



崔圭錫

〈이동통신(주)기술개발실 전임연구원〉

망동기 기술 (Ⅲ)

본지는 지금까지 2회에 걸쳐 동기의 기본개념과 동기방식에 대해 데이터전송시의 동기, 다중화장치의 동기, 네트워크의 동기로 각각 구분하여 설명했다.

이번호에서는 마지막으로 동기망 품질기준과 이에 따른 국내 기준에 대해 알아본다.

V. 동기망 품질

동기망구축의 궁극적인 목표는 통신망이 종합디지털통신망(ISDN)화 되었을 때, 고품질의 통신을 제공하는데 있다.

이러한 동기망구축을 위해서는 동기화 계획이 필요한데, 동기화 계획의 중요한 요소 중의 하나는 각 계위별로 일정수준 이상의 동기망품질을 유지하도록 품질기준을 할당하는 것이다.

또한 동기망 유지보수에 있어서 주기적으로 동기망 품질을 측정하고 성능을 평가하는 것이 매우 중요하다.

국제간의 원활한 통신을 위해서 CCITT에서는 국제관문국 교환기의 경우, 내부 클럭이 10^{-11} 이상의 주파수정확도를 갖도록 권고하고 있다.

따라서, 본절에서는 동기망 품질척도의 기본요소인 주파수안정도 및 정확도, 슬립의 기본개념에 관해서 기술하겠다.

1. 주파수 정확도

어떤 주파수발생기의 출력신호가 원래 정

Ⅷ 목 차 Ⅷ

I. 서론	(I)
II. 데이터 전송시의 동기	
III. 다중화 장치의 동기	(II)
IV. 네트워크의 동기	
V. 동기망 품질	(III)
VI. 결 언	

의된 값이나 표준치와 일치하는 정도를 나타내는 값으로서, 동기망 계위별 클럭품질의 기준으로 사용된다.

$$y = \frac{fe - fr}{fr}$$

fe : 교환기의 클럭주파수

fr : 기준주파수

2. 주파수 안정도

일정한 주파수를 가진 안정된 출력전압을 발생하는 주파수발생기를 발진기(oscillator)라 할 때, 이러한 발진기가 어떤 특정시간동안에 같은 주파수값을 나타내는 정도를 의미하며, 단기주파수 안정도와 장기주파수 안정도로 나뉜다.

가. 단기주파수 안정도 (Short-term Frequency Stability)

주파수 발생기의 불규칙한 잡음에 의한 주파수변동을 나타내는 것으로 알랜분산(Allan Variance)의 제곱근 $\langle \sigma_y(\tau) \rangle$ 으로 표시한다.

발진기의 주파수가 명목주파수 μ_0 로부터 벗어나는 정도를 상대주파수 변동 $y(t)$ 로 정의하고 $\phi(t)$ 를 시간에 대한 위상변화율이라 할 때, $y(t)$ 는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$y(t) = \frac{\phi(t)}{2\pi\mu_0}$$

측정시간을 τ 라 하면 평균상대주파수 α_i 는 다음과 같이 표현된다.

$$\alpha_i = \frac{1}{\tau} \int_{t_i}^{t_i + \tau} y(t) dt = \frac{\phi(t_i + \tau) - \phi(t_i)}{2\pi\mu_0\tau}$$

이때, 시간영역에서의 주파수안정도는 N은 측정데이터의 갯수이고 T는 측정주기라 할 때 알랜분산(Allen Variance)에 의하여 다음과 같이 정의된다.

$$\langle \sigma_y^2(N, T, \tau) \rangle$$

$$\equiv \left\langle \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_i \right)^2 \right\rangle$$

여기서 $N=2$, $T=\tau$ 일때의 알랜분산 ($\sigma_y(\tau)$)의 제곱근을 주파수안정도로 정의할것을 IEEE의 주파수안정도 분과위원회에서 권고하였다. 따라서 $\sigma_y(\tau)^2$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_y^2(\tau) &\equiv \langle \sigma_y^2(N=2, T=\tau, \tau) \rangle \\ &= \langle 1/2(\alpha_i + 1 - \alpha_i)^2 \rangle \\ &= \frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (\alpha_i + 1 - \alpha_i)^2 \\ \sigma_y(\tau) &= \sqrt{\frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (\alpha_i + 1 - \alpha_i)^2} \end{aligned}$$

여기서 M은 측정된 α_i 의 갯수를 의미한다. 이를 쉽게 표현하면 주파수안정도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{주파수안정도} = \frac{\sqrt{\text{반복적인 평균상대주파수 측정값간의 차이의 제곱의 합}}}{2X(\text{측정회수}-1)}$$

나. 장기주파수 안정도 (Long-term Frequency Stability)

단기주파수 안정도가 발진기의 주파수변동폭(표준편차)을 나타내는 것이라면, 장기주파수 안정도는 일정한 기간동안 주파수가 변화하는 양을 나타낸다.

일반적으로 장기주파수 안정도는 하루나 한달 또는 일년동안에 변화되는 주파수양을 표시한다.

예) 한달전에 상대주파수가 $5X10EXP(-7)$ 이었던 발진기가 현재 $5X10EXP(-6)$ 이라면 이 발진기의 장기안정도는 다음과 같다.

장기안정도

$$\begin{aligned} &= \frac{|5X10EXP(-6) - 5X10EXP(-7)|}{1\text{달}} \\ &= 4.5X10EXP(-6)/\text{달} \end{aligned}$$

3. 슬립(Shlip)

디지털 비트열의 전송시 수신측 버퍼단의

입력클럭과 출력클럭의 속도차에 의하여 비트열이 블럭단위로 중복되거나 유실되는 현상을 말하며, 데이터 프레임 주기가 125us인 T1캐리어에서는 한 프레임의 유실이나 중복을 “Slip” or “Controlled Slip”이라 한다.

이러한 슬립이 발생하는 원인은 크게 두 가지 기본적인 이유로 인해 발생한다.

첫번째 이유는 여러 노드에 있는 클럭의 주파수동기가 맞지않기 때문이고,

두번째 이유는 T1 Line의 온도변화등 전송설비의 외부적인 변화로 인해 전송되는 디지털 Bit Stream의 위상변이가 발생하기 때문이다.

망동기 품질척도의 하나로서 Slip발생율이 사용되며, 이것은 일정기간동안 발생하는 Slip수로 표시된다.

가. 종속동기에서의 Slip발생을

종속동기방식에서 전송로의 여러가지 요인에 의해서 종속클럭의 장시간 평균 재생 주파수는 주클럭과 정확하게 일치되지 않는다.

이러한 주파수편차가 Slip 발생원이며, 이때의 Slip rate는 동기망클럭의 등가주파수 정확도와 밀접한 관계가 있다.

등가주파수 정확도 Aeq는 다음과 같이 정의된다.

$$A_{eq} = \frac{\phi\tau}{2\pi T f_0}$$

f_0 : 회선의 공칭주파수(ex:1.544MHz)

$\phi\tau$: T시간내 두클럭간의 위상변화량

임의의 종속국 i와 j간의 Slip발생간격 T_s 는 다음과 같다.

$$T_s = \frac{N}{f |A_{eq i} - A_{eq j}|} \text{ [sec]}$$

N : slip을 흡수하는 버퍼용량(bit)

나. 독립동기방식에서의 Slip발생을

독립동기로 운용될 경우 Slip발생간격은 elastic store의 입력클럭(상위국클럭)과 출

력클럭(하위국 클럭)의 주파수 정확도 및 안정도에 의존한다.

Slip 발생간격

$$T_s = \frac{N}{f(Y_a(t_0) + Y_b(t_0))}$$

$Y_a(t_0)$: 시간 t_0 에서 입력클럭의 정확도

$Y_b(t_0)$: 시간 t_0 에서 출력클럭의 정확도

다. 각 서비스에 대한 Slip의 영향

- PCM화된 음성신호

Slip의 영향은 매우적다.

- 공통선 신호방식

Slip은 오접속이나 강제복구의 결과를 초래하고, 신호지연에 영향을 주며, 신호기능에는 큰 영향이 없다.

- 데이터 전송(채널당 64Kbps사용시)

PCM화된 음성신호보다 여유도(Redundancy)가 매우 낮으므로 Slip의 영향이 매우크다.

- Facimile

단하나의 Slip일지라도 전체화상을 찌그러지게 하므로 재전송이 필요하게 된다.

4. 동기망 품질기준

가. CCITT 권고안 기준

1) CCITT Rec. G. 811

- 국제 디지털링크의 독립동기운용에 필요한 표준클럭 및 망노드 출력의 시간 조건에 대해서 기술하고 있으며, 국제 디지털링크를 갖춘 망노드를 제어하는 클럭은 장기주파수 편이가 10^{-11} 보다 작아야 한다.

(이것은 64Kbps회선에서 옥텟 Slip이 70일만에 1번 발생해야 한다는 조건과 일치한다.)

- 국제 디지털링크를 갖춘 망노드를 제어하는 클럭은 고신뢰도를 갖추어야

하며, 어떠한 경우든 망노드의 디지털 신호출력은 위상 불연속이 1/8UI(Unit interval)을 초과해서는 안된다.

2) CCITT Rec. G. 822

- 64Kbps의 국제 디지털접속망에 대한 byte(8 bit)단위의 Slip Rate 허용범위를 규정하고 있으며, 독립동기로 동작하는 국제간 링크의 Slip발생은 Buffer의 저장용량과 상호접속되는 클럭의 정확도 및 안정도에 의존한다.
- 64Kbps 디지털회선의 Slip Rate 규정(성능목표치) 및 배분율을 정의하고 있다.

(CCITT Rec. TABLE 1/G. 822, TABLE 2/G. 822 참조)

나. 국내동기망 품질기준

국내동기망은 한국통신(KT)에서 구축한 동기 네트워크를 말하며 DACOM은 KT 동기망의 1 계위에서 동기신호를 공급받고 있다.

국내 동기망 구성방식은 PAMS방식을 사용하고 국제관문국은 CCITT기준에 만족하도록 독립(Plesiochronous)동기방식으로 운용한다.

이를 위해서 KT는 전국의 네트워크를 총괄국(1 계위, No. 4ESS), 중심국(2 계위, AXE-10), 단국(3 계위, Local Exchange)의 계층구조로 구분하고, 5개 1계위국(서울, 부산, 대구, 대전, 광주)의 지리적 중심에 위치하며 표준기 유지보수의 경험이 있는 한국표준연구소에 세습원자시계를 설치하여 한국표준주파수(0 계위, KRF)를 각 계위에 PAMS방식으로 공급하고 있다.

CCITT G. 822에 권고된 Slip Rate 규정 및 구간별 Slip Rate목표치의 배분율을 국내 통신망 구조에 적용했을 때의 국내동기망 품질기준과 동기망 각 계위에 설치된 교환기 내부발전기의 최악의 상태에서의 주파수정확도는 아래의 표에 나타난 바와 같다.

〈표 3-1〉 국내동기망 품질기준

국 계 층		성 능 범 주	a. 만족한 접속상태 (satisfactory mode)	b. 품질저하상태 (degraded mode)
기준클럭(KRF)	정 확 도		1.0E-11이하	
국제관문국	정 확 도		1.0E-11 이하	
	슬 립 율		1 slip/70 days 이하	
	시 간 비		99.982% 이상	
TOLL (총괄국 및 중심국)	정 확 도		1.08E-10 이하	5.2E-07 이하
	슬 립 율		1 slip/7 days 이하	30 slips/1 hour 이하
	시 간 비		99.978% 이상	0.02% 이상
LOCAL(단국)	정 확 도		3X1.0E-09 이하	1.04E-06 이하
	슬 립 율		1 slip/12 hours이하	30 slips/1 hour이하
	시 간 비		99.56% 이상	0.4% 이하
합 계	스 립 율		5 slips/24 hours이하	30 slips/1 hour 이하
	시 간 비		98.9% 이상	0.1% 이하

(참조 : KT 동기망 품질기준)

〈표 3-2〉 계위별 주파수정확도

국 계 층	주파수 정확도(Minimum Accuracy)
기준클럭 (KRF)	$\pm 1.0E-11(1.544\text{MHz} \pm 0.000015\text{Hz})$
총괄국 (TOLL)	$\pm 1.6E-08(\text{ " } \pm 0.0025\text{Hz})$
중심국 (TOLL)	$\pm 4.6E-06(\text{ " } \pm 7\text{Hz})$
단국 (LOCAL)	$\pm 32E-06(\text{ " } \pm 49.4\text{Hz})$

(참조 : KT 및 AT&T의 계위별 주파수정확도)

VI. 결 언

우리가 일상적으로 사용하고 있는 시간이라는 말은 엄밀한 의미에서 시각(date), 시간(time interval), 동기(synchronization)의 세가지 개념을 포함하고 있다.

시각이라 함은 시간축상의 임의의 한점을 나타내고, 시간은 시간축상에서 두 시각사이의 간격을 의미하며, 동기란 일반적인 의미로 어떤 두개 이상의 사건이 동시에 발생하는 것을 뜻한다.

좀더 구체적으로 말해서 동기라 함은 어떤 두개이상의 사상(event)을 정확히 일치시키는 것을 의미하며 물리적으로 시간 및 주파수와 밀접한 관계를 갖는다.

따라서, 송수신을 허용하는 모든 시스템에 있어서 송신측의 사상과 수신측의 사상을 일치시키기 위해서는 송신측과 수신측간에 동기가 유지되어야 하며, 이를 성취하기 위해서 적절한 동기방식이 존재하게 된다.

예컨대, 텔레비전 방송시스템의 경우 송신된 영상을 TV 수상기에서 정확히 재현하기 위해서 송신되는 전파속에 1초에 15,000개의 동기신호를 포함되도록 하는 동기방식을 사용한다.

또한 호스트 컴퓨터와 터미널간에 정확한

정보의 송수신을 스타트-스톱(asynchronous) 방식과 같은 동기방식을 사용한다.

다중화장치에서는 입력신호와 다중신호간의 동기를 성취하기 위해 펄스스터핑과 같은 동기방식을 사용한다.

70년대 중반부터 디지털통신방식이 갖는 기술적, 경제적 장점으로 인한 전송 및 교환시스템의 디지털화가 이루어짐에 따라, 통신망의 동기문제가 심각하게 대두되었다.

디지털통신망에 있어서는 정보의 디지털화가 필연적으로 이루어지므로 양 시스템의 클럭간에 동기가 성취되지 않는 경우, 정보의 중복 또는 유실현상이 발생하며, 정보의 정확한 전달을 위해서 양 시스템의 클럭을 고정확도의 기준 타이밍 클럭에 위상 고정(Phase-Locked)시키는 방식을 사용한다.

그동안 본 고에서는 통신망 동기의 중요성을 인식하고 망동기기술이라는 관점에서 데이터전송시의 동기, 다중화장치의 동기, 네트워크의 동기로 구분하여 동기에 관한 기본개념을 포괄적으로 정리하였으며, 동기망의 유지보수의 측면에서 동기망 품질척도의 기본요소인 주파수정확도, 주파수안정도, 슬립(SLIP)에 관한 기본적인 개념과 이와 관련하여 국제(CCITT Rec.) 및 국내의 동기망 품질기준에 관하여 기술하였다.