

TDX-1A의 디지털 중계선 정합 프로세서의 성능분석

°한 지환 박 광로 이 용균
한국전자통신연구소

The Performance Analysis of The Digital Trunk Circuit Processor in The TDX-1A

*Jee Hwan Ahn, Kwang Ro Park, Yong Kyun Lee
Electronics and Telecommunications Research Institute

Abstract

This paper describes an effective trunk loop signal processing method and analyzes execution time of program in the DTCP (Digital Trunk Circuit Processor) in the TDX-1A digital switching system. To predict a maximum trunk capacity, also analyzes to Z80A system clock(4Mbit/s, 2.5Mbit/s) and scanning period(8mS,5mS) respectively.

I. 서론

전화기의 급속한 보급과 함께 가입자 상호간의 접속, 즉 교환 문제가 대두되고 보다 많은 가입자와 넓은 지역의 가입자 상호간의 접속을 위해서는 필연적으로 두대 이상의 교환기를 서로 접속시켜야만 한다. 이들 전화기와 교환기간 또는 교환기 상호간의 접속을 위해서는 접속제어 정보의 교환이 이루어져야 하는데 특히 교환기간의 신호 및 통화로 연결을 위한 수단으로 T1 캐리어를 사용하는 T1 디지털 중계선 정합 프로세서(DTCP : Digital Trunk Circuit Processor)는 T1 캐리어를 통해 다국의 전자식 교환기와 직접 접속되거나 채널 뱅크를 통해 기계식 또는 반전자식 교환기와 접속된다.^[1]

DTCP는 CCITT(The International Telegraph and Telephone Consultative Committee)에서 권고하는 PCM (Pulse Code Modulation) 다중장치의 고장상태를 감시하고 고장상태 검출시 이에 대한 대응조치^[2]를 신속히 수행한다. 또한 1,544Kbit/s 디지털 신호로부터 중계선 신호를 추출하여 중계선의 상태변화를 검출하고 상태변화 검출시 적절한 처리를 수행하며 각종 디지털 서비스를 효율적으로 수행하기 위해 T1 캐리어 상에서 발생하는 각종 장애를 감시하고 장애 발생시 서비스 품질을 일정한 수준 이상 보장하기 위하여 장애의 원인과 통화 서비스에 미치는 장애의 유형별로 적절한 서비스 제한조치^{[3][4]}를 취한다.

본 고에서는 Z80A 시스템 클럭 2.5Mbit/s, 기본 주사(scanning) 주기 8mS에서 하나의 DTCP가 한 팔럭 동안 처리해야 할 신호를 호 처리 용량면에서 분석하고 다양한 신호 방식과 동시에 정합이 가능하며, 기존 신호의 변경이나 새로운 신호의 추가가

유리한 중계선 신호 처리 방식을 제시하고 동 프로세서의 프로그램 수행시간을 신호 처리에 관한 Job과 그렇지 않은 Job으로 구분하여 분석함으로써 교환기의 life-time동안 얼마나 안정한가를 보였다.

또한 시스템의 신뢰도를 최대화하기 위해 Job의 긴급도에 따라 등급을 달리하였으며 Qucuc의 규모에 대해서도 고려하였다. 마지막으로 기존의 자료를 기초로 Z80A 시스템 클럭 2.5Mbit/s, 4Mbit/s 및 기본 주사 주기 8mS, 5mS에서의 최대 중계선 용량을 분석하였다.

II. 중계선 신호 처리 방식 및 실현

서로 다른 여러 종류의 중계선 신호를 하나의 프로세서에서 처리하는 방식은 다음의 세가지 형태로 크게 나눌 수 있다.

- 첫째, 모든 중계선을 형태별로 분류하여 동일한 중계선 신호를 갖는 중계선 그룹 별로 중계선을 주사하고 각 중계선 특성에 맞는 신호 처리를 수행하는 방식.
- 둘째, 중계선 형태에 무관하게 모든 중계선을 주사하며 호의 발생에 따른 이벤트를 검출한 후 해당 중계선 형태의 신호 처리를 담당하는 프로그램에서 이를 처리하는 방식.
- 셋째, 중계선 형태에 무관하게 모든 중계선을 주사하고 호의 발생에 따른 이벤트의 처리는 중계선 형태별로 제어 테이블에 제어 데이터를 저장하여 이벤트 발생시에 필요한 정보를 추출한 후 각종 이벤트 처리 프로그램에서 이를 처리하는 table-driven 방식.

위에서 언급한 신호 처리 방식은 하나의 프로세서가 처리해야 하는 중계선 그룹의 특성에 따라 적절히 선택되어야 한다. 첫째 방식은 이벤트의 발생이 많고 중계선 형태별로 신호 이벤트 정보가 표준화된 형태로 입력출력되지 않거나 하나의 프로세서에서 한가지 형태의 중계선 만을 수용하는 경우에 바람직하다. 두 번째 방식은 이벤트의 발생이 적으며 각 중계선 형태별로 아주 상이한 처리를 해야 하는 경우에, 세번째 방식은 이벤트의 발생이 적으며 각 중계선 형태별로 서로 비슷한 방식의 처리를 하는 경우에 아주 효율적이며 용량 증대시 중계선의 추가가 용이

하고 기존 신호의 변경이나 새로운 신호 방식에 쉽게 대처할 수 있다.

여기서 DTCP가 중계선 신호 처리를 효율적으로 수행하기 위해 위에서 언급한 세가지 방식중 어떤 방식을 선택해야 하는가를 결정하기 위해 호처리 용량면에서 하나의 DTCP가 처리해야 하는 DTCP의 프로 신호 처리 능력을 이벤트의 발생빈도와 이벤트 발생 특성에 대해서 분석하면 다음과 같다. 하나의 중계선이 busy-hour에 처리해야 될 트래픽은 TDX-1A의 최대 트래픽이 100,000BHCA(Busy Hour Call Attempt)이고 수용 가능한 최대 중계선 수가 2048(1920)개로서 각 중계선당 1시간 동안에 대략 50개의 호가 발생한다. 하나의 호를 처리하는데 발생할 수 있는 이벤트로는 구간내 전송할 디지털 갯수가 7개이고 모두 디지털 '0'을 다이얼링 한 것으로 가정하면 십진 신호 방식인 경우 상위 프로세서와의 메시지가 최대 11개이며, 디지털의 전송이나 수신을 하는데 필요한 메시지 관련 11개와 십진 펄스(decadic pulse) $6 \times 2 \times 7 = 84$ 개 및 기타 6개 정도의 여유를 두면 대략 112개의 이벤트가 발생한다. R2 신호 방식인 경우는 디지털 관련 이벤트가 없음으로 대략 10개의 이벤트 이내이다. 여기서 하나의 DTCP에는 여러 신호 방식의 중계선이 합쳐 수용되는 경우만을 고려하여 모든 중계선의 신호 방식이 십진 펄스의 이벤트에 대해서 분석한다. 따라서 최대 용량 트래픽 처리시에 중계선당 1시간 동안 발생하는 이벤트 수는 50호/중계선 \times 112이벤트/호 = 5,600개이며 하나의 DTCP당 120개의 중계선이 수용되었으므로 하나의 DTCP에는 busy hour에 $5,600 \times 120 = 672,000$ 개의 이벤트가 발생된다. 이를 DTCP의 클럭 주기인 8mS로 환산하면 매 클럭 주기마다 평균 1.5개의 이벤트가 발생한다. 따라서 TDX-1A 시스템의 DTCP에서의 신호 처리 방식은 단위 시간(8mS)당 이벤트의 수가 적으며 중계선의 종류별 신호 방식이 서로 유사한 특성에 따라 위의 세번째 방식인 table-driven 방식이 적합함을 알 수 있으며 실제로 DTCP의 중계선 신호 처리 방식은 이 방식으로 설계되고 실현되었다.

III. 신호 처리의 신뢰도

이제 table-driven 방식으로 중계선 신호 처리를 수행하는 DTCP의 프로그램 수행시간을 분석하면 다음과 같다. 여기서 프로세서의 프로그램 수행시간은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- OS에 의한 Job Scheduling 및 유지보수(M&A: Maintenance and Administration) 관련 Job의 처리시간
- 중계선의 갯수에 따른 기본 주사 시간
- 호의 발생에 따른 신호의 이벤트 처리시간

여기서 OS에 의한 Job Scheduling시간 및 유지보수 관련 Job의 처리시간은 신호 처리에 무관하고 기본 주사 시간은 중계선의 회선 수에 따라 증가하며 신호의 이벤트 처리시간은 호의 발생 특성에 따라 포아송(Poisson)분포 특성¹¹⁾을 가진다.

베르누이(Bernoulli)분포를 교환기에 적용하면 n개의 회선에서 k개의 회선이 동시에 점유될 확율을 구할 수 있다. n개의 회선 중 k개가 점유되고 n-k개가 점유되지 않을 확율 P_k 는

$$P_k = C_n^k \times b^k \times (1-b)^{n-k}$$

여기서 b=단위 시간당 회선이 점유된 시간비

가 된다. 다음에는 시각에 관계없이 미소시간 Δt 동안에 1개의 호가 발생할 확율이 $v\Delta t$ 이고 2개 이상의 호가 발생할 확율을 무시할 수 있는 모델에서 시간 τ 사이에 k개의 호가 발생할 확율은 그림 1과 같이 τ 를 미세구간 Δt 로 분해하면 특정한 k개의 구간에서 호가 발생하고 나머지 (n-k)개의 구간에서 호가 발생하지 않을 확율은 $(v\Delta t)^k(1-v\Delta t)^{n-k}$ 이다.

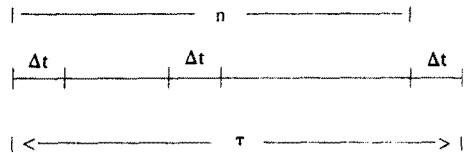


그림 1. 랜덤 호의 모델

이것은 베르누이의 분포와 동일한 식으로 여기서 $P_k(\tau)$ 를 k개의 회선이 동시에 점유되는 확율이라하면

$$P_k(\tau) = C_n^k \times b^k \times (1-b)^{n-k} \\ = (n!/k!(n-k)!) \times b^k \times (1-b)^{n-k} \\ = (n!/k!(n-k)!) \times (v\tau/n)^k \times (1-v\tau/n)^{n-k}$$

이고, 여기서 n이 매우크다면 $n \rightarrow \infty$ 로 하여,

$$P_k(\tau) = e^{-v\tau} \times ((v\tau)^k/k!)$$

이는 평균값이 $v\tau$ 인 포아송 분포이며 베르누이의 극한치와 동일한 것을 알 수 있다. 여기서 v 는 발생계수로서 시각에 관계없이 일정한 경우 호의 발생은 랜덤함을 나타낸다.

TDX-1A의 디지털 중계선 신호 처리 수행 시간 배분을 분석해 보면 다음 표 1과 같다.

표 1. TDX-1A의 DTCP 프로그램의 수행시간 내역
Z80A의 CPU 클럭: 2.5Mbits

항 목	시 간
기본 클럭 주기	8 mS
OS 및 M&A 수행시간	1.56 mS
기본 주사 수행시간	4.37 mS
이벤트 수행 가능한 시간	2.07 mS
이벤트 평균 수행시간	0.17 mS

위 표 1로부터 매 클럭 주기 마다 최대 12.2(2.07+0.17)개의 이벤트를 처리할 수 있음을 알 수 있다. DTCP에서 12개의 이벤트가 하나의 단위 클럭 주기동안에 발생할 확율은 위 포아송 분포식에서 v 가 1.5이며 τ 가 (8mS 단위 클럭)인 경우로서 $P_{12}(1)$ 은 0.6044×10^{-7} 이며, 이 값에 역을 취한 값(1.6546×10^7) 만큼의 클럭 기간(36.768시간)동안에 한번은 발생한다고 볼 수 있다. 이러한 식에 의해서 교환기가 40년 동안 안정적으로 신호를 처리하기 위해서는 확율적으로 40년 \times 365일/년 \times 24시간/일 \times 3,600초/시간 \times 125클럭/초 = 1.5768×10^{11} 의 역인 0.6342×10^{-11} 의 발생 확율까지 처리할 수 있어야

한다. 따라서 이러한 처리를 신뢰성 있게 수행하기 위해 DTCP에서는 기본 주사처리 및 중계선 신호 송출을 클럭 레벨에서 수행하고 중계선 상태 데이터를 Qucuc에 저장한 후 시간적 여유를 가지고 베이스 레벨에서 이벤트 발생을 검출하고 이를 처리하도록 Job의 긴급도에 따라 처리 등급을 달리 설계하였다. Qucuc의 규모가 2인 경우에 τ 는 2가 되며 2 클럭 동안에 최대 처리할 수 있는 이벤트는 24이므로 $P_{24}(2)$ 는 0.2266×10^{-13} 으로 11.193.41년 동안 안정적으로 처리할 수 있음을 알 수 있다. 이는 신호 처리가 1주기 이상 지연될 확률이 극히 적어 거의 발생하지 않는다는 것을 나타내 주고는 있지만 실제 현장에서 운용중인 시스템에서 매 클럭 주기마다 이벤트 처리 시간을 2.07mS 이상 유지시켜 주는 것은 실제로 어려운 일이므로 실제 DTCP의 Qucuc는 1,024mS 즉 128 클럭 주기동안의 데이터를 지연 처리할 수 있도록 설계하여 시스템의 신뢰도를 최대한 고려하였다. 따라서 긴급한 처리로 인하여 신호의 처리가 약간 지연 처리될 수는 있지만 일정 시간동안에 호의 과다한 발생으로 인한 신호의 지연처리는 거의 없음을 알 수 있다.

IV. 중계선 수용 용량

지금까지의 분석은 DTCP의 프로세서인 Z80A의 언어 특성과 2.5Mbit/s의 클럭 사용을 기준으로 하고 기본 주사 시간을 8mS로 하였을 경우에 대한 것이었다. 실제로 소프트웨어에 의한 시스템의 신뢰도를 최대화하기 위해서는 각종 잡음성분으로 부터 정확한 신호의 추출이 필요하고 시스템의 life-time 동안 트래픽의 과부하로 인하여 신호 처리에 문제를 야기시키지 않도록 Qucuc의 규모 선택과 최대 수용 가능한 중계선의 갯수에 대한 고려를 해야 한다.

이제 시스템이 최대 수용 가능한 최선수를 예측하기 위해서 τ 를 4로 가정하고 Z80A의 시스템 클럭이 2.5Mbit/s와 4Mbit/s 각각에 대해서 중계선 주사주기를 8mS와 5mS인 경우에 적용하면 다음 표 2과 같다.

표 2. TDX-1A의 DTCP 프로그램의 수행 성능분석

1) 동작 클럭이 2.5Mbit/s 이고 주사주기가 8mS인 경우

OS 및 M&A 수행시간: 1.56mS
이벤트당 평균 수행시간: 0.17mS

중계선 수	ν	유휴시간 (mS)	이벤트 수	k	$P_k(\tau)$
120	1.5	2.07	12.2	48	4.48×10^{-27}
144	1.8	1.20	7.1	28	2.48×10^{-9}
168	2.1	0.32	1.9	7	1.31×10^{-1}
192	2.4	-0.55	-	-	-

2) 동작 클럭이 4Mbit/s 이고 주사주기가 8mS인 경우

OS 및 M&A 수행시간: 0.98mS
이벤트당 평균 수행시간: 0.11mS

중계선 수	ν	유휴시간 (mS)	이벤트 수	k	$P_k(\tau)$
120	1.5	4.29	39.0	156	0
144	1.8	3.74	34.0	136	0
168	2.1	3.20	29.1	116	0
192	2.4	2.65	24.1	96	0
216	2.7	2.11	19.2	36	3.75×10^{-38}
240	3.0	1.56	14.2	56	2.35×10^{-20}
264	3.3	1.01	9.2	36	1.09×10^{-7}
288	3.6	0.47	4.3	16	9.11×10^{-2}
312	3.9	-0.08	-	-	-

3) 동작 클럭이 2.5Mbit/s 이고 주사주기가 5mS인 경우

OS 및 M&A 수행시간: 1.56mS
이벤트당 평균 수행시간: 0.17mS

중계선 수	ν	유휴시간 (mS)	이벤트 수	k	$P_k(\tau)$
24	0.3	2.57	15.1	60	2.04×10^{-78}
48	0.6	1.69	9.9	39	2.99×10^{-33}
72	0.9	0.82	4.8	19	8.34×10^{-9}
96	1.2	-0.06	-	-	-

4) 동작 클럭이 4Mbit/s 이고 주사주기가 5mS인 경우

OS 및 M&A 수행시간: 0.98mS
이벤트당 평균 수행시간: 0.11mS

중계선 수	ν	유휴시간 (mS)	이벤트 수	k	$P_k(\tau)$
24	0.3	3.47	31.5	126	0
48	0.6	2.93	26.6	106	0
72	0.9	2.38	21.6	86	0
96	1.2	1.84	16.7	66	1.38×10^{-50}
120	1.5	1.29	11.7	46	2.81×10^{-26}
144	1.8	0.74	6.7	26	3.61×10^{-8}
168	2.1	0.20	1.8	6	1.32×10^{-1}
192	2.4	-0.35	-	-	-

위 표 2의 결과로 부터 8mS 주사주기에 2.5Mbit/s의 시스템 클럭을 사용할때 최대 5T1(120 중계선), 4Mbit/s의 시스템 클럭을 사용할때 10T1, 5mS 주사주기에 2.5Mbit/s의 시스템 클럭을 사용할때 2T1, 4Mbit/s의 시스템 클럭을 사용할 때는 5T1 분의 중계선을 수용할 수 있음을 알 수 있다. 물론 여기서 제공된 분석은 TDX-1A의 자료를 기준으로 하여 상대적으로 비교 적용한 것이다.

V. 결론

TDX-1A의 디지털 중계선 정합 프로세서의 신호 처리 소프트웨어의 구성은 표준화된 입.출력 데이터(ON/OFF)로부터 상태 변화 이벤트 검출시와 일정시간 유지를 검출하는 timer의 time-out 이벤트 검출시에 중계선 종류를 분석하고 이전 상태의 신호 상태와 조합하여 신호를 분석하고 처리하는데, 이 때까지 Z80A 시스템 클럭 2.5Mbit/s, 기본 주사(scanning)

주기 8mS에서 하나의 DTCP가 한 클럭 동안 처리해야 할 신호를 이벤트의 발생빈도와 발생 특성에 대해 분석한 결과 단위 시간(8mS) 당 이벤트의 발생 수가 적으며 중계선의 형태별 신호 방식이 서로 유사하므로 중계선 신호 처리 방식으로 중계선 형태별로 구성되어 있는 테이블의 정보에 의해 중계선 신호가 분석 처리되는 table-driven 방식을 선택하였다. 이렇게 함으로서 새로운 신호 방식의 중계선 신호 처리 소프트웨어 추가를 용이하게 하고 기존 신호의 변경시에도 소프트웨어의 변경이 용이하도록 하였다.

또한 별도의 신호 송신이나 수신장비 없이 중계선 종류별로 하나의 단위 소프트웨어로 중계선 신호를 완벽하게 송·수신하고 T1 캐리어 장에로 부터 호 서비스의 신뢰성을 유지시킬수 있음으로서 저렴한 가격으로 디지털 중계선의 신호 처리에도 기여하였다.

동 프로세서의 프로그램 수행시간을 신호 처리에 관한 Job과 그렇지 않은 Job으로 구분하여 분석함으로써 교환기의 life-time동안 얼마나 안정한가를 보였고 또한 시스템의 신뢰도를 최대화하기 위해 Job의 긴급도에 따라 등급을 달리하였으며 Queuc의 규모에 대해서도 고려하였다.

마지막으로 기존의 자료를 기초로 Z80A 시스템 클럭 2.5 Mbit/s, 4Mbit/s 및 기본 주사 주기 8mS, 5mS에서의 최대 중계선 용량을 분석함으로써 시스템 클럭과 주사 주기를 변경할 경우 하나의 프로세서에 중계선을 최대 얼마까지 수용할 것인가에 대한 예측도 가능하게 하였다.

따라서 이제까지의 분석은 트래피 특성만을 고려하였으나 중계선 신호 처리는 실시간 특성이 강하기 때문에 단지 비정규적인 Job 발생으로 인한 신호 처리 데이터의 유실 방지를 보장하기 위한 Queuc의 설계 및 Queuc의 영향에 대한 분석도 좀더 연구되어야 할 것이다. 또한 국내의 Decadic 펄스주기와 상이한 펄스주기를 사용하는 국가의 중계선 신호도 효과적으로 처리하기 위하여 주사주기에 대한 검토도 있어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구결과는 KTA의 출연금에 의한 전자교환기 개발사업 중 호처리 소프트웨어 개발과제의 수행결과와 하나임을 밝혀 드리며, 그동안 디지털 중계선 신호 처리 소프트웨어를 개발하는데 많은 도움을 주신 출입회로 개발실의 디지털 중계선 담당 팀에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 박항구, "가입자선과 중계선 결합기술", 전자교환기술, 제1권 제1호, 대한전자공학회 교환연구회, 1985.8
2. CCITT(The International Telegraph and Telephone Consultative Committee), Vol.3 fas III.3, "Transmission Systems and Multiplexing Equipment", 1984, Oct
3. CCITT(The International Telegraph and Telephone Consultative Committee), Vol.3 fas III.5, "Integrated Services Digital Network", 1984, Oct
4. 박광로 안지환 이용균, "TDX-1A의 디지털 중계선 장비 처리 소프트웨어 구현", 교환 및 통신연구회 합동학술 발표회 논문집, Vol.11 No.1, 1987, 11
5. 오세영, "전자교환공학계론", pp 53-97, 도서출판 청암, 1984, 2