

## 디지털 통신망을 위한 동기신호의 공급

金 榮 範

韓國標準科學研究院 電磁氣硏究部

### I. 서론

우리는 언제 무슨일을 하든 제대로 일을 수행하기 위해서 항상 그 상황에 알맞는 정보가 뒤따르게 된다. 어느때는 정보가 부족하다고 말하기도 하고 또 어떤때는 수 많은 정보를 쉽게 보낼 방법에 대해 논하기도 한다. 이렇듯 우리는 어느사이에 정보라는 용어에 묻혀 살다시피 하고 있는 것이다. 이러한 정보를 전달하는 초보적인 수단으로 우리는 전화를 오래 전 부터 사용하여 왔다. 이러한 전화기도 시간과 공간적인 제약은 뛰어넘는 획기적인 매체로써 인류문명에 커다란 기여를 하여왔다.

그러나 산업사회가 고도화되고 분업화됨에따라 어떤일이든 혼자 모든것을 수행할 수 없고 복잡적이고도 유기적인 협조에 의해 수행되어가고 있으므로 사회의 여러 구성원들은 자연적으로 수많은 정보를 대량으로 교환할 필요성을 느끼고 있다. 따라서 초기의 단순한 음성 정보를 전달하는 전기통신 매체는 비 음성의 디지털 정보를 처리하는 대량의 정보전달 수단으로 변모해가고 있다.

현대의 통신방식은 여러분야에서 발생하는 수많은 정보들이 최상의 품질을 유지하며 상대방에 전달되도록하기위해 디지털 신호체계를 택하고 있을뿐만아니라 한정된 통화로를 사용하여 여러 가입자들이 동시에 그들 나름대로의 정보를 원하는 상대방에 전달시키기 위한 방편으로 시간축상에 배열된 디지털 신호들이 전송매체를 시간적으로 분할 점유하도록하는 시분할방식(TDM)을 기본으로 하고있다. 따라서 서로 다른 지역에 있는 교환장비의 시분할 간격과 위치가 일치해야 보다 확실한 통신이 가능하게 된다. 실

제로 시분할 간격을 할당하고 있는 교환기의 발전기가 상대측과 일치하지 않을 경우 팩시밀리 사용에 있어서 문자를 알아볼 수 없게 되거나 사진은 일그러진 형태로 전송되고 은행의 온라인 망 또한 사용하지 못할수도 있다. 디지털 통신상에 이러한 문제점들을 해결하기위해 기간 통신망의 모든 교환기들은 하나의 기준주파수에 연동되도록 구성하고 있으며 이러한 일련의 작업을 "동기(同期, Synchronization)시킨다"라고 말하고 있다. 통신망을 고속화, 대용량화 되어가고 동기식전송망에 의한 ATM 전송방식과 ISDN의 출현은 기본적으로 확실한 동기를 기반으로 하기 때문에 더욱더 높은 동기 품질이 요구되고 있다고 말할수 있다. 본 고에서는 디지털 통신망의 맥막과도 같은 통신망 동기를 위한 한국기준주파수(KRF, Korea Reference Frequency)에 대해 소개하고 이를 바탕으로 구성된 동기망의 운영에 대해 살펴보고자 한다.

### II. 동기

디지털 통신 시스템은 양자화 과정을 통해 디지털 부호화된 음성신호를 비롯한 디지털 신호 정보를 시간 축상에 일정 주기로 배열한 후 상대측에 전달하게 되는데 이에 수반되는 내,외부의 모든 절차는 하나의 클럭(clock)에서 제공되는 타이밍(timing)신호에 의해 제어된다. 그러나 정보를 전달할때 비동기식 전송방식을 사용하거나 송신노드와 수신노드의 클럭주파수가 일치하지 않으면 슬립(slip)이라고 하는 현상으로 인하여 정보가 변질됨으로써 전달된 정보의 신뢰

성이 보장받을수 없게되거나 동일 정보를 반복적으로 재전송해야 하는등 전송효율이 떨어진다. 따라서 디지털 신호의 확실한 전달을위해 송수신클럭의 타이밍 간격과 위치를 일치시키는“동기화”<sup>16)</sup> 과정이 필수적이다. 그러나 두 클럭의 주파수가 일치되었다고 반드시 두 노드가 정확하게 동기되었다고 볼 수는 없다. 왜냐하면 디지털 신호가 전송매체를 통해 전달되는 동안 주위환경(온도, 전자기장 등)의 영향으로 인한 위상변동이 생길수 있기 때문이다. 따라서 동기장치는 디지털 신호의 위상변동을 완충버퍼(Elastic buffer)를 통해 본래의 신호에 가깝게 복제하는 과정, 수신측의 클럭을 송신측의 신호에 위상동기 시키는 과정, 그리고 수신된 비트스트림으로부터 채널별로 데이터를 정확히 분류해내는 전과정에 소모되는 주요장치들로서 디지털 통신에 있어서 핵심적인 역할을 하고 있다. 이러한 동기장치중에도 송수신측의 클럭을 일치시키는것은 동기시스템에 있어서 핵심을 이루고 있는데 이를 위한 방법으로 위상고정회로(PLL, Phase Lock Loop)가 필수적으로 사용되고 있다. 위상고정회로는 구성에 사용되는 소자와 구성방법에 따라 아나로그 또는 디지털방식으로 크게 나누어지는데 나뉘데로 서로 다른 장단점을 지니고 있으므로 사용될 통신장치의 성격에 따라 선별사용된다. 이러한 위상고정회로의 특성을 결정하는 변수로는 가장 중요시되고 있는 루프시정수(loop-time constant)를 말할 수있는데 이 루프시정수의 길고 짧음에 따라 전혀 다른 동기 시스템이 될수도 있다. 교환기의 클럭을 담당하고 있는 내부 발진기들은 상대측과 클럭주파수를 일치시키기위해 우선적으로 루프시정수가 긴(일반적으로 1시간이상)Loosely-coupled PLL을 채택함으로써 외부의 환경변화에 따른 클럭 변동을 최소화시키고 있다. 뿐만아니라 마이크로 프로세서와 내부 기억소자의 도움을 받음으로써 외부신호의 단절시(hold over mode)에도 종전의 보상값을 지니고 있으므로 급격히 변화하지않고 일정시간동안 통신시스템을 안정적으로 유지이용되도록 할수 있게된다. 디지털 통신시스템의 동기상태는 앞서 말한바있는 슬립에의해 일반적으로 평가하고 있는데 클럭신호를 제공하고 있는 내부발진기의 주파수 품질을 측정하게되면 다음과 같은 관계식으로부터 슬립발생율을 예측할 수 있다.

$$\text{슬립율} = \text{클럭의 정밀정확도} \times 8000\text{프레임/초}$$

슬립은 완벽하게 없앨수도 없지만 경제성을 고려한다면 적용하고자하는 서비스를 만족시키는 수준으로 유지시키는것이 최선이다. 따라서 CCITT에서는 국제간의 디지털 접속시에 요구되는 슬립율을 정하고 모든 나라들이 이에 준하는 품질을 유지하도록 권고하고 있다.

표 1. 서비스별 슬립허용한계치

서비스종류	슬립의 영향	허용가능 슬립율(목표치)
전 파	슬립의 5 %안이 클럭을 유발	1슬립/1분
PCM파편용성 대역 데이터	데이터의 슬립 발생은 없으나 버스트(Burst) 여러 및 제거 가능한 에러를 유발	1슬립/4분
디지털데이터	고정장 : 약2클럭(90ms) 손실 가변장 : 최초 6초까지 데이터 손실	고정장종류 : 1슬립/1시간 가변장종류 : 1슬립/3시간
팩시밀리	예러고정기종류 : 1페이지의 품질저하 예러고정기종류 : 최대 2페이지당 결함	예러고정기종류 : 1슬립/6시간 예러고정기종류 : 1슬립/2.5분

### Ⅲ. 동기망

디지털 통신망에서 “어떤 두 신호가 동기되었다.” 함은 비교대상이 되는두 신호의 위상과 주파수가 정확하게 일치하는것을 말한다.<sup>17)</sup> 더욱 엄밀하게 말하자면 일정기간동안 두 신호의 상승에지(rising edge)를 정확하게 일치시키는것을 말한다. 그러나 두 신호를 이정도까지 일치시키는것은 현실적으로 불가능하기 때문에 디지털통신망에서는 전송로에서 발생하는 위상변동을 어느정도는 허용하되, 이를 최대한 흡수해 줄수있는 네트워크화된 동기체계를 구축하여 운용하고 있다. 이와같이 “네트워크화된 동기체계”를 동기망이라 한다. 망동기의 목표는 망내의 모든 노드에있는 클럭이 동일한 주파수에 연결운용되도록함으로써 단말의 최종가입자가 우수한 통신품질을 확보하는데있다. 이러한 동기망을 구성하는데는 독립(plesiochronous) 동기, 상호(mutual)동기, 그리고 종속(Master Slave)동기방식으로 크게 나눌수 있다. 국가간에 주로 적용이되고 있는 독립동기방식은 비용이 많이 들기때문에 지역이 크거나 긴나라에서 몇개의 지역을 독립적으로 유지운용할 경우에 사용되기도한다. 상호동기는 모든 계위가 동일이고 각 노드의 주파수는 평균값이 되고 있으므로 전체적으로볼때 동기품질이 크게 나빠지거나 좋아지기가 어려운 면을 가지고 있어서 이것이 경우에 따라서는 장점 또는 단점이 될수도

있다. 또한 어느한 노드의 클럭주파수가 불안할 경우에는 네트워크 전체의 주파수가 지속적으로 흔들리는 망 호흡(network breath)과도 같은 현상이 발생하는 수도있어 대부분의 국가가 이를 지양하고있다. 종속 동기는 최상위 계층에 가장 좋은 동기클럭을 확보하고 하위계층에서 이에 종속운용되도록 하기때문에 하위계층의 동기장치들을 비교적 저렴하게 구성할 수 있으면서도 높은 품질로 유지 가능하므로 대부분의 나라가 이방식을 채택하고 있다. 우리나라의 경우에도 이러한 종속동기방식에 근거한 PAMS(Pre-Assigned Master Slave) 방식을 택하고 있어서 마스터 고장시 사용할 예비를 우선 순위를 부여함으로써 전체망의 동기품질을 안정화할 수 있도록 하고 있다. 이와 같이 동기방식에 따라 서로다른 장단점을 갖고있기 때문에 동기망을 구성하고자 할 경우에는 다음 사항을 고려되어야 한다. 첫째, 낮은 망 구성비용으로 양호한 통신품질을 얻을수 있는 방식이어야한다. 둘째, 향후에 망을 확장하거나 운용관리에 용이해야 하며 셋째, ISDN과 같이 새로운 서비스 도입에도 유연하게 적용할 수있어야하는등의 사항을 고려해야한다.<sup>10)~10)</sup> 보다 높은 동기망을 위해 위에서 거론한 바있는 동기방식들을 상호보완적으로 절충시킨 형태의 망구성을 해가지고 있으므로 우리나라의 동기망 역시 그림 1에서 보는바와같은 형태의 동기망을 갖추도록 향후 보완 계획을 수립함이 바람직하다. 이러한 경우 KRF의 이상시에도 대비할수 있을 뿐만아니라 동기신호공급루트를 완벽하게 이원화 할수있으므로 보다 신뢰성있는 디지털 통신망의 동기화를 이룰수 있다. 그러나 이에 따른 비용이 추가되므로 전반적인 검토를 통해 장기적으로 추진해야 할 사항이다.

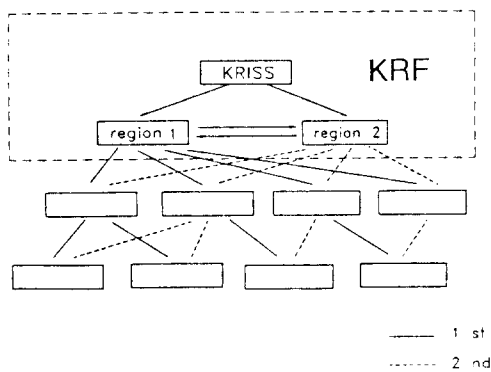


그림 1. KRF의 확대발전방안

IV. 한국기준주파수 운용

국가기간 통신망의 동기품질을 국제적인 수준으로 향상시키기 위해 한국표준과학연구원에 설치, 운영되고 있는 한국기준주파수 (KRF, Korea Reference Frequency)는 한국통신과 한국표준과학연구원이 협력하여 국내 디지털 통신망에 공급하고 있다. 이러한 한국기준주파수는 '89년 초에 총괄국소를 중심으로 공급되던 것이 현재는 데이콤을 비롯한 기간망 사업체의 통신망을 포함하여 전국의 디지털 통신망에 확대 공급되므로써, 통신망의 품질을 향상시킴은 물론 종합정보통신망(ISDN) 구축의 기반이 되고 있다.

한국기준주파수 발생기에는 CCITT G. 811에 의해 권고되고 있는 품질을 만족시키기 위해 세슘원자 주파수표준기 (Cesium Atomic Frequency Standard)를 사용하고 있다. 세슘원자주파수표준기는 원자나 분자의 스펙트럼이 변화하지 않는 고유성질이라는 점을 이용한 것으로써 1967년 국제 도량형 총회 (CGPM)에서 시간의 단위인 「초」의 정의가 세슘 133원자의 특정한 준위사이의 천이 (transition)에 근거하여 정의되도록 개정됨에 따라 「세슘원자시계」로서의 중요한 의미도 지니고 있다. 이러한 세슘원자주파수 표준기를 한국기준주파수의 안정적인 생성을 위해 3대를 사용하고 있다.<sup>11)</sup>

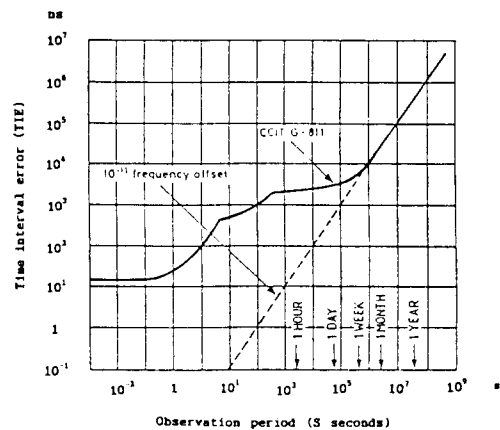


그림 2. CCITT G.811로 권고되고 있는 허용가능한 TIE

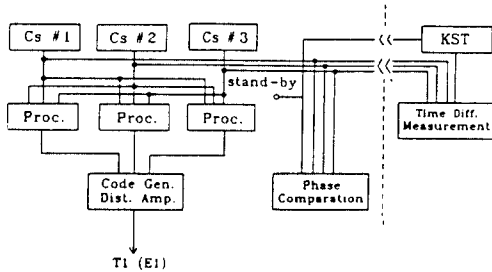


그림 3. 한국기준주파수의 생성 및 유지이용

또한 한국표준과학연구원에서 국가표준용으로 유지 운용중인 KST(Korea Standard Time)용 표준주파수를 그림(3)에서 보는바와 같이 KRF의 이상시에 대비한 Stand-by로서 운용토록 조치하여 완벽에 가까운 구성을 하고 있다. 이들 3대의 세슘원자주파수 표준기는 KST를 기준으로 위상차를 측정하여 각각의 동작상태를 감시하고 있으므로 국제적인 소급성을 유지하고 있는 KST를 매개로 KRF 신호는 국제적인 동기가 이루어지고 있는 셈이다. 이러한 방법으로 유지·운용되고 있는 KRF용 세슘원자주파수 표준기의 출력신호(5 MHz)를 바탕으로 E1(CEPT)용 2.048 MHz와 T1(NAS)용 1.544 MHz를 각기 발생하게 된다. 이들 신호는 통신용 Code를 갖는 복극성(Bipolar) 신호로 변환되고 증폭된후 다중화(45 M) 장치와 광단국장치를 거쳐 전송하게 된다. 현재 다중화를 통해 전국의 디지털 통신망에 직접 공급가능한 KRF신호용 회선은 T1급 12 회선과 E1급 12회선이다. 이들중 T1의 경우 9회선을 공급하여 3회선의 여유가 있고 E1은 5회선을 사용중에 있어서 앞으로 7회선의 공급여력이 있다. 그러나 앞으로 다중화 및 전송장치가 155M급의 동기식 전송망으로 교체하는 계획을 한국통신은 수립하고 있으므로 KRF발생기의 분배공급장치만 추가한다면 전국을 2계위화(시외, 시내)하는 한국통신의 망계위 전략<sup>13)</sup>에 전혀 무리가 없을 것이다.

그림(4)는 KRF 발생장치를 보여주고 있는데 KRF 발생용 원자주파수 표준기의 안정적인 동작을 위해 항온·항습실(20±1℃, 50±5%)이면서 전자파차폐실(shield room)인 장소에서 동작시키고 있다. 이는 세슘원자주파수 표준기가 물리적인 현상을 구체화한 장비로서 내부에 있는 세슘빔튜브(Cesium beam tube)가 고진공이며, 외부의 자장을 차폐시키기 위한 용기로 구성되어 있기 때문에 온도, 습도, 압력, 그리고 전자

파에 미세한 영향을 받을 수 있다.<sup>13)</sup> 따라서 세슘원자주파수 표준기는 단지 전원만 인가하면 안정된 신호가 나오는 것은 아니고, 알맞은 환경하에서 동작시켜야 하며, 다른 나라의 국가표준기관들에서 유지·운용중인 세슘원자주파수 표준기들과 지속적인 비교측정을 통해 시계협정시(UTC)에 맞추어 가는 국제소급성이 그 무엇보다도 중요하다. 또한 세슘빔튜브는 그자체의 수명이 약 4년 정도이기 때문에 주기적으로 튜브를 교체해야하고 이에 따른 주변전자회로의 재조정이 필요하는 등 그 자체의 운용 또한 상당히 까다롭다.

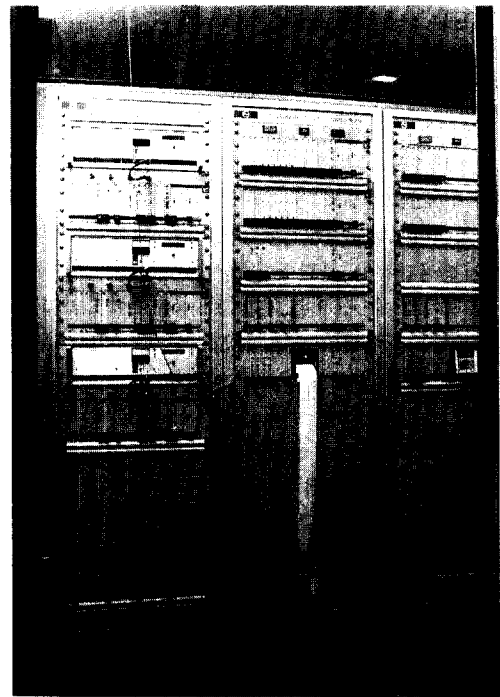


그림 4. 한국기준주파수 발생장치의 전경

### V. 동기신호의 공급

KRF 발생기로 부터 만들어진 고품위의 KRF신호는 대전중계소까지 45M 급으로 전송되고 대전중계소에서는 각 지역국으로의 광선로에 맞게 다중화한후 전송하게 된다. 이러한 방법으로 전송하게 되는 KRF신호들은 전송되는 과정에서 전송매체(광선로, 광전송장치)에 유기되는 Jitter나 Wander 등을 피할 수 없으므로 전

송전의 KRF 신호품질이 아무리 좋더라도 수신측에서는 noise가 많이 실려있어서 (다시말하면 안정도가 나빠지게 되어) 그대로 사용하기가 곤란하게 된다.

따라서 전송매체상에서 생기는 Jitter나 Wander를 제거하는 특별한 장치가 필수적으로 사용된다. 이러한 장치를 기능상으로 볼때 클럭의 재생 및 분배공급장치라고 말할 수 있으나, 제작회사에 따라 여러가지 다른 이름을 붙여 사용한다.

현대 한국통신의 지역전화국사내에 설치되고 있는 것은 DOTS (Digital Office Timing Supply, 성미전자)로서 이미 상당수가 보급되어 운영중에 있다. DOTS를 사용함에 따른 잇점은 크게 세가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째, 입력되는 기준신호인 KRF가 전송매체 상의 원인으로 순간적인 단절, 또는 Jitter나 Wander가 있는 경우에도 루프시정수가 상당히 길어서 (약 1시간 40분) 흔들림이 없이 KRF 본래의 고품질 신호를 복제할 수 있다. 두번째로 KRF 신호가 끊어지더라도 DP-PLL로 구성되어 있는 기기의 특성상 일정시간동안 급격한 변동없이 안정적인 동기신호를 출력시킬 수 있으며, 셋째로 국사내에서 필요로 하는 여러가지 형태의 신호 (2M, 1.5M, 64/8k . . . )를 만들어 공급할 수 있는 기능이 있다. DOTS의 이러한 잇점 때문에 국내 동기망을 그림 (5)에서 보는 바와 같이 DOTS를 중심축으로 구성하여 운영중에 있다. 따라서 DOTS의 세심한 유지,운용 관리가 전체 동기망의 품질을 좌우한다고 할 수 있다. 현재 전국의 기간전송망이 비동기식 전송방식에서 동기식 전송방식 (SDH: Synchronous Digital Hierarchy)로 바뀌어 가고 있기 때문에 동기신호 공급매개로서의 DOTS의 역할은 더욱더 높아지고 있다. 비동기식의 경우 동기신호의 품질이 다소저하되더라도 스템핑 (stuffing)기능에 의해 data를 재정렬할 수 있으나, 동기식의 경우 그렇지 못하고 전송계통의 모든 클럭에 의해 전송품질이 좌우된다. 이러한 동기식의 약점에도 불구하고 다중화 과정의 잇점과 전송로를 단말대 단말(point to point)이 아닌 정보고속도로화 할 수 있는 등의 여러가지 장점을 갖고 있기 때문에 세계적인 추세가 동기식전송방식을 택하고 있는 것이다. 문제는 이러한 동기식전송망의 확실한 유지,운영을 위해 동기클럭공급의 매개체 역할을 하고 있는 DOTS의 유지관리를 더욱더 강화시킬 필요가 있다는 것이다.

사실통신망의 경우에도 Local국사의 교환기로부터 전송되는 데이터 스트림에서 클럭용 동기신호를 추출

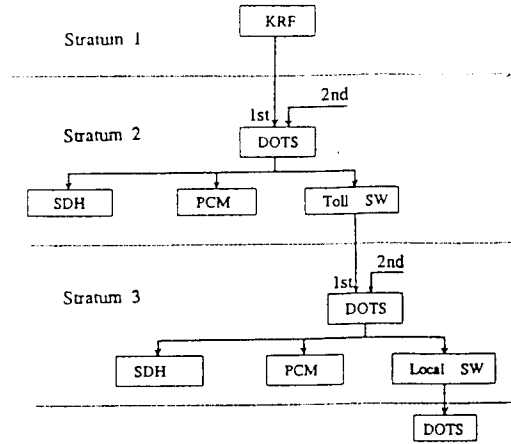


그림 5. KRF 신호의 공급체계

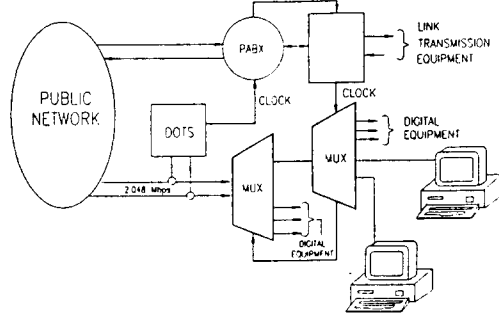


그림 6. (a) 사실통신망에서 동기신호의 직렬공급

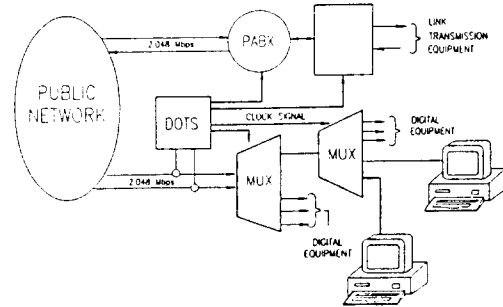


그림 6. (b) 사실통신망에서 동기신호의 병렬공급

하여 사용할 수 있으나, 이 경우 역시 전송로 상에서 야기되는 Jitter나 Wander 또는 예기치 못한 단절등을 고려할 때 DOTS가 필요하게 된다. 이 경우 계위상의 요구도나 경제성등을 고려할 때 Toll국사에서 용되고 있는 DOTS 수준의 장비를 쓸 수는 없겠지

만, 이보다 구성 및 기능상에서 다소 하위계층인 DOTS이 필요하게 된다. 그림 (6)은 공중통신망(PSTN)에 연결된 사설교환기(PABX)를 포함한 사설통신망을 위한 동기신호공급방법을 나타내고 있다. 동기신호를 병렬 또는 직렬로 공급할 수 있는데 그들 나름대로의 장단점이 있다. 직렬공급의 경우 구성이 단순하고 비용이 적게드는 반면 많은 node에 사용할 수가 없다. 그러나 병렬에서는 비용은 상대적으로 많이드나, 많은 node에 공급이 가능하다. 따라서 사설통신망의 규모에 따라 적절히 선택하여 공중통신망으로부터 안정된 KRF 신호를 받을 수 있도록 구성한다. 이러한 동기신호공급체계를 갖추었을때 보다 확실한 디지털통신은 가능하게 된다.

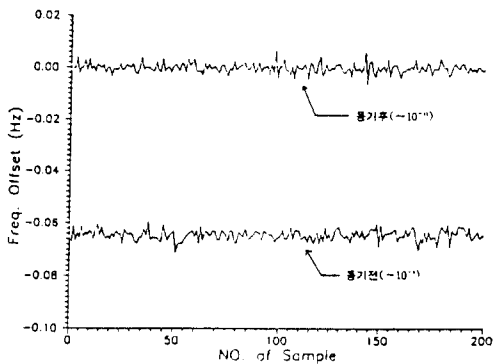


그림 7. 한국기준주파수에 의한 동기후의 품질향상

## VI. 결론

오늘날의 통신은 고속화, 대용량화 되어 가는 추세이며, 서비스별로 유지, 운용하던 전용망은 종합망화 해가는 실정이다. 더우기 ISDN을 목전에 두고 있는 현재의 여건은 통신망의 동기품질을 더 높은 수준으로 유지할 것을 요구하고 있을 뿐만아니라, 사설통신망에 이르기 까지 국민이 이용할 수 있는 모든 디지털 통신망이 하나의 기준주파수(KRF)에 동기되어 운용되기를 기대하고 있다. 본 고를 통해 디지털통신망에 있어서의 동기의 의미와 동기망 구성에 대해 살펴 보았고, 한국기준주파수에 의한 디지털통신망의 효율적인 운용방안에 대해 알아 보았다.

'89년부터 국내 디지털통신망이 KRF에 의한 동기 체계로 운용됨에 따라 그림 (7)에서 보는 바와 같이 클럭의 주파수품질이 약 100 1000배가량 좋아진 것으로 나타나고 있다.

동기신호의 확실한 품질강화와 체계적인 공급을 위해 국내 디지털통신망에 DOTS를 확대, 공급중에 있다. 이러한 DOTS는 이미 품질과 효율적인 이용면에서 상당한 평가를 받고 있지만 이것 역시 만능일 수는 없을 것이다. 실제로 DOTS의 동기품질에 대해서는 객관적이고도 실시간적인 평가가 현재로는 곤란한 상태이다. 그러나 DOTS로부터 동기신호를 받아 유지, 운용되는 통신장비의 경우, 이들의 좋고 나쁨을 알 수 없고, 무조건적으로 기준신호로 인정할 수 밖에 없다. 또한 동기식전송망(SDH)에는 동기신호의 품질메세지가 따라다니는데 이것 역시 객관적인 측정 없이 동기신호를 주고 있는 쪽의 등급에 따라 결정되므로, DOTS의 일시적인 품질저하가 있더라도 동기 품질메세지는 변동이 없으므로 저하된 품질의 동기신호를 선택사용할 수도 있게 된다. 그러므로 DOTS가 앞으로의 디지털통신망에 미치는 영향은 아주 크다고 할 수 있다. 이러한 배경에 따라 한국통신은 DOTS를 중심으로한 동기망의 실시간적인 감시 및 절체기능을 갖는 원격집중운용보전 시스템 구축을 계획<sup>12)</sup>하고 있기 때문에 앞으로 더욱더 동기품질이 나아질 것으로 기대되고 있다.

기간망에서의 이와같은 노력이 실제 이용자측에서 실효를 얻기 위해서는 앞서 거론한 바와 같이 국내의 모든 망사업체와 사설통신망에서도 안정된 동기신호를 받을 수 있도록 시설보완이 이루어질 경우 원활한 디지털통신이 가능할 것이다. 한국기준주파수(KRF)는 국민모두의 편의를 위한 국가기간 시설이라 할 수 있다. 이러한 KRF 시설이 우리모두의 공동이익을 위해 최고의 품질을 유지하면서 널리 이용될 수 있도록 한국통신을 비롯한 기간망사업체가 서로 협력한다면 급변해가고 있는 통신환경에 적절히 대처할 수 있을 것이다.

## 參考文獻

- [1] 강창언, "디지털 통신시스템", 청문각, 1992
- [2] 이관하, 이상일, "디지털 통신망의 동기기술",

- 전자교환기술, 제2권, 제1호, p.14, 1986
- [3] 한국전기통신연구소, "네트워크 동기방식 구성에 관한 연구", 1983
- [4] 한국전기통신연구소, "종합정보통신 시스템 개발 및 시범사업중 네트워크 동기에 관한 연구", 1984
- [5] 한국통신, "디지털 네트워크 동기기준", 기술 2051-1202, 1988
- [6] ERICSSON, "Training Documents on Network Synchronization Planning," EN/LZT 101 431, 1981.
- [7] 한국통신연수원, "동기망 계획에 관한 연수원 교재", 1992
- [8] ERICSSON, "Instruction On Network Synchronization Planning," XF/SD 82 128, 1983.
- [9] ERICSSON, "Particular Technical Plan On Synchronization In Korea," 6/XF/OK 82032, 1983.
- [10] OSCILLOQUARTS SA, "Equipment for The Synchronization of Digital Network(Line of Product)," 1985.
- [11] Takayuki Okino, Haruo Tsuda, Toshio Hashi, "Clock Synchronization System," *Fujitsu Sci. Tech. J.*, Vol.21, No.1, pp.67-80, March, 1985.
- [12] 한국통신, "동기식 전송망의 발전전략", 기술 기획 92-2-44-0, 1992
- [13] Shigetaka Iijima, Kiyoshi Fujiwara, Hiroshi Kobayashi, "Effect of enviromental conditions on the rate of cesium clock", Annual report of Tokyo Astronomical Observatory, Vol. 17, No.1, pp.50-67, 1978. 🌐

### 筆者紹介



金 榮 範

1954年 8月 13日生

1982年 2月  충남대학교 전자공학과 (학사)

1989年 2月  충남대학교 대학원 전자공학과 (석사)

1993年 3月 ~ 현재  충남대학교 박사과정 재학중

1986年 1月 ~ 1986年 12月  독일연방물리기술청(PTB) 방문 연구원

1982年 7月 ~ 현재  한국표준과학연구원 전자기연구부 선임연구원

주관심 분야 : 디지털 통신망의 동기, 마이크로웨이브시스템