

공통선 신호방식을 위한 통화로의 연속성 시험에 관한 연구

°김 덕환, 백 제인, 홍 현하, 이 형호

한국전자통신연구소

A Study on the Continuity Check of Speech Path in Common Channel Signaling

°Deok Hwan Kim, Je In Baek, Hyun Ha Hong, and Hyeong Ho Lee

Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)

Abstract

Since the common channel signaling(CCS) is proceeded over its own dedicated network other than the speech one, a continuity check is necessary during the path set-up phase of each conversation.

In this paper, a method and procedure of continuity check and the transmission requirements of the continuity check transceiver(CCT) are considered and also the specifications of continuity check in CCITT recommendations are compared with the functional specifications being used in various nations. As a result, we proposed an efficient structure as well as a reasonable implementation method of CCT in an exchange.

I. 서 론

공통선 신호방식(common channel signaling : CCS)은 전화교환뿐만 아니라 데이터 전송, 원격제어, 교환망의 유지보수와 제어신호의 송수신과 같은 다양한 서비스를 제공할수 있도록 하며^[1], 현재 국내에서도 종합 정보 통신망의 일환으로 TDX-10 전자교환기에 No. 7 CCS 시스템을 구현하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다^[2]. 그런데 일반적인 신호방식으로서 개별선 신호방식(channel associated signaling : CAS)에서는 통화로와 신호로(signal path)가 동일하기때문에 신호 절차(signaling) 자체에 의해서 통화로의 정상 상태를 확인할수 있는 반면에, CCS에서는 통화로와 신호 링크(signaling link)가 분리되어 있기때문에 접속될 통화로의 정상여부 확인이나 품질조사를 하기위해 별도의 기능이 필요한데 이것은 호 접속(call set-up) 완료전에 연속성 시험으로써 수행한다^{[1][3]}.

본 논문에서는 CCITT 권고안^[4]을 중심으로 하여 통화로 형태와 신호중계 방식에 따른 연속성 시험 방법의 특성 및 절차, 연속성 시험 송수신기(continuity check transceiver : CCT)의 전송 조건 등을 고찰하고, CCITT 권고안과 각 나라별로 사용되고 있는 연속성 시험 기능 규격을 비교, 검토하므로써 효율적인 CCT의 구조와 구현 방법을 연구하였으며, CCITT에서 자세하게 언급되지

않은 2선식 통화로에 대한 시험 방법은 4선식 통화로에 대한 경우를 참조하여 정리하였다.

II장에서 연속성 시험의 제반 특성을 고찰하여 바람직한 연속성 시험 기능규격을 제시하였고, III장에서는 CCITT 권고안과 각 나라별로 사용되고 있는 연속성 시험 기능 규격을 비교, 검토하고, IV장에서는 교환기내에서 바람직한 CCT의 구조와 구현 방법에 대해서 고찰 및 제안하였으며 V장에서 결론을 맺었다.

II. 연속성 시험의 특성

1. 연속성 시험의 적용 대상 및 방법

연속성 시험의 적용 대상은 애널로그 회선에 대해서만 적용되는것이 원칙이며, 통화로가 고정인 경우에 통화로상에 나타나는 결함을 발견하여 교환 시스템에 표시해 주는 파일롯(pilot) 감시 기능이 있는 애널로그 회선에 대해서는 적용하지 아니한다^{[1][4]}. 그러나 AXE-10 교환기에서는 통계적 관리를 위해 파일롯 감시 기능이 있는 애널로그 회선에서도 연속성 시험을 수행하고 있다^[5].

통화로의 연속성 시험은 단일음(single tone)으로된 시험 신호음 주파수를 사용하여 호 단위(per-call basis)로 호 접속 완료 전에 또는 통계적 방법(statistical method)에 근거하여 필요시마다 수행한다. 이때에 통화로상에 반향 억압기(echo suppressor)가 동작중에 있으면 이는 연속성 시험의 방해요인이 되므로 그 동작을 중지(disable)시켜야 한다^{[1][6]}.

연속성 시험 방법은 4선식(4-wire) 혹은 2선식(2-wire) 통화로 형태에 따라 다른데, 4선식 통화로인 경우에는, 그림 1과 같이 발신 교환국(originating office)에서 통화로를 통해 시험 신호음 f1을 송출하면 착신 교환국(terminating office)에서는 시험 루프(check loop)를 통해 이를 귀환(loop-back)시키고, 발신 교환국에서 귀환된 시험 신호음 f1을 수신하므로써 시험이 이루어진다. 그러나 2선식 통화로인 경우에는 그림 2와 같이 착신 교환국에 CCT가 접속되어 있어서, 발신 교환국에서 통화로를 통해 먼저 시험 신호음 f2를 송출하면 착신 교환국의 CCT는 이를 수신한 후 이에 대응하여 별개의 시험 신호음 f1을 발신 교환국으로 송출하고, 이것을 발신 교환국에서 수신하므로써 시험이 완료된다.

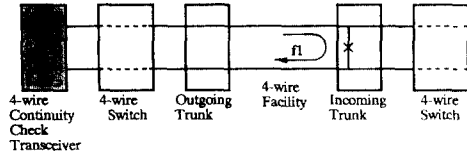


그림 1. 4선식 통화로의 연속성 시험 방법

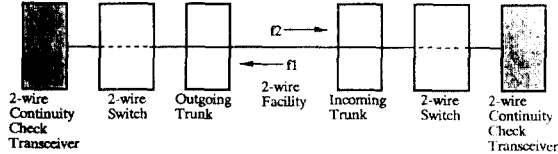


그림 2. 2선식 통화로의 연속성 시험 방법

2. 연속성 시험장치의 전송 조건(Transmission requirements)

연속성 시험을 위한 CCT나 시험 투우프 등의 연속성 시험 장치에 대해서 정상적인 시험이 되기 위한 전송 조건으로서 CCITT에서 권고된 내용^[1]을 정리하면 다음과 같다. CCT의 송신기(transmitting equipment)는 4선식 통화로인 경우에는 $2,000 \pm 20$ Hz, 2선식 통화로인 경우에는 $1,780 \pm 20$ Hz(발신 교환국)와 $2,000 \pm 20$ Hz(착신 교환국)의 시험 신호음 주파수로 -12 ± 1 dBm0의 시험 신호음 레벨을 갖는 송신 조건(transmitting requirement)을 만족시켜야 하며, 그리고 시험 신호음 주파수가 중심 주파수 ± 30 Hz 이내인 경우이고, 시험 신호음 절대 전력 레벨 N이 $(-18 + n)$ $\leq N \leq (-6 + n)$ dBm범위로 30~60 ms동안 인식(recognition)되는 수신 조건(receiving requirement)을 만족시킬때 수신기(receiving equipment)가 동작되어야 한다. 여기서, n은 수신기 입력단에서의 상대 전력 레벨이고, 이하에서 언급되는 모든 n에도 해당된다. 그러나, 시험 신호음 주파수가 중심 주파수 ± 200 Hz대역을 벗어나거나, 시험 신호음 레벨이 $-22 + n$ dBm이하이거나, 시험 신호음 지속시간(duration)이 30 ms미만일때에는 수신기가 동작되지 않아야 하고, 또한 시험 신호음을 인지한 후에 15 ms를 경과하거나, 시험 신호음 제거표시(removal indication)가 40 ms를 경과하거나, 시험 신호음 수신 레벨이 $-27 + n$ dBm이하일 때 CCT를 복구시킨다.

시험 투우프는 착신 교환국의 4선식 통화로에서만 필요하며, 접속점에서 두 경로의 상대 레벨 차이를 고려하여 손실이 0 dB이어야 한다. 한편 연속성 시험장치의 접속 및 절단(disconnection)의 평균 시간은 100 ms미만이고, 연속성 시험의 시한(time-out period)은 2초 이내이어야 한다. 이와같은 전송 조건을 시간 관점에서 살펴보면, 그림 3과 같이 CCT 동작 특성을 표시할 수 있다.

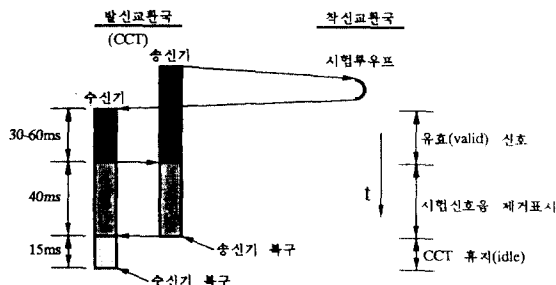


그림 3. 시간 관점에서의 CCT의 동작 특성

3. 연속성 시험의 수행절차(Continuity-check procedure)

호 접속시 연속성 시험절차는 그림 4와 같으며, 4선식/2선식, 발신 교환국/착신 교환국 및 중계 교환국(transit office)의 유무에 따라 다르다^{[1][6-8]}.

발신 교환국에서의 시험절차는 연속성 시험의 수행 정보를 가진 선두 어드레스 메시지(initial address message : IAM)를 CCS 신호 링크를 통하여 착신 교환국으로 송출함과 동시에 CCT를 통화로에 접속시켜 시험 신호음의 송수를 통하여 출중계 통화로의 연속성(continuity)을 확인한 후, 자국내의 통화로(speech path across the exchange)의 양호함을 확인하면 연속성 시험이 완료되고, 이 사실을 연속성 신호(continuity signal) 메시지를 통하여 착신 교환국에 전달한다. 마찬가지로 착신 교환국에서의 시험절차는 4선식/2선식 통화로 형태에 따라 시험절차가 다른데, 4선식 통화로인 경우에는 IAM 메시지를 수신하면 발신 교환국으로부터 COT 신호 메시지가 수신 될때까지 입중계 통화로에 시험 투우프를 접속하고, 2선식 통화로인 경우에는 CCT를 접속한다.

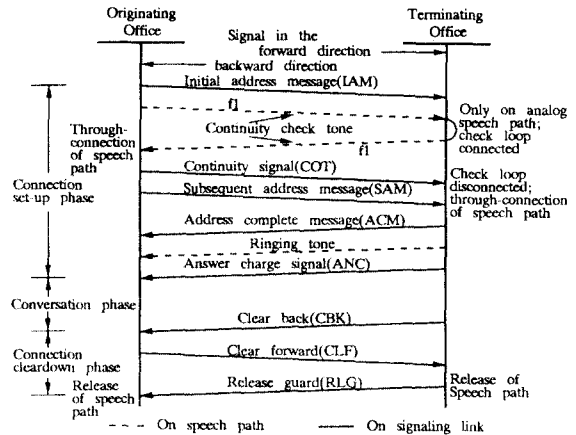


그림 4. 정상 접속시 4선식 통화로의 호 접속 절차

발신 교환국과 착신 교환국 사이에 중계 교환국이 존재하는 경우의 연속성 시험절차 및 방법은 단 대 단(end-to-end) 방식과 링크 대 링크(link-by-link) 방식의 두 가지가 가능하다^[6]. 단 대 단 방식은 그림 5(a)와 같은 시험절차로 수행하며, 중계 교환국에서는 자국내를 통과하는 통화로(cross-office speech path)만을 시험하고 부가적인 접속이 불필요하기 때문에 중계 교환국의 처리과정이 간단하다는 장점이 있는 반면에, 전송품질(transmission quality) 측면에서 시험 레벨을 설정하기가 어렵고 호 접속 시간이 큰 단점이 있다. 링크 대 링크 방식은 다시 확인형(compelled) 방식과 비확인형(non-compelled) 방식으로 나뉘는데, 확인형 방식은 그림 5(b)와 같이 중계 교환국에서는 입중계선(incoming trunk)측의 시험을 완료한 후에만 출중계선(outgoing trunk)측의 시험을 시작하는 방식으로서 중계 구간당 연결된 통화로의 종류가 다를 경우에 효과적이며, 시험을 정확하게 할 수 있을뿐만 아니라 중계 교환국에서의 시험 레벨의 설정이 용이한 장점이 있는 반면에 호 접속 시간이 큰 단점이 있다. 그러나 비확인형 방식은 그림 5(c)에서와 같이 중계 교환국에서는 입중계선에 IAM 메시지가 수신된

후 즉시, 출중계선을 선택하고 착신 교환국으로 IAM 메시지를 전송해서 중계 교환국을 중심으로 발신 교환국과 착신 교환국에서 동시에 시험을 수행하는 방식으로, 호 접속 시간이 짧고 중계 교환국에서 시험 레벨의 설정이 용이한 장점이 있는 반면에, 중계 교환국에서의 처리과정이 복잡한 단점을 가지고 있다.

그런데 중계 교환국에서의 복잡도가 심하게 차이가 나는 것은 아니므로 호 접속 시간이 가장 짧으면서 CCS의 기본이 되는 링크 대 링크 방식과 부합되는 그림 5(c)의 비확인형 방식이 바람직하다. 일본에서는 초창기에 단 대 단 방식을 사용하였지만^[9], 현재는 미국, 스웨덴 등과 함께 비확인형 링크 대 링크 방식을 사용하고 있으며^[5-6, 11], CCITT에서도 링크 대 링크 방식이 권고되고 있다^[1].

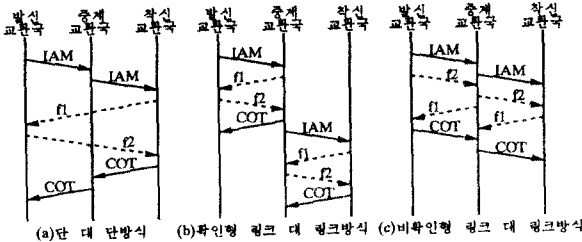


그림 5. 중계 교환국이 있는 2선식 통화로인 경우에 연속성 시험절차 및 방법

연속성 시험과정에서 출중계 통화로의 고장(failure)일 경우에는 일단 CCT를 절단하고, 연속성 실패신호(continuity-failure signal : CCF) 메시지를 착신 교환국으로 송출한다. 그리고 연속성 시험 요청신호(continuity-check-request signal : CCR) 메시지를 사용하여 고장을 검출한 교환국에서 2차 연속성 시험을 시작하는데, 이 경우에서도 시험이 실패(fail)되면 주기적으로 재시험을 반복하면서 유지보수 요원에게 고장 발생을 통보한다. 이때의 시험에서는 동일한 CCT를 사용하지 아니한다. 만일 모든 CCT가 비정상 상태여서 연속성 시험을 할수 없게되면 신호음(tone)이나 안내(announcement)를 통하여 호 접속이 불가능함을 알린다^[7].

4. 연속성 시험호(Continuity-check test call)

연속성 시험호는 인접 교환국 사이에서만 적용되며, 통화로의 통계적인 관리를 위해 점유(seizure)되지 않은 통화로의 상태를 시험하기 위한 것이다. 이것의 시험절차는 대부분의 과정이 연속성 시험절차와 동일한다^[11, 6], IAM 메시지 대신에 CCR 신호 메시지를 사용하는 점과 연속성 시험호가 실패(fail)될 경우의 재시도 과정이 다르다. 만약 하나의 통화로에서 연속성 시험과 연속성 시험호가 충돌하게 되면 후자를 무시하여야 한다.

III. CCITT와 각 나라별 연속성 시험 기능 규격 비교

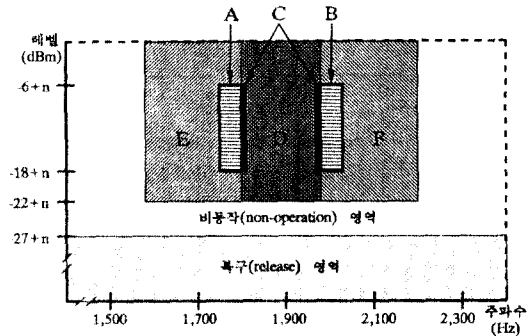
연속성 시험 기능 규격은, CCITT의 권고안^[1]과 미국(CCSIS 신호방식이 사용되고 있음)^[6, 7] 및 일본^[8, 10]에서 사용되고 있는 규격이 일치하지 않다. 그 중에서 CCT의 전송 조건에 대해서만 비교, 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 연속성 시험 기능 규격 비교

항목	구분 통화로	CCITT		미국(CCSIS)		일본	
		4선	2선	4선	2선	4선	2선
송신 조건	주파수 (Hz)	2,000±20	1,780±20 2,000±20	2,010	1,780 2,010	2,010	1,780 2,010
	레벨	-12±n dBm0		-15±0.5 dBm0		-16±1 dBm	
수신 조건	동작 주파수 (Hz)	중심주파수±30		중심주파수±30		중심주파수±20	
	동작레벨 (dBm)	(-18+n)≤N≤(-6+n) N:절대전력 레벨		-27+0.5 이상		-8~-25	-11~-37
	인식시간 (ms)	30~60		30~60		30~60	
	비동작 주파수 (Hz)	중심주파수±200 대역 외		중심주파수±180 대역 외		중심주파수±190 대역 외	
	비동작 레벨 (dBm)	-22+n 이하				-35 이하	-47 이하
	비동작 지속시간 (ms)	30 미만		30 미만			
복구레벨 (dBm)	-27+n 이하						

n : 수신기 입력단에서의 상대 전력 레벨.
 * : 송신 레벨 기준점이 -3 dB 일때.

CCITT에서 권고된 CCT의 주파수와 레벨에 대한 수신 동작 범위는 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.



n : 수신기 입력단에서의 상대 전력 레벨.

그림 6. CCT의 동작 범위

그림 6에서 A와 B 영역은 각각 시험 신호음 주파수 1,780 Hz와 2,000 Hz 대역에 대한 수신 동작 범위이고, E와 D 영역 그리고 F와 D 영역은 각각 1,780 Hz와 2,000 Hz 대역에 대하여 필요에 따라 동작 또는 비동작 수신 영역으로 선택할 수 있는 범위이다. 그리고 C 영역은 각각의 시험 신호음 주파수의 수신 동작 범위가 D 영역과 겹치는 범위로서, C와 D 영역을 수신 동작 범위로 설정하였을 경우에는 두개의 시험 신호음 주파수를 하나의 CCT가 동시에 검출할때 문제가 발생될수 있으며, 미국과 일본에서는 C 영역이 존재하지 않는다.

각각의 기능 규격을 비교하면 다음과 같다. 송신 조건에 있어서는, 각각의 기능 규격별로 주파수에 대해서는 CCITT의 권고안을 만족시키고 있는 반면에 레벨에 대해서는 약간의 차이가 있다. 그리고 수신 조건에 있어서는, 각각의 기능 규격별로 동작 또는 비동작 주파수 편차(deviation)와 인식 시간 등이 유사하지만, 동작 또는 비동작 레벨에 대해서는 기준 레벨의 설정에 따라 차이가 있으며, 대체로 일본에서는 수신 레벨 영역이 넓다.

위와같이 CCT에 대한 각각의 기능 규격을 비교한 결과, CCT의 송신 조건은 CCITT의 권고안을 따르는 것이 바람직하다. 이와는 달리 시험 신호음 주파수의 수신 동작 범위는 송신 주파수 편차와 회신당 주파수 편차 등에 따라 주로 결정하여야 하고, 다른 주파수의 영향에 따라 CCT의 오동작(mis-operation) 등이 있는가를 검토하여 그림 7에서 C와 D 영역을 선택하여야 하며, 그리고 수신 동작 레벨은 송신 레벨, 회신당 손실(loss) 및 주파수 특성에 따른 감쇄(attenuation) 등에 따라 결정하는 것이 바람직하다. 이와같은 CCT의 전송 조건은 회선의 품질(quality) 등이 각 나라별로 다르기 때문에 약간의 차이가 불가피하며, 우리나라에서도 충분한 검토후에 기능 규격을 제정하여야 할 것이다.

IV. 연속성 시험 송수신기의 구현 방법

연속성 시험의 제반 특성과 기능 규격을 고찰하여 볼때 CCT는 그림 7과 같이 교환기내부의 스위치 네트워크(switch network)를 통하여 중계선(trunk)에 접속될수 있게 하므로써 제한된 개수의 CCT로서 여러 중계선의 연속성 시험을 담당하게 하는 것이 바람직하다. 그러면서도 CAS를 위한 R2 MFC(R2 multi-frequency compelled) 송수신기 등과 함께 구성되게 하면 신호 서비스 장치로서의 일관성을 유지시킬수 있을뿐만 아니라 상이한 신호방식의 공존에 효과적으로 대처할수 있을 것이다.^{[5][11-12]}

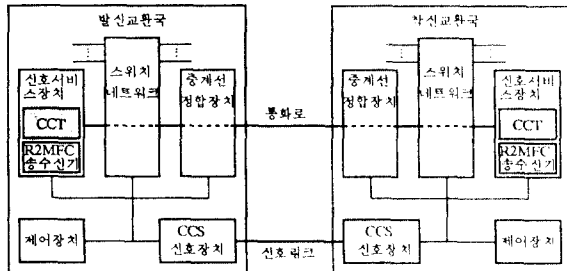


그림 7. 교환기 내부에서의 CCT의 구현

그림 7과 같은 구성에서, CCS에 의하여 4선식 통화로를 통한 호 접속이 진행될 경우의 연속성 시험 과정은 다음과 같다. 발신 교환국의 제어장치가 호 접속을 위하여 특정 통화로를 선정하면, CCS 신호장치는 이 통화로의 번호 및 연속성 시험 개시의 정보 등이 포함된 IAM 메시지를 CCS 신호 링크를 통해서 착신 교환국으로 전송하고, 신호 서비스 장치내에서 CCT는 시험 신호음 f1을 스위치 네트워크와 중계선 정합장치를 통해서 착신 교환국으로 송출한다. 착신 교환국에서는 CCS 신호장치가 IAM 메시지를 수신하게 되면, 제어장치는 중계선 정합장치내의 지정된 통화로에 시험 루우프를 구성하여 시험 신호음 f1이 귀환되게 한다. 발신 교환국에서는 귀환되어 온 시험 신호음 f1을 검출하게 되면 신호 링크를 통해서 COT 신호 메시지를 착신 교환국으로 전송하고, 양측 교환국은 CCT 및 시험 루우프를 복구(release)한다.

한편 2선식 통화로에 대해서는, 착신 교환국에서 시험 루우프 대신에 CCT를 사용하고, 발신 교환국에서 송출된 시험 신호음 f2를 수신한 후에 이에 대응하여 별개의 시험 신호음 f1을 발

신 교환국으로 송출하며, 발신 교환국에서는 시험 신호음 f1을 수신하는 것이 다르다.

이와같은 연속성 시험과정을 위해서는, CCT는 표 2와 같이 4가지의 동작 모드(mode)를 가지고 있어야 한다.

표 2. CCT의 동작 모드

동화로 교환국	4선식	2선식
발신교환국	2,000 Hz 송출 2,000 Hz 수신	1,780 Hz 송출 2,000 Hz 수신
착신교환국	휴지(idle) (2,000 Hz 귀환)	2,000 Hz 송출 1,780 Hz 수신

표 2에서와 같이 2선식과 4선식의 겸용이 가능하게 하므로써, 교환기에 수용될 2선식 및 4선식 통화로의 비율과 입증계 및 출증계 통화로의 비율은 CCT의 구성에는 무관하며, 처리 용량에만 영향을 준다. 이의 실현 방법으로는 그림 8에서와 같이 제어 장치의 제어에 의해 각각의 CCT 회로마다 프로그램이 가능한 디지털 신호처리용 소자(programmable digital signal processor)를 사용하고, 호 단위(per-call)로 그 동작 모드를 선택하게 하면 된다.

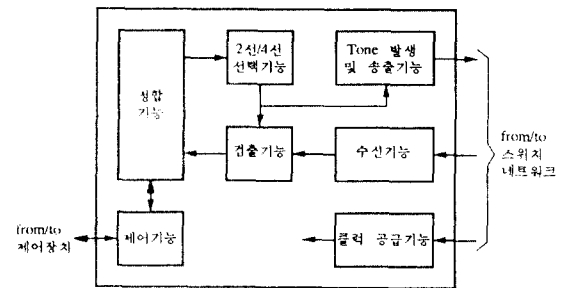


그림 8. CCT의 구조

그림 8에서 제어 기능블록은 CCT내의 모든 처리과정을 제어하며 제어장치로부터 CCT 타임슬롯(time slot) 및 2선/4선식 통화로 형태등의 정보와 함께 CCT 할당(assign) 요구정보를 수신하여 시험을 관장하고, 그 결과를 제어장치에게 통보하며, 정합 기능블록은 제어 기능블록으로부터 2선/4선 선택신호를 받아서 2선/4선 선택 기능블록으로 보내고, 타교환국으로부터 검출된 신호정보를 검출 기능블록으로부터 받아서 제어 기능블록으로 전달하며, 2선/4선 선택 기능블록은 정합 기능블록으로부터 타임슬롯별로 2선/4선 선택신호를 받아서 시험 신호음을 발생 및 송출 기능블록과 검출 기능블록내의 2선/4선 회로의 동작을 선택하고, 시험 신호음 발생 및 송출 기능블록은 타교환국으로 송출할 시험 신호음을 발생해서 병렬/직렬 데이터로 변환하여 스위치 네트워크로 송출하는데, 2선/4선식 통화로에 사용되는 각각의 시험 신호음을 발생시킬 수 있어야 한다. 또한 수신 기능블록은 스위치 네트워크를 통해서 타교환국에서 송출된 시험 신호음을 수신하고, 직렬 데이터 형태로 수신된 시험 신호음을 검출 기능블록에서 처리하기 용이하도록 타임슬롯을 정리하며, 검출 기능블록은 수신 기능블록으로부터 수신된 시험 신호음 데이터를 검출해서 2진(binary)코드로 변환하여

정합 기능블록으로 보는데, 프로그램이 가능한 디지털 신호처리용 소자를 사용해서 융통성(flexibility) 있게 구성한다. 그리고 클럭(clock) 주파수 공급 기능블록은 스위치 네트워크로부터 클럭 주파수를 받아서 CCT내의 각각의 기능블록으로 공급한다.

V. 결 론

CCS가 사용되는 교환국간에는 통화로의 정상여부를 확인하기 위해서 연속성 시험을 수행하여야 한다. 본 논문에서는 CCITT 권고안을 중심으로 하여 통화로 형태와 신호 중계방식에 따른 연속성 시험방법의 특성, CCS의 수행중에 연속성 시험의 절차 및 연속성 시험장치의 전송 조건 등을 고찰하고, CCITT 권고안과 각 나라별로 사용되고 있는 연속성 시험 기능 규격을 비교, 검토하였으며 효율적인 CCT의 구조와 구현 방법에 대해서 제안하였다.

연속성 시험방법은 그 적용 범위나 적용 순서에 관해서는 국제적으로도 대체적으로 통일되어 있으나, 중계 교환국이 있는 경우의 수행절차 및 구체적인 전송 조건 등에 관해서는 CCITT의 권고안과 미국, 일본 등에서 사용되고 있는 규격이 다른데, 우리나라의 규격을 정립하기 위해서는 더 연구가 되어야 할 것이다.

교환기 내부에서의 CCT의 구현 방법으로는 다중화를 통한 효율성과 CAS 신호장치와의 상호 보완성을 기하기 위해 스위치 네트워크 평단에서 R2 MFC 신호장치와 함께 신호 서비스 장치 내에 구성하는 것이 바람직하다. 그리고 CCT는 2선식과 4선식의 통화로 형태에 따라 사용되는 시험 신호음이 다른점 이외에는 모든 처리과정이 동일하기 때문에 통화로 형태에 따라 CCT를 각각 구성하지 않고 프로그램이 가능한 디지털 신호처리용 소자를 사용해서 하나의 firmware로 구성하며, 제어장치로부터 통화로 형태에 따라서 요구되는 회로기능을 선택할수 있도록 구성하는 것이 효율적이며, 이에 따라서 소요되는 회로의 수를 줄일수 있을 것이다.

앞으로 효율적인 시험 신호음 검출 기술을 활용하여 CCT의 경제적인 구성을 도모하고, 2선/4선 통화로 비율과 입중계/출중계 통화로 비율 및 CCT의 점유시간(holding time)등을 검토하여 최적의 CCT를 설계하여야 하며, 2선식 통화로에 대한 연속성 시험 기능 규격을 더 연구하여 우리나라에 알맞는 기능 규격을 제정하여야 할 것이다.

* 참고문헌 *

[1] "CCITT red book recommendation VI.3, specification of signaling system No.7", vol.VI, fascicle VI.8, 1984.

[2] 최 진영, 오 덕길, 김 진태, 이 형호, 이 현, "TDX-10 No. 7 신호 시스템의 용량 및 구조 연구", 한국 정보학회 춘계 학술발표 논문집, vol.14, no.1, 1987.4

[3] R.Freeman, *Telecommunication system engineering - analog and digital network design*, Wiley, New York, pp.146-154, 1980.

[4] F.Hlawka and A.Stoll, "Common channel signaling based on CCITT system No.7", Telecom. report, vol.3, no.3, 1980.

[5] "Signaling system CCITT No.7", LM Ericsson Training Document, 1981.8

[6] C.J.Simopn, "Common channel interoffice signaling(CCS)", GTE Automatic Electric Journal, 1979.3

[7] A.E.Ritchie, et al., "BSTJ special issue on common channel interoffice signaling", B.S.T.J., vol.57, no.2, 1978.

[8] 初夫 外, "改良刑共通線信號方式のソフトウェア", 通研實報, 日本, vol.28, no.4, 1979.

[9] S.Takamura, et al., "D-10 common channel signaling system", Japan Telecommunication Review, Jan. 1974

[10] 笠間 外, "デジタル中継線交換機の信號系装置構成", 通研實報, 日本, vol.31, no.5, 1982.

[11] W.S.Hayward, et al., "The 5ESS switching system", B.S.T.J., vol.64, no.6, July-Aug. 1985

[12] 白澤 外, "D-70 刑自動交換機信號系装置", NEC技術報告書, 日本, vol.36, no.3, 1983.