되지만, 본 논문에서는 착신측 절단 후에 바로 발신측이 절단하는 것으로 하였다. 이와같이 발신측에서 착신측으로 향하는 메시지 흐름은 선두 메시지인 IAM과 뒤 따르는 메시지인 COT, RLC, REL로 구성되고, 착신측에서 발신측으로 향하는 메시지 흐름은 첫번째 메시지인 ACM과 뒤따르는 메시지인 CPG, ANM, REL, SUS로 구성된다.

본 논문에서 고려한 신호메시지 흐름은 통화 완료호, 중계국 출중계 및 착신단말 통화중 호, 착신 무응답호 및 착신 결번호인 경우에 대한 것이고, 이들은 공중 전화망(PSTN)에서 전체 발생호의 약 86%^[9]에 이른다. 이들에 대한 신호 메시지 흐름은 그림 1에 나타나 있다. 기타 고려하지 않은 약 14%는 다이얼중 호 포기, 다이얼 지연(time out), 발신국 출중계 통화중 및 발신국 폭주 등과 같이 발신국 내에서 호가 종료되어 신호 메시지가 발생되지 않는 경우와 시설고장, 무반응 등 발생 원인이 불명확하여 신호 흐름의 해석이 곤란한 경우이다.

III. 집단도착과 신호링크 지연 분석

신호 메시지의 도착과정과 서비스 시간 분포의 분석을 위해 신호 단국에서 발신 및 착신되는 호의 비는 1:1로 가정하였으며 통화 완료호의 50%가 발신자가 먼저 끊는 것으로 가정하였다. 또한, 신호링크 지연 분석이 실제 상황에 접근할 수 있도록 호 처리 유형별 발생률 및 통화 완료율을 공중전화망의 실제 데이터^[9]를 기반으로 적용하고 통화완료호의 비율을 변화시켜가면서 비교 분석을 행하였다. 최대 272옥텟으로 제한되는 ISUP 신호 메시지의 길이는 일반적인 설계기준^[6]을 기반으로 적용하고, 향후 서비스가 다양해지고 신호망의 규모가 방대해짐에 따라 메시지 내의 제반 정보들이 늘어나 메시지의 크기가 커질 것을 고려하여 메시지의 크기를 변화시켜 가면서 ISUP의 성능을 분석하였다.

1. 신호 메시지의 집단도착 과정

그림 1의 ISUP 신호 메시지 흐름에서 보는 바와 같이 하나의 호가 발생하여 종료하기까지는 여러 가지 신호 메시지들이 나타나며, 이 신호 메시지들의 도착 시간 간격은 통신망의 성능과 운용 환경에

의존되는 호 처리 및 신호 메시지 처리 시간과, 이용자의 반응 또는 성향에 의존되는 통화시간 및 착신 응답시간에 관련된다.

호 처리 및 신호 메시지 처리 시간은 매우 짧으므로 이 시간 간격을 가지고 연속하여 도착하는 신호 메시지는 거의 동시에 도착한다고 볼 수 있기 때문에 이들은 하나의 집단으로 분류될 수 있다. 예로서 통화 완료호의 경우 발신측의 IAM과 COT, 착신측의 SUS와 RLC가 각각 하나의 집단적인 도착으로 분류된다. 이에 대한 호 종류별 신호 메시지 집단의 크기(G)를 표 1에 보였고 이것은 일반적인 설계 기준에 따른 신호 메시지의 크기를 적용한 것이다(표 3 참조).

한편, 신호 메시지 도착시간 간격이 통화시간, 착신 응답시간과 같이 이용자의 반응 또는 성향에 관계될 때는 이 시간 간격이 신호 링크 점유시간 보다 충분히 커서 신호 메시지들 간에 상관성이 없을 것으로 예상하여 하나의 집단으로 보지 않고 별도의 집단으로 분리하였다. 예로서 통화 완료호의 경우 발신측의 REL과 착신측의 ACM, CPG, ANM, RLC가 이에 해당한다.

집단의 크기(G)는 $M^{(X)}/D/1$ 모델의 경우 위에서 별도의 집단으로 분리한 메시지 중에서 가장 작은 메시지의 크기를 단위 메시지 크기 $D=1$ 로 하여 계산하였고, $M^{(X)}/G/1$ 모델의 경우는 집단으로 발생하는 메시지의 개수를 메시지 집단의 크기로 하였다. 표 1의 결과에 대해 공중 전화망의 호 종류별 발생률을 적용한 집단크기 G 가 $i(i=1,2,3,\dots)$ 인 확률 g_i 는 표 2에 잘 나타나 있다. 표 2에서 p 는 통화완료호 발생율이고 p_1, p_2, p_3 ($p_1+p_2+p_3=1-p$)는 각각 통화불완료호에 해당하는 착신 무응답(13.42%), 중계국 출중계 통화중(0.71%) 그리고 착신단말 통화중 및 결번(9.85%)에 관한 호 발생율^[9]이고 실제 발생율에 기인하여 다음과 같이 구한다.

$$p_1 = \frac{13.42}{13.42+0.71+9.85} (1-p)$$

$$p_2 = \frac{0.71}{13.42+0.71+9.85} (1-p)$$

$$p_3 = \frac{9.85}{13.42+0.71+9.85} (1-p)$$

표 2의 결과를 이용하여 집단의 크기 G 의 평균 g 와 2차 모멘트 $g^{(2)}$ 를 다음 식들 (1), (2), (3)에

표 1. 호 종류별 ISUP 메시지 집단(G)의 크기

구분		발신국→착신국			착신국→발신국		
		G=3	G=2	G=1	G=3	G=2	G=1
통화 완료	발신 측 종료	-	1	1	-	-	4 ⁽¹⁾
	착신 측 종료	-	1	1	-	1	3 ⁽²⁾
착신 무응답		-	1	1	-	-	2 ⁽³⁾
중계국 출중계 BUSY		1	-	-	-	-	-
착신 BUSY 및 결번		1	-	-	-	-	1 ⁽⁴⁾
계		2	3	3	-	1	10
메시지 구성		IAM+COT+RLC	IAM+COT	REL	-	SUS+RLC	*(1),(2),(3),(4)

* (1) ACM,CPG,ANM,RLC, (2) ACM,CPG,ANM, (3) ACM,RLC, (4) REL

표 2. 신호메시지 집단별 발생 비율 (단위 : %)

구분		발신→착신			착신→발신			PSTN 발생률
		g ₃	g ₂	g ₁	g ₃	g ₂	g ₁	
통화 완료	발신 측 종료	-	6.0	6.0	-	-	24.0	61.28
	착신 측 종료	-	6.0	6.0	-	6.0	18.0	
착신 무응답		-	4.0	4.0	-	-	8.0	13.42
중계국 출중계 BUSY		1.0	-	-	-	-	-	0.71
착신 BUSY 및 결번		5.5	-	-	-	-	5.5	9.85
계		6.5	16.0	16.0	-	6.0	55.5	85.80

표 3. 신호메시지 발생률 및 메시지 길이

구분	IAM	COT	ACM	ANM	CPG	SUS	REL	RLC	평균
메시지 발생률(α)	0.15	0.15	0.13	0.11	0.11	0.05	0.05	0.05	1.0
메시지 길이 (octet)	91	15	17	15	54	15	19	15	31.6
메시지서비스 시간(ms)	11.38	1.88	2.13	1.88	6.75	1.88	2.38	1.88	3.77

의해 구한다. 식 (1)에서 $G(z)$ 는 연속되는 신호 메시지 집단의 크기 G 에 대한 확률생성함수(probability generating function)이다.

$$G(z) = \sum_{i=1}^{\infty} g_i z^i, \tag{1}$$

$$g = E[G] = G^{(1)}(1), \tag{2}$$

$$g^{(2)} = E[G(G-1)] = G^{(2)}(1). \tag{3}$$

2. 서비스 시간 분포

본 논문에서 고려한 ISUP 신호 메시지 서비스 시간은 교환기에 접속된 링크 중단에서의 신호 메시지 전송시간이다. 신호링크의 전송속도는 64Kbps

를 적용하였다. 최대 272옥텟으로 제한되는 ISUP 신호 메시지 크기는 본 논문에서는 일반적인 설계 기준을 기반으로 적용하고 메시지 크기에 대한 지연 성능의 영향을 알아보기 위하여 메시지의 크기를 변화시켜 가면서 ISUP의 성능을 분석하였다. 신호 메시지 전송시간은 집단 내 신호 메시지 길이의 분포에 관계하며, 하나의 신호 메시지 집단은 호 처리 상황에 따라 길이가 다른 여러 가지의 독립적인 신호 메시지들로 구성되므로 일반분포를 갖는다고 할 수 있다. 호 처리 시나리오에 대해 고려하는 메시지는 IAM을 비롯하여 총 8종으로서 각각에 대한 발생 확률과 서비스 시간은 표 3에 나타나 있다.

$B^*(s)$ 를 서비스 시간 분포함수의 라플라스 변환이라 하고 신호 메시지 j ($j=1,2,3, \dots, 8$)가 서비스 시간으로 x_j 를 가질 확률을 a_j 라 하자.

$$B^*(s) = \sum_j e^{-s x_j} a_j, \tag{4}$$

서비스 시간에 대한 평균 b 와 2차 모멘트 $b^{(2)}$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$b = (-1) B^{*'}(s)|_{s=0} = \sum_j x_j a_j, \tag{5}$$

$$b^{(2)} = (-1)^2 B^{*''}(s)|_{s=0} = \sum_j x_j^2 a_j. \tag{6}$$

신호 링크 대기 지연은 교환기에 접속된 FIFO 시스템인 신호 링크 중단의 단일 전송 버퍼에서 대기하는 신호 메시지의 평균 대기 지연시간에 관한 것이다. 신호 메시지 집단 내에서의 하나 이상의 연속되는 메시지들이 있으며 각 메시지들의 대기 시간은 독립적인 시간으로 구성된다. 신호 메시지 집단 내 첫 번째 메시지의 대기 시간은 W_g , 분포 함수의 라플라스 변환은 $W_g^*(s)$, 뒤따르는 메시지의 대기시간은 D , 분포 함수의 라플라스 변환은 $D^*(s)$ 로 하자.

신호 메시지들의 대기시간은 독립적이므로 집단 내 임의의 메시지에 대한 대기지연 분포함수 W 에 대한 라플라스 변환은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$W^*(s) = W_g^*(s) D^*(s). \tag{7}$$

λ 가 신호 메시지 집단들의 포아송 도착률을 나타낸다고 하면 $\rho = \lambda g b$ 는 신호 링크의 이용률을 나타낸다. 여기서 g 와 b 는 각각 식(2)와 (5)에 나타나 있다. 집단 내의 첫 번째 메시지에 대한 대기시간은

M/G/1 대기체계에서와 같으므로 다음과 같이 구한다¹⁰⁾.

$$W_g^*(s) = \frac{s(1-\rho)}{s-\lambda+\lambda G[B^*(s)]}, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} E[W_g] &= (-1) \frac{d}{ds} W_g^*(s)|_{s=0} \\ &= \frac{\lambda[gb^{(2)}+g^{(2)}b^2]}{2(1-\rho)}. \end{aligned} \quad (9)$$

다음으로 $D^*(s)$ 를 구하기 위해 집단 내 임의의 신호 메시지 앞에 위치한 메시지 수 D_+ 의 분포를 구해야 하는데 이는 참고문헌¹⁰⁾에 잘 나타나 있으며 D_+ 의 확률 생성함수 $D_+(z)$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$D_+(z) = \frac{1-G(z)}{g(1-z)} \quad (10)$$

분포함수 D 의 라플라스 변환과 평균은 다음과 같다.

$$D^*(s) = D_+[B^*(s)] = \frac{1-G[B^*(s)]}{g[1-B^*(s)]}, \quad (11)$$

$$E[D] = (-1) \frac{d}{ds} D^*(s)|_{s=0} = \frac{g^{(2)}b}{2g}. \quad (12)$$

그러므로 집단 내 임의의 메시지에 대한 대기시간 분포함수의 라플라스 변환과 평균은 다음 식들로 주어진다.

$$W^*(s) = \frac{s(1-\rho)}{s-\lambda+\lambda G[B^*(s)]} \frac{1-G[B^*(s)]}{g[1-B^*(s)]},$$

$$\begin{aligned} E[W] &= (-1) \frac{d}{ds} W^*(s)|_{s=0} \\ &= \lambda \frac{gb^{(2)}}{2(1-\rho)} + \frac{g^{(2)}b}{2g(1-\rho)}. \end{aligned}$$

IV. 수치 계산 결과

신호 메시지의 평균 대기지연에 대한 다른 형태의 대기체계의 비교 분석은 포아송 과정을 갖는 단일 신호 메시지 도착에서 전송 시간이 일반 분포를 갖는 M/G/1 모델에 대하여 실시하였다. M/G/1 대기체계에 대한 지연은 집단도착과정 모델에서 적용한 식을 M/G/1 모델에 적합하도록 평균과 모멘트를 변경하여 계산하였다. 즉, M/G/1의 경우 집단 크기의 평균은 $g=1$, 이에 대한 2차 모멘트는

$g^{(2)}=0$ 로 하였다. 분석에 있어서 기본적으로 링크 이용률 $\rho=0.4$ 에서 신호 메시지의 길이는 일반적인 설계기준을, 유형별 호처리 발생율은 실제 데이터를 기반으로 적용하고 COT는 매호마다 발생한다고 가정하였으며, 여러 가지 망상황에 따른 지연성능을 알아보기 위하여 이러한 파라미터들을 변화시켜가며 분석을 실시하였다.

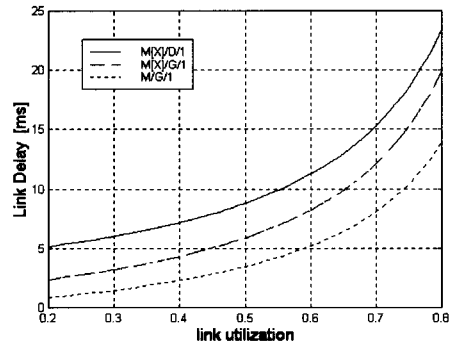


그림 2. 신호링크 평균 메시지 대기시간 비교

먼저 그림 2에 링크 이용률 ρ 에 따른 신호 링크에서의 평균 메시지 대기시간을 보였다. 집단도착과정 모델을 분석한 결과 $M^X/D/1$ 모델의 경우 평균 대기지연이 링크 이용률 $\rho=0.4$ 일 때 약 7.19ms, $\rho=0.8$ 일 때 약 23.46ms로 약 3.3배 증가하였고, $M^X/G/1$ 모델의 경우 평균 대기지연이 링크 이용률 $\rho=0.4$ 일 때 약 4.34ms, $\rho=0.8$ 일 때 약 19.97ms로 약 4.6배 증가하였다. 또 집단도착과정 모델을 M/G/1 모델과 비교분석한 결과 링크 이용률 $\rho=0.4$ 에서 $M^X/G/1$ 모델은 약 1.9배, $M^X/D/1$ 모델은 약 3.1배 정도 M/G/1 모델보다 높게 나타났으며 링크 이용률 증가에 따라 그 차는 점차 감소하여 $\rho=0.8$ 에서는 각각 1.4배, 1.7배 정도 높게 나타났다. 비교분석에서 전 모델의 평균 대기지연은 링크 이용률이 $\rho=0.4$ 이상으로 증가할 때 급한 증가를 보였으며 전송시간이 일반적인 분포를 갖는 경우에 더 빠른 증가를 보였고 M/G/1 모델이 집단도착과정을 갖는 대기모형보다 링크 이용률 증가에 민감하게 반응하였다.

그림 3에 통화완료율에 따른 신호 링크에서의 평균 메시지 대기시간을 보였다. 통화완료율이 높아짐에 따라 세 가지 모델의 지연이 점차 낮아짐을 알 수 있다. 이것은 통화완료율시에 나타나는 큰 메시지 집단의 비율이 낮아지고 통화완료시에 비교적 큰 비율로 나타나는 작은 메시지 집단의 비율이 커

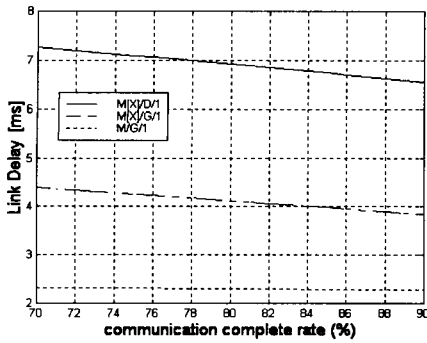


그림 3. 통화완료율에 따른 평균 메시지 대기시간 비교

집에 따라 집단 크기의 평균이 작아지기 때문이다. 통화완료율이 70%에서 90%로 늘어남에 따라 평균 대기 지연은 $M^{X/D/1}$ 모델의 경우 약 0.9배, $M^{X/G/1}$ 모델의 경우는 약 0.87배로 지연이 낮아진 것에 비해 $M/G/1$ 모델은 0.98배로 거의 변화가 없었다. 이것은 단일 도착 과정을 따르는 모델보다 집단 도착 과정을 따르는 모델이 통화완료율에 따른 신호 메시지들의 비율의 변화에 잘 반응함을 나타낸다.

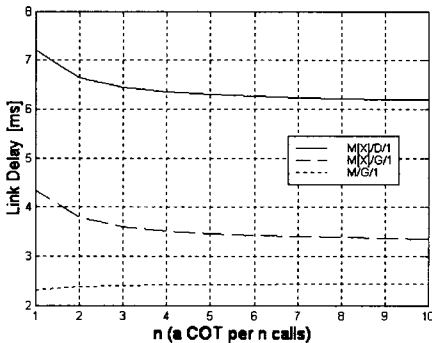


그림 4. COT 발생빈도에 따른 평균 메시지 대기시간 비교

COT는 증계선 상태를 시험하는 메시지로서 IAM의 발송에 이어 연속적으로 송출되는데 n 호마다 선택적으로 발생시킬 수 있다. 이때의 n 에 따른 평균 메시지 대기 시간을 그림 4에 나타냈다. COT가 간헐적으로 발생할수록 $M^{X/G/1}$ 모델과 $M^{X/D/1}$ 모델의 경우는 평균 지연이 줄었지만, 반면에 $M/G/1$ 모델은 오히려 약간씩 증가하여 바람직하지 못한 결과를 보였다. 이러한 결과의 이유는 COT의 길이가 단위 메시지의 길이와 같을 정도로 짧기 때문에 COT가 발생하였을 때 보다 발생하지 않았을

때 메시지의 평균 서비스 시간이 늘어나기 때문이다. 하지만 집단 도착과정으로 해석하면 COT는 항상 IAM에 연속적으로 발생하는 집단으로 분류되기 때문에 COT가 발생하지 않을 때에는 그 집단의 크기가 작아져 평균 지연이 낮아지는 자연스러운 결과를 얻을 수 있다.

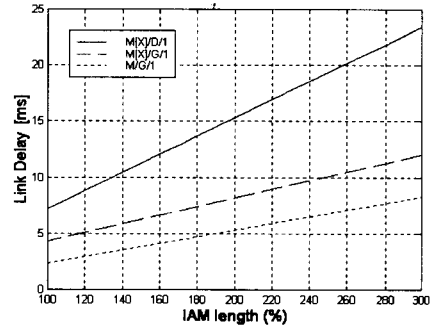


그림 5. IAM 길이에 따른 평균 메시지 대기시간 비교

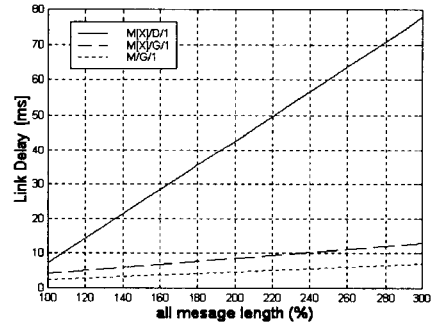


그림 6. 메시지 길이에 따른 평균 메시지 대기시간 비교

그림 5와 그림 6에는 신호 메시지 길이의 변화에 따른 평균 메시지 대기 시간을 보였는데, IAM의 길이를 91 옥텟이라고 했을 때 신호 메시지의 최대 길이인 272 옥텟을 넘지 않도록 300%의 크기까지 변화시켜본 결과이며 링크 이용률은 $\rho=0.4$ 로 고정되어 있다. 그림 5는 IAM의 크기만 변화시켜본 결과이며 IAM의 크기가 3배 증가했을 때 $M^{X/D/1}$ 모델의 경우 평균 지연이 약 3.7배 증가하였고 $M^{X/G/1}$ 모델과 $M/G/1$ 모델의 경우 각각 2.8배, 3.6배 정도 증가하였다. 그림 6은 모든 종류의 신호 메시지의 크기를 변화 시켜본 결과인데 전송시간이 일반분포인, 즉 $M^{X/G/1}$ 모델과 $M/G/1$ 모델의 경우에는 신호 메시지들의 크기가 3배까지 증가함에 따라 평균 대기 지연도 3배로 자연스럽게 증가한 반

면에 $M^{(X)}/D/1$ 모델은 약 11배까지 증가하여 바람직하지 못한 결과를 보였다. 또한 그림 5의 예와 그림 6의 예를 통하여 비교 분석하면 $M/G/1$ 모델의 경우 IAM의 길이만 변화시켰을 때의 평균지연이 모든 신호 메시지의 길이를 증가시켰을 때의 지연보다 더 높은 값을 보여 바람직하지 못한 결과를 나타낸다. 따라서 신호 메시지의 크기 변화를 고려하여 시스템을 분석하고자 할 때 $M^{(X)}/G/1$ 모델을 사용하는 것이 가장 바람직한 결과를 얻을 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 공통선 신호망에서 ISUP 신호에 대해 신호 메시지의 흐름을 호 처리 시나리오 별로 조사하고, 신호 링크 버퍼에 도착하는 신호 메시지 집단의 분포와 신호 링크의 일반적인 전송 시간 분포를 분석하여 신호 메시지 집단 내의 임의의 메시지가 어느 정도의 평균 대기지연을 갖는가를 보였다. 분석은 링크 이용률 $\rho=0.4$ 에서 신호 메시지의 길이는 일반적인 설계기준을, 호 처리의 유형별 발생율은 PSTN의 실제 데이터를 기반으로 적용하고 COT는 매호마다 발생한다고 가정하여 실시되었으며, 또한 여러 가지의 망상황을 반영하기 위해서 각각의 파라미터들을 적절하게 변화시켜 가면서 분석을 행하였다.

여러 가지 대기체계모형으로 대기지연을 분석하여 비교한 결과 전반적으로 집단도착과정 모델이 단일도착과정 모델보다 망 내의 여러 상황의 변화에 따른 결과를 잘 반영하였고, 특히 $M^{(X)}/G/1$ 모델이 $M^{(X)}/D/1$ 모델보다 더 안정적인 결과를 보였다. 전 모델의 평균 대기 지연은 링크 이용률이 0.4 이상으로 증가할 때 급한 증가를 보였으며 전송시간이 일반적인 분포를 갖는 경우에 보다 빠른 증가를 보였다. 통화완료율에 따른 신호 메시지들의 비율의 변화와 COT 발생 빈도에 따른 평균 대기지연의 영향을 집단도착과정 모델이 더 잘 반영하였다. 또 메시지의 크기가 커짐에 따른 대기지연의 변화는 전송시간이 일반분포인 모델이 자연스러운 증가를 나타냈으며 그 중에서도 $M^{(X)}/G/1$ 모델이 안정적인 결과를 보였다.

본 논문을 공통선 신호 프로토콜의 제3계층인 신호망 기능부(MTP : Message Transfer Part)의 지연 분석^[11]과 함께 고려하면 공통선 신호망의 한 신호국(SP : Signaling Point)의 지연 성능을 평가하는데 유용하리라 생각하며, 이를 기반으로 신호 시스템

전체의 성능을 평가하는 방법은 향후 과제이다.

참고 문헌

- [1] ITU-T Rec. I.xxx, Integrated Service Digital Network - ISDN, 1996.
- [2] ITU-T Rec. Q.7xx, Specification of signalling system No.7, 1996.
- [3] ITU-T Rec. Q.70x, Message Transfer Part - MTP, 1996.
- [4] ITU-T Rec. Q.76x, ISDN User Part - ISUP, 1996.
- [5] P.K. Bhatnager, Engineering Networks for Synchronization, CCS7, and ISDN, IEEE press, 1996.
- [6] G. Willmann, Performance Modeling of Signaling System No. 7, *IEEE Commun. Mag.*, July 1990.
- [6] P. Bhatnager, Engineering Networks for Synchronization, CCS7, and ISDN, *IEEE press*, 1996.
- [7] V.A. Bolton, Modeling Call Holding Time Distribution for CCS Network Design and Performance Analysis, *IEEE JSAC*. 12(3) (1994).
- [8] J.L. Wang, Traffic Routing and Performance Analysis of the Common Channel Signaling system 7 Network, *Proc. IEEE GLOBECOM*, pp.301-305, December, 1991.
- [9] 한국통신, '95 종합 및 4/4분기 통신물관리. 시설 운용보전 성과분석, 1996.
- [10] Hideaki Takagi, *Queueing System I*.
- [11] 정태욱, 박철근, 이유태, 공통선 신호 프로토콜의 신호망 기능부 성능 분석, '99 통신학회 추계발표회, pp.687-690

박 철 근(Chul Geun Park)

정회원



1983년 2월 : 부산대학교 수학과 졸업(이학사)
 1986년 2월 : 한국과학기술원 응용수학과 졸업 (이학석사)
 1995년 8월 : 한국과학기술원 수학과 졸업(이학박사)

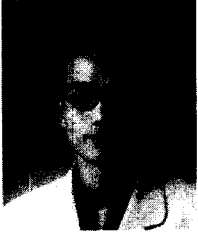
1986년 4월~1997년 2월: 한국통신 통신망연구소
(선임연구원)

1997년 3월~현재: 선문대학교 전자정보통신공학부
정보통신공학전공(조교수)

<주관심 분야> 트래픽 공학, 통신망해석, 큐잉이론

정 태 욱(Tae Wook Chung)

준회원



1998년 2월: 선문대학교
전자공학과 졸업(공학사)

2000년 8월: 선문대학교
전자공학과 졸업
(공학석사)

2000년 8월~현재: 배움닷컴
사업팀

<주관심 분야> 신호망, 초고속망, 트래픽공학