

# 이진 카운터 형태를 가진 롤오버하는 센서 데이터의 최대 측정 영역 확장 방법

## Extension of measurement range of binary counter-typed sensor data

오시환† · 김용복\* · 용기력\*

Shi-Hwan Oh, Yong-Bok Kim and Ki-Lyuk Yong

### 1. 서론

측정 값을 누적 또는 적분하여 사용하는 데이터 누적형 센서들은 대개 데이터와 시간 출력을 이진 카운터의 형태로 가지고 있다. 이들 카운터는 측정값이 변함에 따라 함께 값이 변하다가 그 크기가 최대값 또는 최소값을 넘어서게 되면 롤오버 (roll-over)하게 된다. 그러므로 측정할 수 있는 최대값에 한계가 있게 되며 이 때의 최대 측정값은 측정 주기 및 이진 카운터의 크기(bit size)에 따라 달라진다. 그러므로 이러한 타입의 센서를 사용할 때에는 측정 주기 및 이진 카운터의 크기를 잘 고려해서 센서 데이터가 원하는 측정 범위 안에 들어 올 수 있도록 설계해야만 한다.

일반적으로 이진 카운터의 크기는 센서 자체가 가지는 고정 값이므로 사용자는 측정 주기를 조절하여 최대 측정 범위를 선택해야 한다. 그러나 한 번 선택된 측정 주기는 대부분의 경우 고정되어 있으므로 데이터의 크기가 광범위하게 변할 수 있는 센서는 측정 영역을 확장시키기 위하여 사용자가 선택할 수 있도록 스케일 인자를 설계변수로 가지고 있다. 이진 카운터의 크기가 고정되어 있는 경우, 스케일 인자가 작을 때는 측정 범위가 작지만 분해능이 좋으며 스케일 인자가 클 때는 분해능이 떨어지지만 측정 범위가 넓어 사용자가 측정 환경에 맞게 가변적으로 선택하여 사용할 수 있는 기능을 제공한다.

본 연구에서는 이미 고정된 이진 카운터와 측정 주기, 스케일 인자를 가지고 있는 시스템에서 일반적으로 결정되어 있는 최대 측정 범위를 넘어서는 데이터가 생성 될 경우 이를 aliasing 현상 없이 측정 할 수 있는 방법을 제안한다.

### 2. 이진 카운터 출력을 이용한 측정 원리

#### 2.1 측정 원리

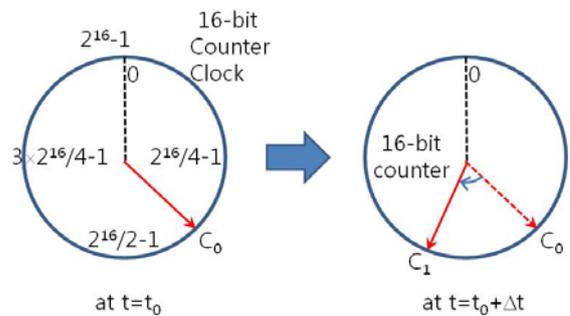


Figure 1 calculation of measured output from a binary (16-bit) counter

16-bit 카운터를 가지는 센서의 경우 그 출력은 Figure 1 과 같이 0~65535 사이의 값을 가지게 된다.  $t=t_0$  에서의 카운터가  $C_0$  이고  $t=t_0+\Delta t$  에서의 카운터가  $C_1$  일 때  $t_0+\Delta t$  에서의 증가분  $\Delta C=C_1-C_0$  이므로  $t_0+\Delta t$  에서의 측정된 센서 값 (measured value)은  $S \cdot \Delta C / \Delta t$  가 된다. 이 때  $S$  는 센서의 스케일 인자이다.

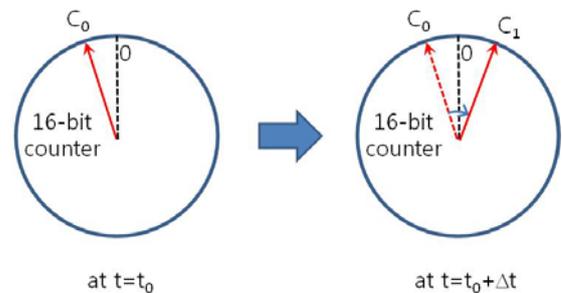


Figure 2 Calculation of increment during positive roll-over

† 교신저자; 한국항공우주연구원 위성제어팀  
E-mail : oshysh@kari.re.kr  
Tel : (042) 860-2446, Fax : (042) 860-2898  
\* 한국항공우주연구원 위성제어팀

만약  $\Delta t$  전후의 카운터 값에 Figure 2 와 같이 양의 롤오버(positive roll-over) 현상이 발생한다면 이 때의 센서 값은  $S \cdot \Delta C' / \Delta t = S \cdot (C_1 - C_0 + 65535) / \Delta t$  로 계산할 수 있으며 음의 롤오버(negative roll-over)인 경우에는  $S \cdot \Delta C' / \Delta t = S \cdot (C_1 - C_0 - 65535) / \Delta t$  로 계산할 수 있다.

## 2.2 최대 측정 영역

계산된 카운터 증분이 이진 카운터 최대값의 절반 이상이 되면 aliasing 현상이 발생하여 시계 방향으로 회전하여 나온 값인지, 반시계 방향으로 회전하여 나온 값인지 구분할 수 없으므로 정확한 측정을 할 수 없다. 그러므로 이진 M-bit 카운터 형태의 출력을 가지는 센서의 최대 측정 범위는 롤오버를 고려한 카운터 증분  $\Delta C' = 2^{M-1}$  일 때이며 이 때의 최대 측정 범위는 다음과 같다.

$$|measurable\ range| \leq S \cdot 2^{M-1} / \Delta t$$

그러므로 위의 조건을 만족할 때 이진 카운터로부터 실제 측정치를 뽑아내기 위해서는 다음의 보상 로직을 거쳐야 증분이 재계산되어야 한다.

- i)  $\Delta C = C_1 - C_0 > 2^{M-1}$  일 때  
 $\Delta C' = \Delta C - 2^M$
- ii)  $\Delta C = C_1 - C_0 < -2^{M-1}$  일 때  
 $\Delta C' = \Delta C + 2^M$

## 3. 최대 측정 영역 확장

### 3.1 확장 방법

센서의 출력이 급격하게 변할 수 있어 모든 연속적인 시간에 대해 임의의 값을 가질 수 있다면 (증분의 변화량에 제한이 없다면) 2.2 절에 나와 있는 최대 측정 영역은 변함이 없다. 그러나 측정하고자 하는 대상체 신호의 변화율이 최대 측정범위보다 작을 경우 이러한 조건을 이용하여 최대 측정치를 확장시킬 수 있다.

먼저, 2.2 절에서의 카운터 증분 계산 방법에 따라 계산된  $t_i$ ,  $t_{i+1}$  에서 카운터 증분을 각각  $\Delta C'_i$ ,  $\Delta C'_{i+1}$  이라 할 때, 모든 i 에 대해  $|\Delta C'_{i+1} - \Delta C'_i| < \alpha \cdot 2^{M-1}$  가 항상 만족되는  $\alpha$  ( $\alpha < 1$ ) 가 항상 존재한다고 가정한다. 이 경우 다음의 방법을 통하여 최대 측정치를 증가시킬 수 있다.

$\Delta C'_i \cdot \Delta C'_{i+1} < 0$  인 경우에 대해서

- i)  $\alpha \cdot 2^{M-1} < \Delta C'_{i+1} < 2^{M-1}$  일 때  
 $\Delta C''_{i+1} = \Delta C'_{i+1} - 2^M$
- ii)  $-2^{M-1} < \Delta C'_{i+1} < -\alpha \cdot 2^{M-1}$  일 때  
 $\Delta C''_{i+1} = \Delta C'_{i+1} + 2^M$

이 때 증가되는 최대 측정 범위는 다음과 같이 표현된다.

$$|measurable\ range| \leq (2 - \alpha) \cdot S \cdot 2^{M-1} / \Delta t$$

## 3.2 모의 실험 결과

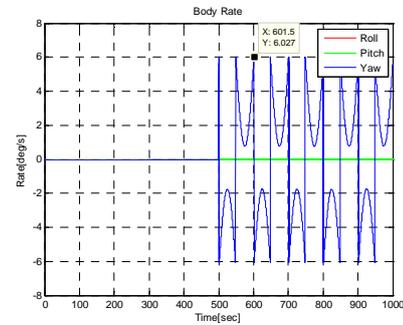


Figure 3 Sensor output with conventional method

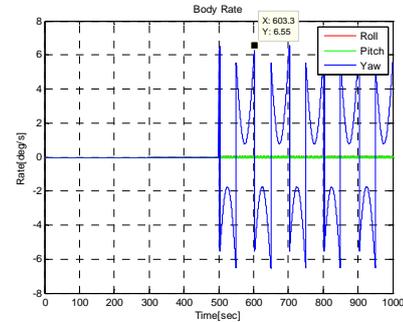


Figure 4 Sensor output with improved method

## 4. 결론

본 연구에서는 이진 카운터 형태를 가진 롤오버하는 센서 데이터를 이용한 계측 시 존재하는 최대 측정값을 확장하는 방법에 대해 제안하였다. 측정하고자 하는 대상체 출력의 변화율이 센서 최대 측정 범위의  $\alpha/2$  배보다 작다면 ( $\alpha < 1$ ), 제안된 방법을 이용하여 최대 측정값을  $(2 - \alpha)$  배 증폭시킬 수 있음을 확인하였다.