

ISDN 교환기의 트래픽 용량 분석*

이강원**

Traffic Carring Capacity of the ISDN Switching System

Kang Won Lee**

ABSTRACT

Modern telecommunication switching systems are SPC(Stored Program Control) machines handling voice, data and other kinds of traffic, in an environment which tends to be fully digital switching and transmission. The throughput of such systems is determined by the real time capacity of its centralized or distributed control processors and by the traffic capacity of the switching network. Designers must verify the traffic and call processing capacity of the switching system and check its performance under traffic load before it is put into service.

Verification of traffic and call processing capacity of switching systems is one of the problems treated by teletraffic studies ; teletraffic studies are based on stochastic process, queueing theory, simulations and other quantitative methods of decision making. This study suggests the general methodology to evaluate the throughput and performance of the ISDN switching system. TDX-10 ISDN switching system are employed to give illustrative examples of the methodologies discussed in this study.

1. 서 론

본 연구는 트래픽 관점에서 협대역 ISDN(narrowband ISDN) 교환기의 중요한 성능지표인 최대 호처리용량(maximum call processing capacity)과 스위치망의 트래픽 처리용량(traffic handling capacity)의 일반적인 산출 방법론에

대해 살펴보았다.

ISDN 교환기에서 제공하는 서비스는 크게 회선교환 서비스와 패킷교환 서비스로 분류할 수 있는데 두 교환방식은 트래픽을 처리하는 방법이 다르고 초창기에는 분리형 교환방식으로 그 기능을 제공하는 시스템이 서로 분리되어 있다. 그러므로 ISDN 교환기의 용량은 회선교환용량(circuit-switching capacity)과 패킷교환용량

* 이 연구는 1992년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임(과제번호 : KOSEFF 921-0900-013-1)

** 서울산업대학교 산업공학과

(packet-switching capacity)으로 구분하여 나타내어야 할 것이며, 두 교환방식에 대해 따로 회선교환용량과 패킷교환용량을 산출하는 과정에서 서로 상충되는 부분도 있을 것이다. 또한 시스템의 종단용량(termination capacity)은 두 교환용량을 고려하여 ISDN 가입자와 non-ISDN 가입자로 구분하여 표시되어야 할 것이다[3,5].

2. ISDN 교환기의 용량 파라미터 정의

2. 1. 회선교환 용량(circuit switching traffic capacity)

회선교환용량은 기존의 전화교환기에서와 같이 제어계의 호처리용량(call-processing capacity)과 스위치 네트워크의 통화처리용량(traffic-carrying capacity)으로 표현함으로써 상호 보완적인 요소로 작용하여 회선교환용량의 규모를 나타내는데 충분하다. 제어계의 호처리용량이란 시스템에 요구된 각종 서비스 기준(지연시간)을 만족하는 단위시간당 최대 처리가능한 호의 수를 말하며 보통 BHC(busy hour complete calls) 또는 BHCA(busy hour call attempts)로 나타낸다. 호처리용량은 제어방식(분산 또는 집중제어)과 프로세서간 통신방식등에 따라 용량산출 방법을 달리해야 하며 보통 대기모형이나 stochastic process 등을 이용, 호처리과정을 모형화하여 산출하는 해석적 방법, 컴퓨터 프로그램 또는 호처리 소프트웨어등을 이용하여 필요한 자료를 추출해 내는 시뮬레이션 방법, 그리고 기개발된 시스템을 대상으로 계측기(monitor)를 이용한 실측에 의해 비교적 신빙성이 높은 결과를 얻을 수 있는 측정예 의한 방법등으로 호처리용량을 산출할 수 있다.

스위치 네트워크의 통화처리용량이란 규정된

서비스 기준(blocking 확률에 대한 허용치)을 만족하면서 스위치 네트워크가 동시에 처리할 수 있는 통화량을 말하며 erlang으로 표시한다. 스위치 네트워크의 통화처리용량은 그룹스위치의 구조적인 규모에 의해 거의 결정되며 그와 더불어 통화로 탐색방법에 따라 다소 달라지는데 통화로 구성을 위해 제공 할 수 있는 서비스 채널(channel) 수(time slot 수)와 블러킹(blocking) 확률의 허용치를 만족하는 서비스 채널(channel) 점유율의 곱으로 표현된다.

2. 2. 패킷교환용량 (packet-switching traffic capacity)

CCITT의 Rec. X. 31에서는 패킷모드 단말기의 ISDN 접속과정을 minimum integration scenario와 maximum integration scenario로 제안하고 있는데 전자의 경우 ISDN 교환기는 패킷교환호에 대해 단지 물리적인 연결만을 제공해주기 때문에 패킷교환용량은 회선교환용량에 포함되므로 고려대상에서 제외된다. ISDN 교환기 내에 패킷교환기능을 제공하는 후자의 경우에 대해서 ISDN 교환기의 패킷교환용량을 정의할 수 있다. 패킷교환방식은 회선교환방식과 달라 호를 설정(set-up)한 후에도 모든 패킷 데이터에 대해 하나하나 처리해 주어야 하므로 패킷처리 지연시간이 심각한 요소가 될 수 있다. 그러므로 패킷교환용량은 전체 망차원의 서비스 기준을 고려하여 ISDN 교환기내에서 허용되는 지연시간을 만족하면서 단위시간당 처리할 수 있는 패킷 수(packets/sec., packets/hr. 등)로 나타내어야 할 것이다[2,4,6].

한편, 패킷처리과정을 크게 호출패킷(호요구 및 호해제패킷 등)과 데이터패킷으로 나누어 처리하는 경우, 다시말해서 호출패킷을 처리하는 기능과 데이터패킷을 처리하는 기능이 따로 분리되

어 있든지 또는 같은 기능단위(function unit)에서 처리하더라도 단위시간중에서 호출패킷 처리용량과 데이터패킷 처리용량으로 구분하여 표시하여야 할 것이다. 이것은 ISDN의 발전단계를 생각해 볼 때 결국 모든 호에 대해 out-of band signaling으로 변전되고 패킷교환방식은 frame switching 및 wideband switching 형태로 진척될 것이므로 호출 패킷 처리용량과 데이터패킷 처리용량으로 구분하여 나타내는 것이 바람직할 것이다. 이때 같은 기능단위에서 호출패킷과 데이터패킷을 각각 처리하기 위해 그 처리시간을 할당한다면 호출패킷 처리용량과 데이터패킷 처리용량은 그 할당시간에 따라 달라지므로 각종 패킷서비스의 단위시간당 호 수, 호당 데이터 패킷량등의 트래픽 특성에 대한 정확한 예측이 선행되어 할당시간이 조정되어야 할 것이다.

호출패킷 처리용량은 호요구패킷 및 호해제패킷등을 처리하는데 걸리는 시간을 산출하여 단위시간당 처리할 수 있는 호수(call/sec., calls/hr.)로 나타냄으로써 회선교환용량중 호처리용량의 BHCA와 유사한 개념을 표현될 수 있으며 데이터패킷 처리용량은 각종 데이터패킷의 처리시간 및 패킷당 byte수등을 고려하여 단위시간당 처리할 수 있는 byte수 (bytes/sec., bytes/hr.)로 표시함으로써 시스템의 throughput을 나타낸다는 의미에서 회선 교환용량의 통화처리용량과 유사한 개념으로 파악될 수 있을 것이다. 즉 통화처리용량을 나타내는 erlang 값은 디지털 교환기에서 한시간 동안 계속 점유된 64kbps 채널수로 해석 될 수 있으며 이것은 결국 한시간 동안 스위치 네트워크를 통해 전송된 bit수로 환산될 수 있을 것이다. 마찬가지로 데이터패킷 처리용량의 단위시간당 byte수는 단위시간당 점유된 64kbps 채널수로 해석할 수 있을 것이다. 예를 들어, 데이터 패킷처리용량이

300kbytes/sec. 라고 할 때 이것을 처리하기 위해 한시간 동안 필요한 64kbps 채널수는 $(300 \times 8 \text{kbps}) / (64 \text{kbps/channel}) = 37.5 \text{ channel}$ 이므로 37.5 erlang 정도의 트래픽량으로 생각할 수 있다. 이러한 형태로 패킷의 통화처리 개념을 설정하면 앞으로의 패킷교환 발전단계에서 frame switching 등의 새로운 개념에도 적용이 가능할 것이다.

3. 회선 교환 용량 산출

초기단계의 ISDN 교환기의 경우, 회선교환기능은 기존의 전화 교환기와 유사할 것이므로 ISDN 교환기의 회선교환 용량 산출도 유사한 방법으로 접근 할 수 있을 것이다. 일반적으로 SPC 교환기의 경우 시스템 용량은 종단 용량(termination capacity), 제어계의 호 처리 용량(call processing capacity), 그리고 스위치 네트워크의 통화처리 용량(traffic carrying capacity) 등의 측면에서 살펴 볼 수 있다. 이중 종단 용량은 시스템이 수용할 수 있는 가입자 회선이나 중계선 수를 나타내는 외형적인 시스템 용량을 의미하며 시스템내의 트래픽 부하와는 무관한 값을 갖게 되므로 앞으로의 논의에서 이는 제외하기로 한다.

3. 1. 제어계의 호처리 용량

3.1.1. 정 의

SPC 교환기에서 제어계는 서비스 요구를 감지하고 호의 시작부터 종료까지 관련된 모든 기능을 제어한다. 제어계의 호처리 용량이란 주어진 호 형태(call type)와 호 분포(call spectrum)하

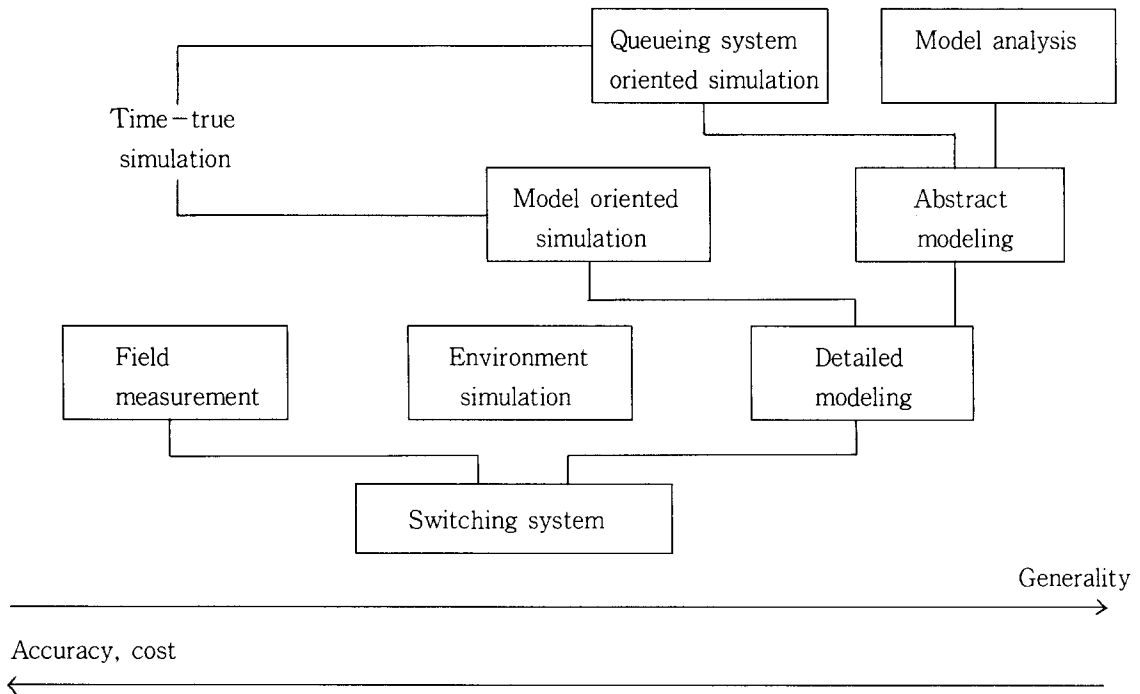
에서 CCITT 권고안에 정의된 각종 지연 시간 등을 만족하면서 단위시간당 최대 처리 가능한 호의 수를 말한다. 여기서 호 형태는 자국호, 중계호, 출중계호 그리고 입중계호를 말하며, 호 분포는 하나의 호가 발생하여 연결될 때까지 각 단계별로 실패될 분포를 나타낸 것이다. 호처리 용량의 기본 단위는 BHCA(Busy Hour Call Attempt)로 1시간 동안 제어계가 처리가능한 호의 수를 의미한다.

3.1.2. 결정 방법론

호처리 용량은 제어계 프로세서들의 부하(load) 및 각 버퍼(buffer)의 큐잉지연(queueing delay) 등 제어시스템 내부 상태와 CCITT에 의해 권고되는 각종 서비스 관련 지연시간 등을 고려하여 결정된다. 그런데 분산제어 방식을 채택하

는가 혹은 집중 제어 방식을 사용하는가에 따른 교환기들 마다 제어계 구조의 상이함, 그리고 프로세서간 통신 등의 차이로 인해 공통적으로 받아들여지는 방법론은 없어보인다. 흔히 추정에 사용되는 방법은 [그림 3. 1]에 나타난 바와 같이 해석적 방법, 시뮬레이션에 의한 방법, 그리고 측정에 의한 방법 등 크게 세가지로 구분할 수 있다[1].

결과의 정확도는 낮지만 모델의 일반성(generality)이 비교적 높은 해석적 방법과 time-true 시뮬레이션 등은 시스템 설계 단계시 상위구조(high level architecture)의 타당성 조사 등 개발 초기에 주로 사용되며, 교환기의 최종 용량 확인에는 비교적 결과의 신빙성이 높은 environmental 시뮬레이션과 측정에 의한 방법이 주로 이용된다.



[그림 3.1] 교환시스템의 제어계 호처리 용량 분석 방법

① 해석적 방법

큐잉 네트워크 이론과 추계적 과정(stochastic processes) 등을 이용하여 제어계의 호처리 과정(call processing procedure)을 모델링하고 이로부터 주어진 트래픽 하에서 프로세서들의 부하 상태 및 큐 길이등을 유도해 내어 시스템 기법들을 살펴보면 다음과 같은 것들이 있다.

- Theory of point processes
- Markov chains applied to the discrete time buffer
- The M/G/I queueing results and related single-resource queue solutions
- Little's formular
- Embedded markov chain
- Use of balance equations for exponential systems
- A restricted class of networks with product form

② 시뮬레이션에 의한 방법

시뮬레이션에 의하면 실제의 교환기가 호를 처리하는 과정을 컴퓨터상에 그대로 재현시킬 수 있으므로 제어계의 호처리용량을 시뮬레이션에 의해 평가할 수 있다. 즉 자국호, 입중계호 및 출중계호 등의 호처리 과정을 기초로 프로세서간 통신과 프로세서 내부 동작 상태를 분석하여 전자교환기의 제어계를 모델링하고 이에 대해 시뮬레이션을 수행함으로써 시스템에 부과되는 트래픽에 따른 각 프로세서의 성능 및 서비스 기준 지연시간 등을 분석하게 된다. 그리고 시스템에 어느 정도의 트래픽이 가해지는 경우까지 서비스 기준 지연시간들이 만족되는가를 평가함으로써 시스템 제어계의 최대 호처리용량을 결정하게 된다.

시뮬레이션 방법은 크게 time-true 시뮬레이션과 environmental 시뮬레이션으로 구분되는데,

전자는 호가 발생하여 처리되는 과정을 실제 시스템이 동작되는 것과 똑같이 컴퓨터 프로그램화하여 각종 데이터를 추출해 내는 방법이고 후자는 이미 개발된 호처리 소프트웨어를 사용하고 가입자 특성 및 호 발생을 컴퓨터로 시뮬레이션 시킴으로써 각종 데이터를 얻어내는 방법이다. 모델의 정확도에 따라 교환기 시스템 트래픽 분석에 사용되는 시뮬레이션 기법을 분류해 보면 다음과 같다.

다음중 load type, sub-call type, 그리고 call type 모형은 time-true 시뮬레이션이고 나머지는 environmental 시뮬레이션에 해당된다.

o load type models

프로세서 내의 priority 단계에 있는 시스템 부하들은 정확하게 시뮬레이션 되며 프로세서들간의 제어 메시지(control message)들의 순서(sequence)는 외부에서 입력되는 호 발생과는 독자적인 과정(process)을 따른다. 호(혹은 메시지) 처리 과정은 시뮬레이션 되어지지 않으므로 프로세서들간의 상호 관계 및 피이드백 관계는 무시된다. 시스템의 평형 상태(steady state condition)가 가정되고 프로세서의 처리시간(execution time)은 확률분포로 부터 산출된다. 이 모델로 부터 나오는 결과의 정확도는 낮기 때문에 위 시뮬레이션 모델은 시스템 설계초기의 단계에 매우 제한적으로 사용된다.

o subcall type models

호시도(call attempt)는 "preselection", "selection", "answer", "release"등과 같이 각기 독립적인 subcall로 나뉘어지며 이 모델의 근간을 이루는 2가지의 가정을 살펴보면 다음과 같다.

- 각 호의 subcall 사이의 시간간격 간에 상관관계는 무시된다. 포아손 과정과 같이 특정 입력 과정에 의해 묘사되는 각기 독립적인 호시도는 독립적인 subcall의 포아손 입력 과정

에 의해 대치된다.

- signaling 단계는 독립적인 추계적 과정(stochastic processes)으로 다루어 진다.

좀더 복잡한 기법들에 비해 sub-call type 시뮬레이션의 장점은 아래와 같다.

- 호시도는 그들의 실 통화시간 동안(예로 100초) 시뮬레이터에 존재할 필요가 없고 대신 subcall로서 여러번 아주 짧은 시간동안만 존재하게 된다.

- 시뮬레이션 시간, 메모리 용량(steady state) 하에서만 사용될 수 있고 이 경우에 수율(throughput), 각종 서비스 품질(grade of service), 및 프로세서 점유율 등의 유용한 정보를 제시한다.

o call type models

호시도의 전단계가 dialing과 signaling 단계를 포함하여 상세하게 묘사된다. 시뮬레이션 수행시간과 메모리 요구가 단순모델 보다 훨씬 많지만 결과의 정확도가 높은 편이다. 결과는 평형 상태에서 뿐만 아니라 과부하(overload) 상태 및 비평형(transitory) 상태하에서도 적용가능하다.

이상 언급된 3가지 시뮬레이션 유형은 분산 혹은 중앙화된 제어계 구조 및 소프트웨어 논리를 시뮬레이션 프로그램으로 재구성하여 교환기의 SPC제어를 모델링 한것이다. 다음에 언급되는 두가지 유형은 시스템에 내장된 실질 소프트웨어를 사용하는 모델을 언급한다.

o ETS(environment traffic simulator)

ETS는 실질 프로세서와 메모리 버퍼(buffer), 그리고 실 소프트웨어를 사용하여 SPC 교환기의 정확한 모델링을 제시한다. 스위치 네트워크와 주변 프로세서 그리고 호시도와 같은 트래픽 환경 및 가입자 습성등만 시뮬레이션 프로그램에 의해 묘사된다. 그러므로 시스템 소프트웨어와 프로세서 제어계가 시뮬레이션 목적을 위해 모델링 될

필요가 없게 된다. ETS는 SPC제어논리의 복잡한 구조를 모델링 필요없이 그대로 이용하기 때문에 결과의 정확도가 높다는 매우 중요한 잇점을 갖고 있다. 그러나 이 모델은 실 소프트웨어가 존재해야 하기 때문에 거의 개발 완료단계에서나 이용 가능하고 이의 구축을 위해서는 비용 및 시간 등의 노력이 많이 필요하게 된다.

o simulator using the actual s/w and h/w

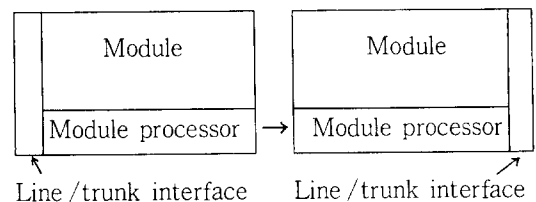
트래픽 시뮬레이션을 위한 SPC 교환시스템의 보다 정확한 묘사를 위해 한걸음 더 나아간 것이 시스템 실 소프트웨어 뿐만 아니라 실 하드웨어를 이용하는 것이다. 그러나 이 방법은 교환기의 소프트웨어나 하드웨어가 가용되어야 하기 때문에 시스템의 개발 완료후에나 사용가능하다. 이 방법의 사용을 위해서는 시스템에 충분한 부하를 걸어줄 수 있는 호 발생기(call generator)가 있어야 한다. 한편 시스템의 특성이나 각종 성능 상태는 시스템 자체내에 있는 측정 프로그램(measurement program)에 의해 관측 되거나 혹은 특수목적의 마이크로 프로세서 혹은 논리상태 분석기(logical state analyzer)와 같은 외부의 장비에 의해 구해질 수 있다.

3.1.3. 회선 교환 용량 분석 사례

① No. 5 ESS

a. 분석대상 스위치

간단한 분석 실험을 보이기 위해 다음 두개의 모듈 프로세서(calling, called)간의 기본호 통신을 생각하기로 한다.

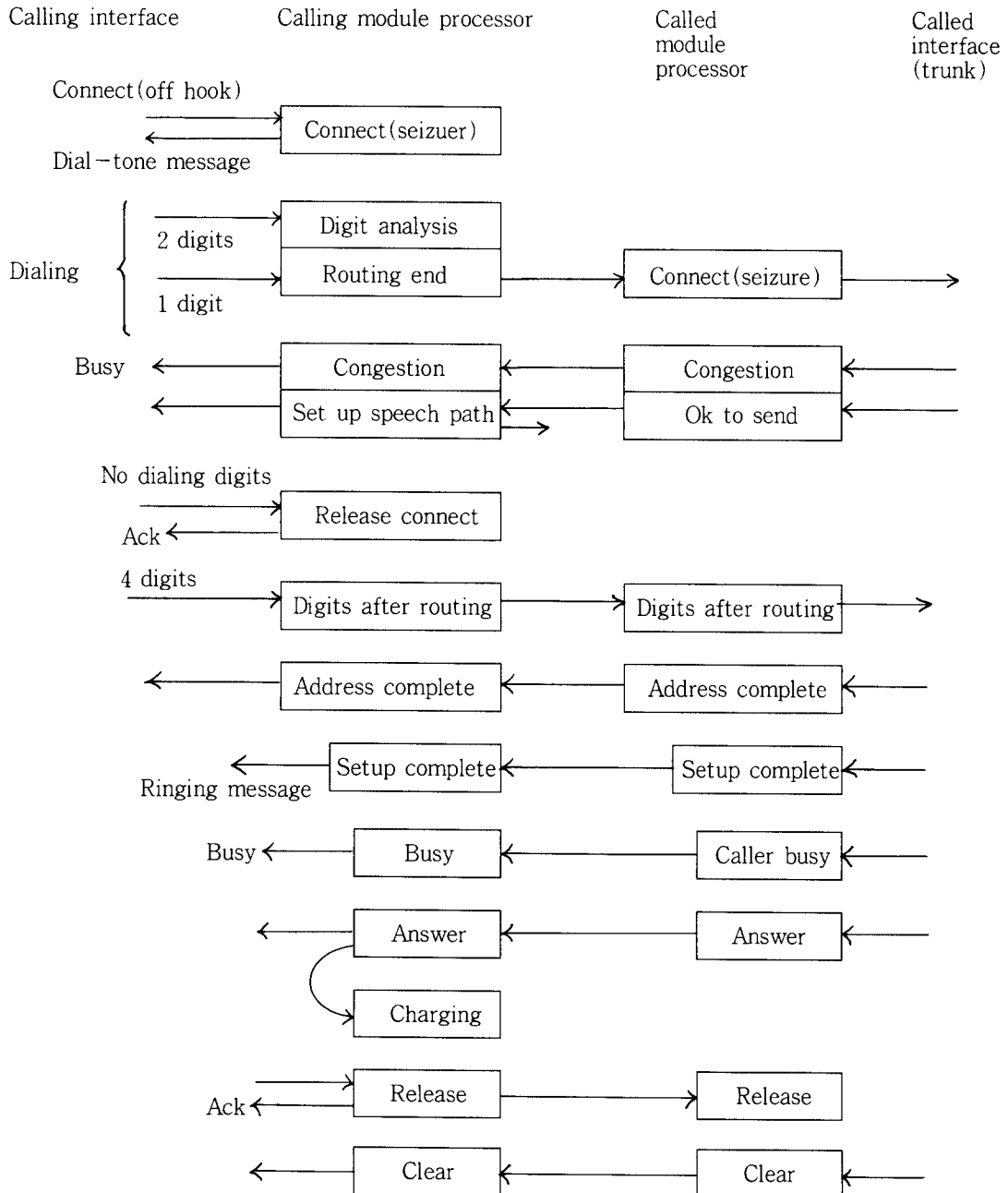


[그림 3.2] 분석대상 모듈 프로세서

b. 기본호 설정을 위한 업무(task)와 발생 메시지(message)

다음 그림은 기본 호 처리를 위한 업무(task)와 업무를 발생 시키거나 혹은 업무의 수행 결과

로 발생하는 메시지들의 흐름을 나타내 준다. 모두 24개의 업무가 있는데 이중 14개는 발신 모듈 프로세서에 의해 10개는 착신 모듈 프로세서에 의해 처리되게 되어있다.



[그림 3.3] 기본호 처리를 위한 업무와 메시지 흐름

c. 호 분포(call spectrum)

다음 표는 호시도 과정에서 나타날수 있는 호 분포를 나타내 준다.

〈표 3. 1〉 호 분포도

Call sprctrum	Percent calls
1. Calls without dialing	10
2. Calls with incomplete dialing(after routing digit)	5
3. Network busy	5
4. Called subscriber busy	15
5. No answer	5
6. Answer	60

d. 각 호유형별 관계되는 업무 파악

다음 표는 〈표3. 1〉의 호 종류별 발생되는 업무를 파악하여 하나의 호가 평균적으로 몇개의 업무를 발생시키는 가를 보여준다.

〈표 3. 2〉에 따르면 발신 모듈 프로세서에서 12. 2개 착신 모듈 프로세서에서 8. 6개의 업무를 발생시키고 있다.

〈표 3.2〉 각 호유형별 발생 업무

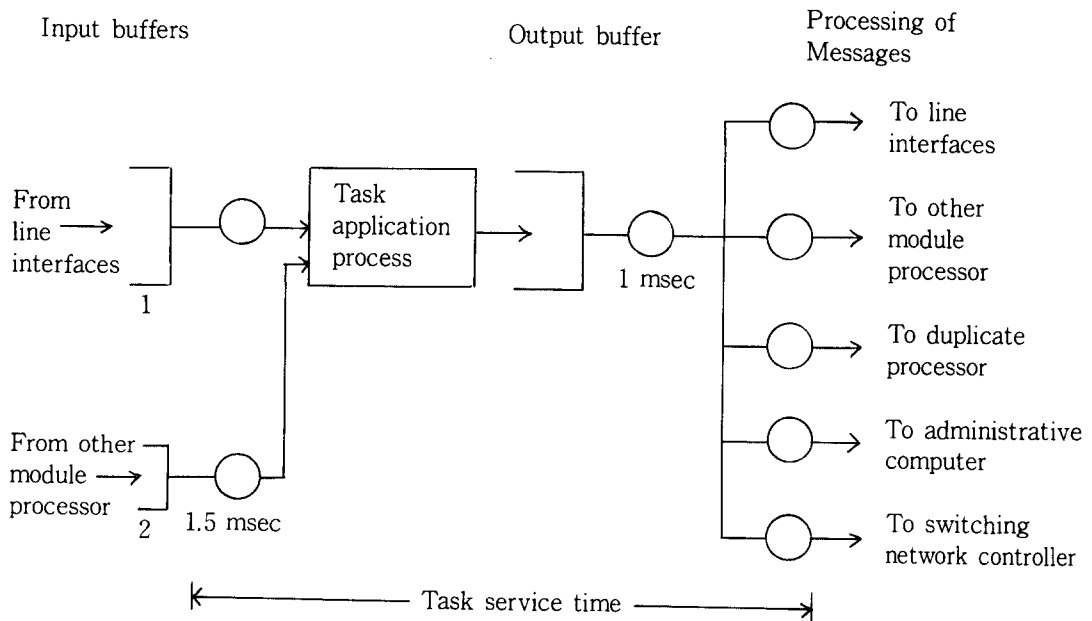
Calling--module processor tasks	Type of call						Weight of task W_i
	1	2	3	4	5	6	
Connect	1	1	1	1	1	1	1
Digit analysis	0	2	2	2	2	2	1.8
Routing at end	0	1	1	1	1	1	0.9
Congestion	0	0	1	0	0	0	0.05
Set up speech path	0	1	0	1	1	1	0.85
Release connect	1	0	1	0	0	0	0.15
Digits after routing	0	0	0	4	4	4	3.2
Address complete	0	0	0	1	1	1	0.8
Setup complete	0	0	0	0	1	1	0.65
Busy	0	0	0	1	0	0	0.15
Answer	0	0	0	0	0	1	0.6
Release	0	1	0	1	1	1	0.85
Clear	0	0	0	0	0	1	0.6
Charging	0	0	0	0	0	1	0.6
Average per call							12.2

〈표 3.2〉 각 호유형별 발생 업무(계속)

Called-module processor tasks	Type of call						Weight of task W_i
	1	2	3	4	5	6	
Connect (seizure)	0	1	1	1	1	1	0.9
Congestion	0	0	1	0	0	0	0.05
Ok to send	0	1	0	1	1	1	0.85
Digits after routing	0	0	0	4	4	4	3.2
Address complete	0	0	0	1	1	1	0.8
Setup complete	0	0	0	0	1	1	0.65
Caller busy	0	0	0	1	0	0	0.15
Answer	0	0	0	0	0	1	0.6
Release	0	0	0	1	1	1	0.8
Clear	0	0	0	0	0	1	0.6
Average per call							8.6

e. 호처리 모형

다음그림은 분석대상 모듈 프로세서간 호처리의 개념화된 모형을 나타낸다.

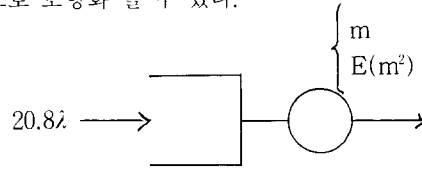


[그림 3.4] 기본 호 처리 모형

윗그림에서 1.5 msec는 입력 대기장소(input buffer)에 있는 메시지를 꺼내는데 필요한 시간이고 1 msec는 출력 대기 장소(output buffer)에 있는 메시지를 꺼내는데 소요되는 시간이다.

호 발생율(call arrival rate)이 파라미터 λ 인 포아송 과정을 쫓는다고 가정하면 각 입력 대기 장소에 도착하는 호 발생율은 <표 3.2>에서 $\lambda_1 = 12.2\lambda$ 와 $\lambda_2 = 8.6\lambda$ 인 포아송 분포를 따를 것이다. 한편 메시지들 사이에 우선권(priority)이 없다고 가정하면 두개의 입력 과정은 하나로 통합될 수 있다. 이때 한 호당 발생하는 메시지의 갯수는 $12.2 + 8.6 = 20.8$ 개이므로 입력은 파라미터 20.8λ 인 포아송 과정을 쫓을 것이다. 입력 대기 장소에서의 메시지 처리시간과 응용 프로그램 수행 시간, 출력 대기장소에서의 메시지 처리시간, 그리고 출력 메시지들의 처리시간의 합으로 업무

수행시간(task service time)을 정의하면, 이는 업무수행시간이 일반적 분포를 따르는 M/G/1으로 모형화 할 수 있다.



(m = 평균 업무 수행시간)

[그림 3.5] M/G/1 모형

f. 업무수행시간(task service time)

아래표는 M/G/1대기 모형의 업무수행시간을 구하기 위한 기초 자료이다. b. 에서 유도된 24개의 업무 각각에 대해서 응용 프로그램 처리시간과 출력 메시지들의 처리시간, 그리고 입 출력 대기 장소에서의 처리시간들을 보여준다.

<표 3.3> 업무별 업무 수행시간

Calling-module processor	Dequeue from input buffer		Applic. Processing time, Output message					x, Task svc. time
	1 : Line interface	2 : Other midule	Line interface	Other pricessor	Duplicate pricessor	Admin pricessor	Network	
Connect	1.5		10	1.5		8		22
Digit analysis(2)	1.5		4					6.5
Routing at end	1.5		5		1.5	3		12
Congestion		1.5	4	1.5	1.5	2		11.5
Set up speech path		1.5	4	1.5	1.5		5	14.5
Release connect	1.5		5	3		2		12.5
Digits after routing(4)	1.5		3		1.5			7
Address complete		1.5	3	1.5		2		9
Setup complete		1.5	3	1.5		2		9
Busy		1.5	3	1.5		2		9
Answer		1.5	3	1.5		2		9
Release	1.5		5	3		2	3	15.5
Clear			3.5	1.5		2	3	12.5
Charging	1.5	1.5	2				1.5	6

Called-module processor						
Connect(seizure)		1.5	10	1.5	8	22
Congestion	1.5		4		1.5	2
Ok to send	1.5		3	1.5	1.5	2
Digits after routing(4)		1.5	3			7
Address complete	1.5		3		1.5	2
Setup complete	1.5		3		1.5	2
Caller busy	1.5		3		1.5	2
Answer	1.5		3		1.5	2
Release		1.5	5			2
Clear	1.5		2		1.5	2

(NOTE : 모든 업무에 출력버퍼에서 메시지를 꺼내는데 소요되는 시간은 1 msec이다.)

윗표로 부터 메시지당 평균 업무수행시간(m)은

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{24} w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{24} w_i}$$

$$= (1 \cdot 22 + 1.8 \cdot 6.5 + \dots + 0.6 \cdot 8) / 20.8$$

$$= 9.9 \text{ msec}$$

로 계산될 수 있다.

g. 성능 지수(performance measure)

e. 와 f. 를 토대로 입력 대기 장소에서의 평균 대기시간(E(W))은

$$E(w) = \frac{20.8\lambda \cdot E(m^2)}{2(1 - 20.8\lambda \cdot m)}$$

로 계산될 수 있다.

여기서 m = 9.9 msec

$$E(m^2) = \frac{\sum_{i=1}^{24} w_i \cdot x_i^2}{\sum_{i=1}^{24} w_i}$$

$$= 122 \text{ msec}^2$$

그러므로

$$E(w) = 1269\lambda / (1 - 206\lambda) \text{ msec}$$

이제 E(w)를 토대로 교환기의 각종 지연시간들을 구해낼수 있는데 예로 접속(connect)업무를

수행하는데 걸리는 시간인 “dial-tone” 지연시간은 다음과 같이 계산될 수 있다.

dial-tone 지연시간 =

$$E(w) + \text{connect 업무수행시간}$$

$$= (1269\lambda / (1 - 206\lambda) + 22) \text{ msec}$$

한편, dial-tone 지연시간의 권고치가 주어질 경우는 역으로 각 모듈 프로세서에서의 BHCA를 구해낼수 있다. 예로 권고치가 100msec인 경우

$$1269\lambda / (1 - 206\lambda) + 22 \leq 100$$

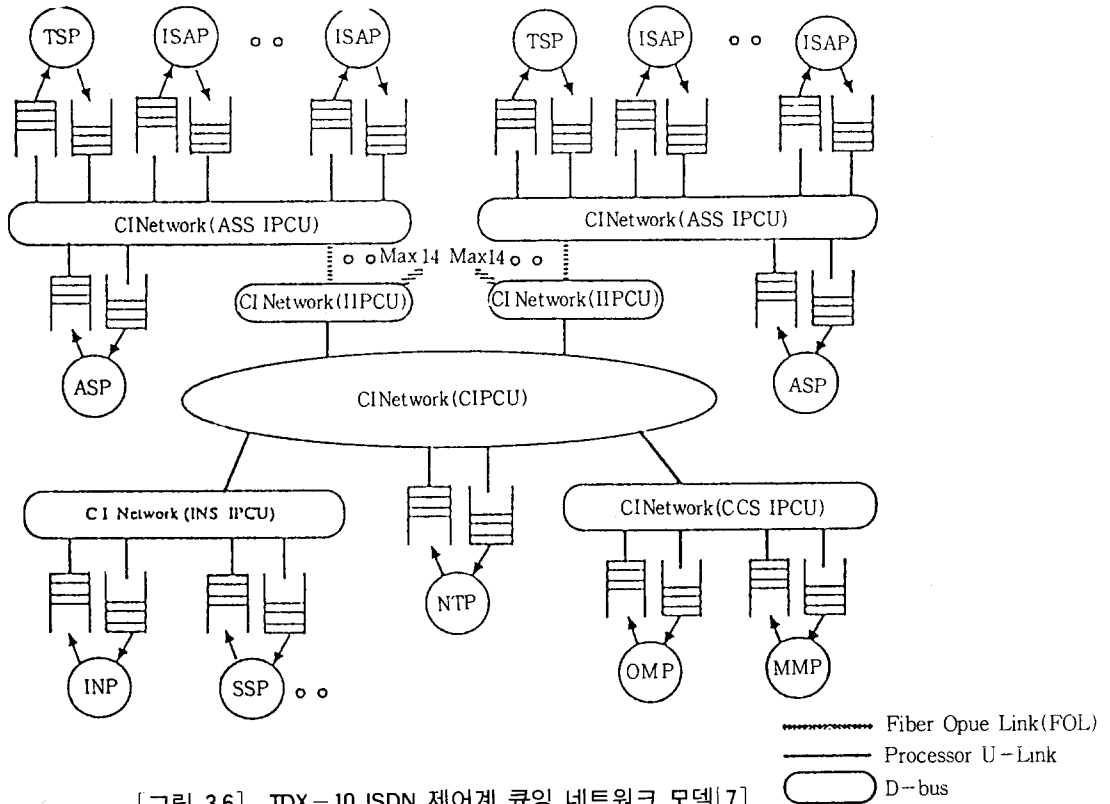
그러므로 혹은 $\lambda \leq 4.5 \text{ calls/sec}$ 혹은 16200 BHCA 이다.

② TDX-10

참고문헌[7]에서는 TDX-10 ISDN 교환기 회선 교환호의 제어계 용량 분석을 수행하였다.

TDX-10 ISDN시스템의 제어계를 나타내는 큐잉 네트워크 모델은 다음 [그림 3. 6]와 같다.

이 연구에서는 TDX-10 ISDN 교환기의 기본호 처리시의 제어계 성능 분석을 위하여 시스템에 가해지는 호의 수를 변화시키면서 서비스 기준 지연시간중에서 호 요구지연시간, 입중계호 표시 송출 지연시간 그리고 경고 송출 지연시간 등



[그림 3.6] TDX-10 ISDN 제어계 큐잉 네트워크 모델[7]

을 SLAM II를 이용한 시뮬레이션 또는 QNA (Queueing Network Analyzer)를 이용한 해석적인 방법으로 산출하였고, 이를 토대로 TDX-10 ISDN 제어계의 회선 교환호 처리용량을 평가하였다.

3. 2. 스위치 네트워크의 통화 처리 용량

본절에서는 전자 교환기에서 가장 많이 이용되고 있는 시간(time) 스위치와 공간(space) 스위치의 조합으로 구성되는 다단계(multi-stage) 스위치 네트워크의 트래픽 처리 용량 즉, 스위치 네트워크에 동시에 수용될 수 있는 최대 양방향 접속(connection) 수를 결정하는 방법에 대해서 살펴보았다. 먼저 하나의 타임 슬롯을 요구하는 음성호에 대해서 살펴보고 여러개의 타임 슬롯을 요구하는 다단계 스위칭 네트워크의 트래픽 처리 용량을 산출하는 방법을 살펴보았다. 한편

B-ISDN에 적합한 ATM 스위칭 방식들의 트래픽 분석은 본 연구에서는 제외하였다.

3.2.1. 일반 음성호의 트래픽 처리용량 산출 방법

교환기의 스위치 네트워크는 한정된 서비스 채널을 가지고 많은 가입자 회선과 중계선에서 발생하는 모든 통화량을 처리해야 하므로 스위치 연결을 요구하는 어떤 호에 대해서는 서비스를 제공할 수 없게 되는데 이런 현상을 블러킹이라 한다. 그러므로 스위치 네트워크에서의 최대 통화 처리 용량은 주어진 서비스 조건(블러킹 확률의 허용치)을 만족하는 통화량으로 나타내어 진다. 통화량의 단위는 erlang을 사용한다.

회선교환용 전자교환기의 다단계 스위치 네트워크의 통화처리용량(traffic-handling capacity)을 해석하기 위해서는 다음과 같은 파라메타들이 고려되어야 한다.

- 각 단계의 시간(time) 스위치 또는 공간(space) 스위치 수
- 각 단계에서 통화로 연결에 가능한 타임 슬롯 수
- 채널의 점유율
- 통화로 탐색방법
- 통화로 탐색수
- 스위치 네트워크에서의 블러킹 확률 허용치

스위치 네트워크의 최대 통화 처리 용량은 시스템의 요구 조건 또는 CCITT에서 규정된 블러킹 확률의 허용치를 만족하면서 스위치 네트워크가 처리할 수 있는 통화량을 말한다. 이는 그 구조적인 규모에 의해 거의 결정되며, 그 위에 소프트웨어적인 통화로 탐색 방법에 따라 다소 달라지는데, 스위치 연결을 요구하는 호시도(call attempt)의 통화로 구성을 위해 제공할 수 있는 총 서비스 채널 수와 블러킹 확률의 허용치를 만족하는 서비스 채널의 점유율의 곱으로 표현된다. 그러므로 스위치 네트워크의 통화 처리 용량을 해석하기 위해서는 우선 스위치 네트워크의 구조를 파악하여 스위치 연결이 가능한 서비스 채널 수를 결정하고 블러킹 확률의 허용치를 만족하는 서비스 채널의 점유율을 구해야 한다. 여기서 서비스 채널의 점유율을 구하기 위해서는 블러킹 확률식을 유도하여야 하는데 각 교환기마다 스위치 네트워크의 구조가 다르고 서비스 채널을 할당하는 통화로 탐색 방법이 달라 일반적으로 적용할 수 있는 블러킹 확률식이 없으므로 대상 시스템의 특성에 따라 적절한 블러킹 확률식을 유도하여야 한다.

앞에서 설명한 바와 같이 스위치 연결을 요구하는 호에 대해 스위치 네트워크가 제공해 줄 수 있는 서비스 채널 수의 제약으로 인해 블러킹이 발생하며, 서비스 채널을 할당하는 통화로 탐색 방법에 따라 블러킹 확률은 각 서비스 채널이 사

용되는 정도, 즉 서비스 채널의 평균 점유율(occupancy)과 매 호시도 마다 가능한 서비스 채널 수, 즉 통화로 탐색수의 함수로 표현된다.

참고문헌[8]에서는 다단계(multi-stage) 스위치 네트워크의 블러킹 확률을 유도하는데 일반적으로 이용되는 Lee 모형[9]과 Karnaugh[10]모형 그리고 ETRI에서 제안한 ETRI 모형 간에 비교 분석을 실시하였다.

3.2.2. 다중 슬롯호 수용 방안 및 블러킹 확률[11]

ISDN이 협대역 교환기로 부터 점차 진화해 감에 따라 사용자들에게 음성, 화상, 데이터 등과 같은 다양한 서비스를 제공해야 할 것이다. 협대역 ISDN에서 진화하는 방법으로써 다중슬롯 회선 교환의 실현을 통하여 음성호 뿐만아니라 화상회의, 고속데이터, 정지영상, 하이파이 음향등과 같은 서비스를 수용할 수 있을 것이다. 이러한 서비스들은 B채널 (64 kbps, 1슬롯호), H0 채널 (386 kbps, 6 슬롯호), H11채널(1. 544 Mbps, 24 슬롯호), 및 H12 채널(2.048 Mbps, 30 슬롯호)에 의해서 수용될 수 있다. ISDN 교환기에 이와 같이 다양한 대역의 호를 혼합 수용하게 되면, 다중 슬롯(multi-slot)호의 블러킹 확률이 음성호(1-슬롯호)에 비해서 훨씬 크기 때문에 스위치 네트워크의 트래픽 용량이 현저하게 저하된다.

음성호 뿐만아니라 다중 슬롯호를 혼합 수용하는 스위치 네트워크에서 다중 슬롯호를 효율적으로 수용하는 방법을 살펴보면 다음과 같다.

다중슬롯 스위칭 네트워크에 다양한 대역의 호를 혼합 수용하는 경우에 각 호 종류에 따라 블러킹 확률의 차이가 심하다. 다중 슬롯호에 대한 블러킹 확률을 적정 수준으로 유지하고자 하면 1 슬롯호에 대한 블러킹 확률이 너무 적어져 자원의 낭비가 발생한다. Beshai and manfield[12]는

호가 발생하였을 때 시간 스위치에서 이미 사용 중인 타임슬롯수가 미리 설정된 기준치 이상이면 그호를 블러킹 시킴으로써 각 호 종류의 블러킹 확률을 거의 동일하게 할 수 있는 방법을 제안하였다.

Beshai and manfield는 각 시간 스위치에서 미리 설정된 기준치 이상으로는 타임 슬롯이 점유될 수 없게 제안하였는데 여기서는 각 호 종류별로 타임 슬롯 탐색 횟수를 다르게 함으로써 (다중 슬롯호에 대해 더 많은 탐색 횟수를 줌으로써) 각 종류의 호들이 적절한 블러킹 확률을 갖도록 하고자 한다. 다시 말하면, 유형 i 인 호는 미리 정해진 $n(i)$ 개의 타임 슬롯을 탐색하여 $v(i)$ 개의 match 타임슬롯을 얻지 못하면 블러킹된다.

현재까지의 재 배열 방법은 음성호 만을 수용하는 스위치 네트워크의 성능을 증가시키는 방법으로 연구 되어왔다. 그런데 음성호(1-슬롯호)의 블러킹 확률이 근본적으로 매우 작기 때문에 이 방법의 실제적인 적용에는 한계가 있다. 그러나 다중 슬롯호의 블러킹 확률이 1-슬롯호에 비해서 매우 크기 때문에, 음성호와 다중 슬롯호를 혼합 수용하는 스위치 네트워크의 트래픽 처리 용량을 향상 시키는 방법으로써 여기에서는 다중 슬롯호에 대하여 재 배열 방법을 적용한다.

블러킹은 대부분 입력 및 출력 내부 하이웨이 사이의 오배열(mismatch)로 인해 발생한다. 즉 입력 및 출력 내부 하이웨이에서 각각에 최소한 w 개의 타임 슬롯이 비어 있음에도 불구하고 두 내부 하이웨이 사이에 동시에 비어있는 타임슬롯이 w 보다 적기 때문에 블러킹이 발생한다. 이러한 오배열(mismatch)는 재배열 방법으로 줄일 수 있을 것이다.

재배열이란 어느 한쪽 내부 하이웨이의 휴지(idle) 타임 슬롯에 대응하는 반대쪽 내부 하이웨이의 동작(busy) 타임슬롯을 사용하고 있는 접속

(connection)을, 두 내부하이웨이 사이에 새로운 호가 설정 될 수 있도록, 다른 타임슬롯을 옮기는 것을 말한다.

4. 패킷 교환 용량 산출

4. 1. 정의

협대역 ISDN 교환 시스템의 패킷호 처리 용량은 X. 25호 요구 지연 시간과 데이터 패킷 전송 지연시간 등과 같은 가입자 관련 서비스 기준 지연시간을 만족하면서 교환기가 처리 할 수 있는 단위시간당 패킷호의 수로 정의 된다.

4. 2. 패킷 용량 산출 방법론

망성능(network performance) 차원에서 볼 때 패킷처리지연은 교환기내에서의 처리 시간과 trunk의 처리시간에 의해 발생하며 교환기내에서의 집중형으로 패킷교환기능을 구현할 경우 ISLU(ISDN Subscriber Line Unit), PM(Packet Multiplexer), DH(D-ch Handler) 및 PH(Packet Handler)에서의 처리시간과 기타 패킷전송시간등으로 인해 발생한다. 그러므로 패킷 교환용량은 각 항목별로 위에서 발생하는 지연시간을 산출하여 허용된 지연시간을 만족하는 용량을 구할 수 있을 것이다. 즉 각 지연항목의 지연요소들을 정의하여 다음과 같이 각 지연항목에 대한 서비스 기준을 초과하지 않도록 하는 용량을 산출한다.

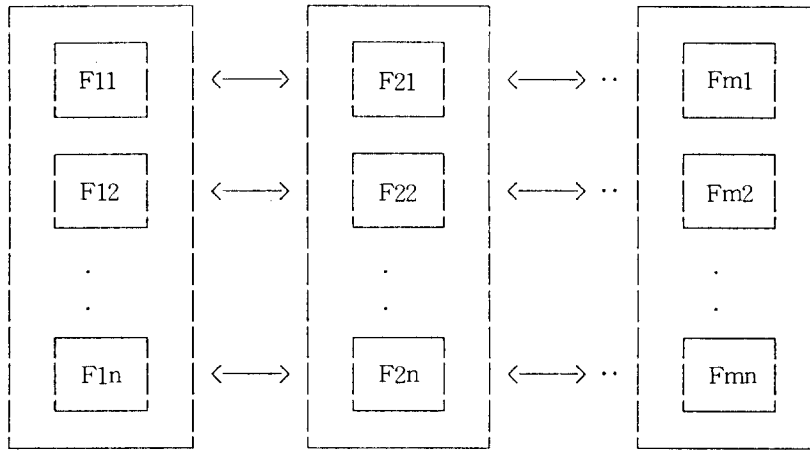
$$\sum_j d_{ij} \leq s_i$$

단, s_i : i -지연항목의 서비스 기준

d_{ij} : i -지연항목의 j -지연요소의 지연시간

PH를 프레임레벨 처리기능, 패킷레벨 처리기능 및 기능간의 접속기능등으로 각 기능을 분산 처리하도록 구성할 때 PH는 몇개의 기능단위

(function unit)로 분류할 수 있으며 각 기능단위들은 그 기능을 수행하기 위해 다시 몇개의 프로세서로 분산처리할 경우 [그림 4. 1]과 같이 모형화할 수 있다.



F_{ij} : i -기능단위의 j -프로세서
 ($i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2, \dots n$)

[그림 4.1] PH의 모형

위의 모형에서 각 기능단위의 프로세서들의 처리능력(throughput)이 같다고 가정하고 각 프로세서의 처리능력을 TF_{ij} 로 표시하면 전체 PH의 처리능력 TPH는 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$TPH = \text{Min} \left(\sum_j TF_{ij} \right)$$

TF_{ij} : i -기능단위 j -프로세서의 처리능력

위의 식에서 각 기능단위의 처리능력을 나타내는 단위는 다를 수 있지만(예 : frame/sec, pks/s등) 적절한 기준에 의해 같은 단위로 통합하므로써 각 기능단위들의 처리능력을 비교할 수 있으며, 위의 식에서 볼 때 패킷교환용량은 병목(bottleneck)이 되는 기능단위의 처리능력으로 나타낸다. 그러므로 패킷교환용량을 산출하기 위해서는 각 기능단위별 처리능력을 산출해야 하는데 회선교환용량 산출방법과 마찬가지로 해석적

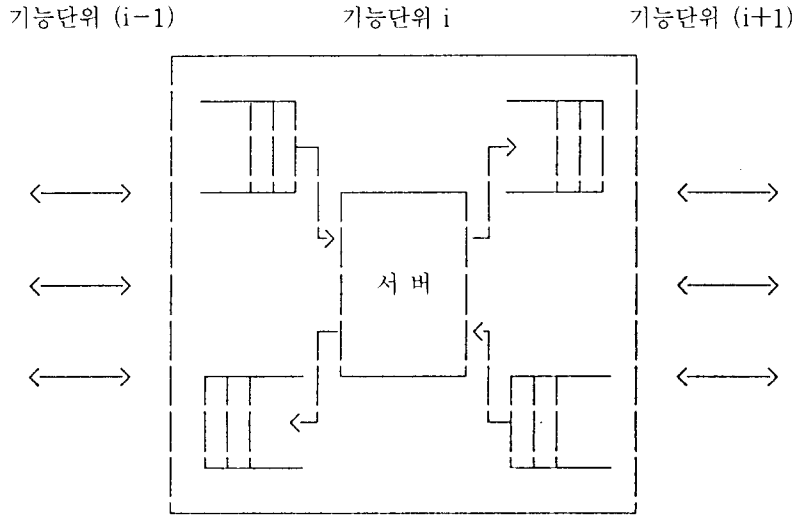
방법, 시뮬레이션에 의한 방법, 그리고 실측에 의한 방법으로 접근할 수 있으며 각 방법은 시스템에 대한 정보의 정도, 비용, 시스템 개발추이에 따라 적절한 방법을 선택하여 이용할 수 있을 것이다.

그 정확성에 있어서는 다소 떨어지지만 시스템 개발 초기에 가장 간단히 접근해 볼 수 있는 방법으로 대기모형(queueing model)에 근거한 해석적 방법을 이용할 수 있는데 각 기능단위에 대한 기본적인 대기모형은 [그림 4. 2]같이 모형화할 수 있다.

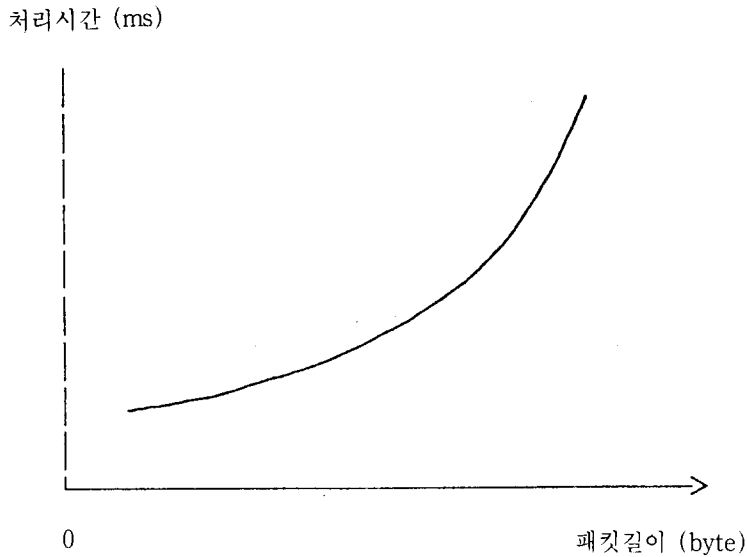
다음의 모형에서 서버는 프로세서를 나타내며 기능단위의 처리능력은 기능단위를 구성하고 있는 프로세서들의 처리능력 합으로 산출할 수 있으며 위의 대기모형을 분석하기 위해서는 각 기능단위에서 입력되는 패킷들의 도착율(arrival rate, λ), 각 기능단위로 출력되는 프로세서의 서

비율(service rate, μ), 그리고 서비스방식, 큐 길이에 대한 가정이 필요할 것이다. 일반적으로 트래픽 엔지니어링과 관련된 대기모형에서 도착

율과 서비스율은 지수분포를 많이 이용하며 [그림 4. 3]는 전형적인 패킷길이에 따른 처리시간을 보여주고 있다.



[그림 4.2] 기능단위의 기본적인 대기모형



[그림 4.3] 패킷길이에 따른 패킷처리 시간

한편, 패킷교환용량을 호출패킷 처리용량과 데이터패킷 처리용량으로 나타낼 때 각각 위와 같은 과정을 통해 구할 수 있는데 호출패킷 처리용량은 제어계와 상당히 밀접하게 관련되어 있으므로 제어계의 호처리과정을 함께 고려하여 모델링해야 하며 데이터패킷 처리 용량은 PM, 내부 채널 및 PH를 대상으로 산출할 수 있다. 호출패킷 처리용량과 데이터패킷 처리용량을 산출하기 위해서는 호출관련패킷(호요구 및 호해제패킷, 그에 대한 응답패킷등) 및 데이터패킷 종류들에 대한 처리시간과 호출관련패킷 및 데이터패킷을 처리하기 위해 단위시간당 프로세서에서 할당하는 시간, 그리고 안정상태(steady state)에서 흐름제어를 위해 발생하는 패킷들의 처리시간 및 그에 할당하는 시간, 각 PM 및 PH간의 통신을 위한 내부 채널의 처리능력등의 세세한 입력 파라미터가 필요할 것이다. 대기모형을 이용한 해석적 방법에서 이용되는 파라미터는 그 값의 변화로 인해 서로의 기능단위에 미치는 영향을 분석하기가 힘들고 기타 필요한 많은 정보를 얻기가 힘들므로 시뮬레이션에 의한 평가가 뒤따라야 하며 시스템이 개발됨에 따라 실시스템에 대해 현장 시험을 통한 측정에 의한 방법으로 비교분석되어 적절한 피드백 및 사후조치가 행해져야 할 것이다.

4. 3. 패킷교환 용량 분석 사례

참고문헌[13]에서는 TDX-10 ISDN 시스템이 패킷교환서비스를 제공하는 경우에 패킷처리 서비스시스템의 큐잉 네트워크 모델 [그림 4. 4]를 토대로 SLAM II를 이용하여 패킷처리 서비스시스템의 성능을 분석하였다. 즉 부가된 트래픽에 따른 패킷교환 시스템내의 프로세서 별 입/출력 큐의 평균 큐길이 및 평균 대기시간들과, X. 25호 요

구 지연시간 및 데이터 패킷 전송 지연시간등의 분석을 통하여, 패킷교환시스템내의 프로세서들의 패킷호 처리능력을 평가하고 TDX-10 시스템의 패킷호 처리용량을 평가하였다.

이 문헌에서는 패킷 교환 시스템내에서의 지연시간은 B-채널 패킷호인 경우 보다는 D-채널 패킷호인 경우에 더 크게 되므로 패킷교환 시스템으로 부가되는 트래픽이 D-채널 패킷호인 경우에 대해서만 시뮬레이션을 수행하였다.

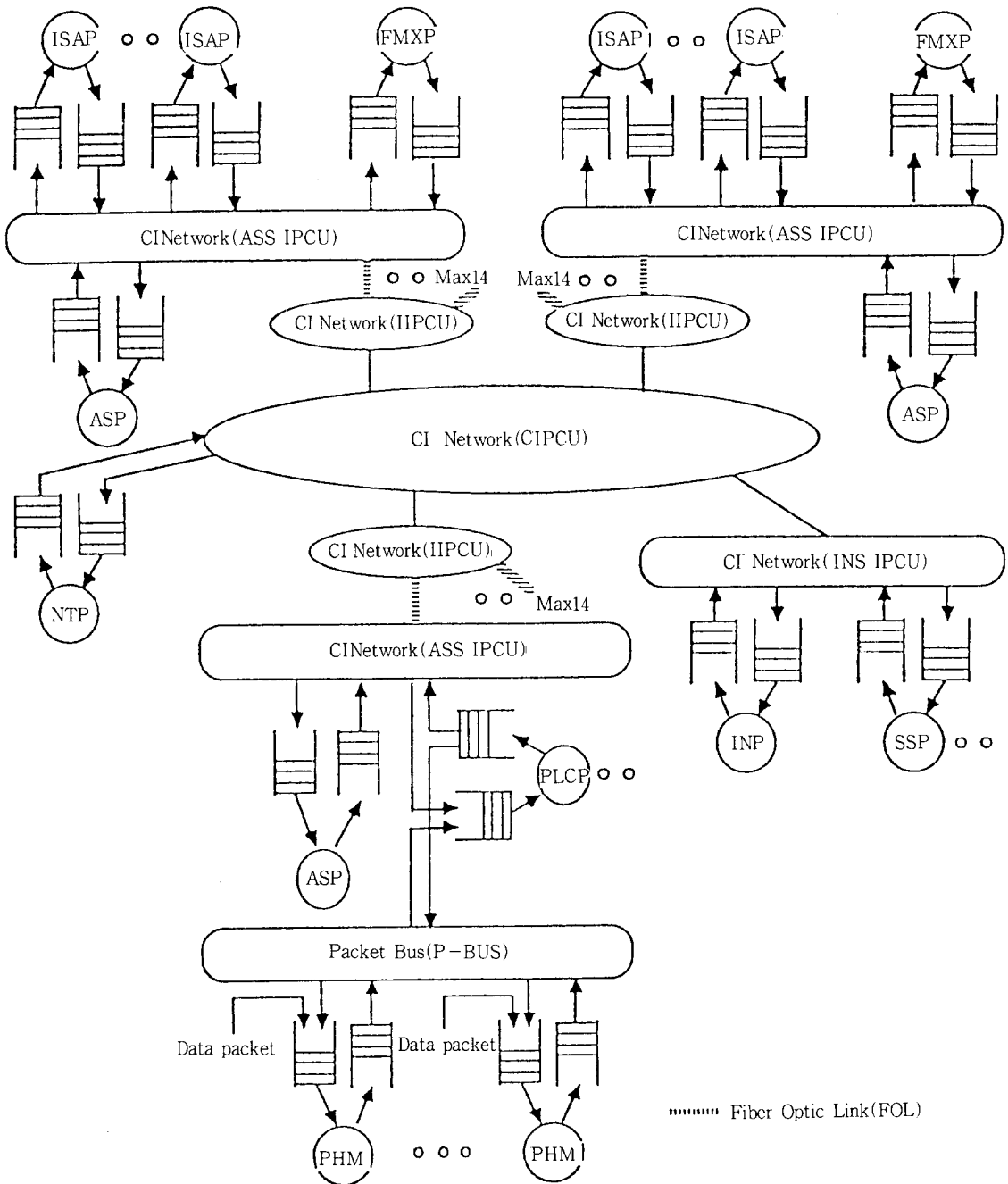
5. 결론

본 논문에서는 트래픽 성능과 관련하여 ISDN 교환기의 용량 및 성능 파라미터를 정의하였다. 그리고 ISDN 교환기의 용량, 즉 회선 교환과 패킷 교환의 용량을 나타낼 방법을 살펴보고 산출 방법론에 관해 논술했다. AT&T의 No. 5 ESS와 TDX-10 ISDN 교환기의 분석을 실례로 삼았다.

한편 본 논문에서는 자국호 중심의 용량 평가 방법론 자체에 초점을 맞추었기 때문에 다음의 사항들은 논의에서 제외되었다.

- (1) B 채널과 D채널의 각각 입력 트래픽 모형
- (2) 신호와 정보흐름의 분리로 인한 신호 메시지와 정보 메시지의 개별 부하 및 트래픽 모형 정립
- (3) 패킷 교환의 흐름과 과부하제어

윗문제들은 각각 개별적으로는 산발적으로 연구가 된 부분들도 있지만 ISDN 교환망의 전체적인 입장에서 재 조명될 필요가 있으며 이는 추후 연구 과제로 남긴다.



[그림 4.4] TDX-10 패킷교환 시스템의 큐잉 네트워크 모델[13]

참고 문헌

- [1] K. Strandberg, "Measure of effectiveness Performance Applied to Telecommunication", Ninth International Teletraffic Congress, Torremoinos, Spain, October, 1979.
- [2] CCITT RED BOOK, VOLUME VI - FASCICLE VI. 5, Digital Transit Exchanges in Integrated Digital Network and Mixed Analogue - Digital Networks, Recommendation Q510-Q517.
- [3] Geza Gosztony, "CCITT and ISDN Traffic Engineering," 5th ITC Seminar, Lake Como, May, 4-8, 1987.
- [4] G. Fiche, D. Le Corguille, C. Le Palud, "Traffic Models for an ISDN Switching System", 12th ITC, Trino, June, 1-8, 1988.
- [5] 서재준, 이강원, "ISDN 교환기의 성능 파라미터 해석안", ETRI, TT/A-87055, 1987. 9.
- [6] G. Fiche, C. Le Palud, and L. Etesse, "ISDN Traffic Assumptions and Repurcussions for Switching System Architectures, " Proceedings of ISS'87, Pheonix, 1987.
- [7] 유병한, 백장현, "TDX-10 ISDN 회선교환호 성능분석", ETRI, TT/R-92-920404, 1992. 4.
- [8] 이강원 외, "Three Stage 스위치 네트워크의 Blocking 확률 및 통화처리용량 해석", 대한산업공학회 춘계 학술발표, pp 216-222, 1989. 4.
- [9] C. Y. Lee, "Analysis of Switching Networks", BSTJ, Vol. 34, Now. 1955.
- [10] M. Karnauth, "Loss of Point-to Point Traffic in Three Stage Circuit Switches", IBM J. Research and Development, Vol. 18, No. 3, 1974. 5.
- [11] 박항구 외, "교환기 성능평가", ETRI, 1992
- [12] M. E. Beshai, D. R. Manfield, "Multichannel Services : Performance of Switching Networks", 12th ITC, 5. 1A7. 1, Torino, 1988.
- [13] 전경표, 유병한, "TDX-10 Packet Handler 성능분석", 대한산업공학회 춘계학술발표회, pp 466-475, 1992.