

## 위상 동기 회로의 지터 특성

배근조, 최우영  
연세대학교 전기전자공학과  
E-mail : kjbae@tera.yonsei.ac.kr, wchoi@yonsei.ac.kr

### 요약

본 논문에서는, 위상 동기 회로(Phase-Locked Loop:PLL)의 지터(Jitter) 특성에 대해 알아보았다. PLL의 여러 구성 블록 중, 전압제어발진기(Voltage-Controlled Oscillator:VCO)가 가장 주요한 잡음원이 되며, VCO로 인한 지터는 PLL에서 고역 통과 특성을 지닌다. 그리고 PLL 자체에서 발생하는 고유 잡음 외에, 전원 전압의 변동과 같은 외부 잡음의 영향 또한 PLL에서 지터를 발생시키는 원인이 된다. 이러한 지터는 PLL의 루프 대역폭(Loop Bandwidth)나 댐핑 계수(Damping Factor)에 의해 조절될 수 있다.

### I. 서론

위상 동기 회로(Phase-Locked Loop : PLL)는 낮은 지터를 갖는 클럭을 요구하는 고속 시스템에 널리 쓰인다. 그런데 시스템의 속도가 증가할수록 지터가 근본적인 성능 제한 요소가 되고 있으므로, PLL의 지터 특성에 대해 알아볼 필요가 있다. 이를 위해 먼저 지터의 발생 원인에 대해 알아보자. 일반적으로 지터를 발생시키는 원인은 아래처럼 두 가지로 나눌 수 있다[1].

- Random 신호 : 열잡음이나 플리커 잡음과 같이 본질적으로 통계적인 특성을 지녀서 가우시안 함수로 모델링한다.
- Deterministic 신호 : substrate 잡음이나 전원 전압의 잡음과 같이, 시스템의 전자기적인 특성과 데이터의 특성에 의해 나타난다.

따라서, 본 논문에서는, PLL에서의 지터 특성에 대해 알아보려한다. 그래서 먼저 II장에서는 지터의 정의에 대해 알아보고, III장에서는 PLL의 구성 블록에서의 지터 특성에 대해 알아본다. 그리고 IV장에서는 PLL 전체를 고려했을 경우의 지터 특성에 대해 알아본 후, V장에서 결론을 맺는다.

### II. 지터의 정의

지터(Jitter)란, 그림 1에서 보인 것처럼, 디지털 신호의 위상변동을 뜻하는 것으로 ITU-T 권고 G.701에서는 “이상적인 시간 위치에서 어떤 디지털 신호의 유의 순간의 단기적이고 누적되지 않은 변동”으로 정의하고 있다. 여기서 유의순간이란 펄스의 중간지점이나 펄스의 상승지점 등과 같은 임의의 고정점을 말한다[2]. 그리고 지터와 위상 잡음(Phase Noise)은 같은 현상을 설명하는 용어이지만, 지터가 시간 축에서, 위상 잡음은 주파수 축에서 정의되었다는 차이가 있다.

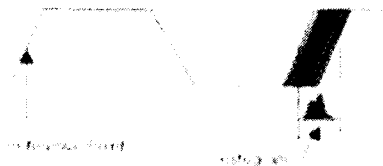


그림 1. 지터의 정의

먼저 임의의 신호를 고려하면, 음(-)에서 양(+)으로 전이할 때 n번째로 '0'을 지나는 순간의 시점인  $t_n$ 에 대해, 그림 2에서처럼, n번째 주기인  $T_n$ 은 아래 식 (1)과 같이 정의된다.

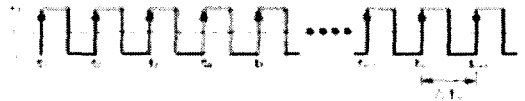


그림 2. 지터의 개념

$$T_n = t_{n+1} - t_n \quad (1)$$

평균 주기를  $\bar{T}$ 라 하면, n번째 주기에서의 편차  $\Delta T_n$ 은 아래 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\Delta T_n = T_n - \bar{T} \quad (2)$$

이 때 편차  $\Delta T_n$ 가 바로 지터를 의미하며, 일반적으로는 Period 지터라고 불린다. 그리고 편차  $\Delta T_n$ 에 대해, Absolute 지터인  $\Delta T_{abs}$ 는,

$$\Delta T_{abs}(N) = \sum_{n=1}^N \Delta T_n \quad (3)$$

이며, 마찬가지로 Cycle 지터( $\Delta T_C$ )와 Cycle-to-Cycle 지터( $\Delta T_{CC}$ )는 아래 식 (4), (5)와 같다[3].

$$\Delta T_C = \lim_{N \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \Delta T_n^2} \cdot \Delta T_{CC} = \lim_{N \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (T_{n+1} - T_n)^2} \quad (4) \quad (5)$$

그리고 위상 잡음( $\sigma_{\Delta T_n}$ )과 지터의 관계 및 Absolute 지터와 Cycle-to-Cycle 지터 사이의 관계는 각각

$$\frac{\sigma_{\Delta T_{abs}}}{\sqrt{\Delta T}} = \frac{\Delta T_C}{\sqrt{T}} = \frac{\Delta T_{CC}}{\sqrt{2}\sqrt{T}} \cdot \Delta T_{abs} = \sqrt{\frac{f_0}{2}} \Delta T_{CC} \sqrt{\Delta T} \quad (6) \quad (7)$$