

동적턱시동장치를 리용한 임펄스중첩제거방법

강호, 고광명, 박현

임펄스중첩제거에서 고정된 턱을 리용하는 방법은 턱을 될수록 낮게 설정하는데로부터 잡음과 에너기가 작은 임펄스를 구분하기 어렵다. 또한 거짓시동이 생기며 이것을 피하기 위하여 많은 방법들에서 신호처리를 진행하는데 보통 기준선회복, 중첩제거, 잡음 영향감쇠에 선형증폭기를 리용한다.[1, 2] 그러나 이러한 형태의 처리에서는 신호가 이지러지기 쉽다.

론문에서는 검출기의 특성, 신호속의 잡음, 임펄스의 특성(모양, 진폭, 너비)에 관계없이 전체 신호들을 정확히 수집하기 위하여 동적턱시동장치를 리용한 임펄스중첩제거방법에 대하여 고찰하였다.

실험 방법

길이가 긴 임펄스를 수집할수 있는 긴 창문을 리용하면 다중임펄스를 수집할수 있다.(그림 1의 1)) 한편 지나치게 좁은 창문을 리용하면 에너기가 큰 임펄스를 정확히 수집할수 없다.(그림 1의 2)) 동적턱시동방법을 리용하면 잡음과 임펄스지속시간에 크게 관계되지 않으면서 임펄스수집과정을 개선할수 있다.

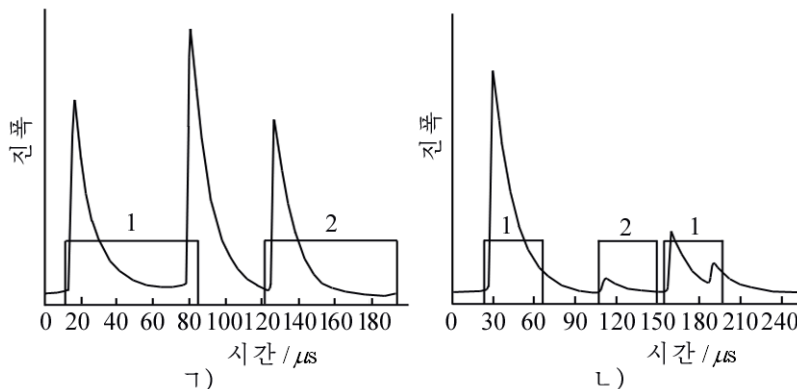


그림 1. 너무 긴 창문구간으로 인한 다중사건(1))과 너무 짧은 창문구간으로 인한 불완전한 임펄스(2))
1-적당한 창문, 2-부적당한 창문

중첩제거방법은 2개의 단계로 되어있다. 첫째 단계에서는 동적인 실시간잡음식별력 준위평가를 진행하며 둘째 단계에서는 그것의 지속시간에 따라 임펄스를 수집하는 창문의 크기를 동적으로 조절하여 결과적으로 중첩제거를 실현한다.

1) 턱준위의 동적평가

동적턱준위평가에서 잡음준위가까이의 낮은 에너기임펄스를 수집하기 위하여 될수록 낮은 턱을 설정한다. 가우스잡음이 기본뒀을 차지할 때 표준편차법칙을 적용하여 턱준위를 평가할수 있다. 진폭력($S_{\text{턱}}$)값은

$$S_{\text{택}} = \mu_t + C \cdot \sigma_t \quad (1)$$

이다. 여기서 μ_t 는 신호 $s(t)$ 의 평균값이며 σ_t 는 표준편차, C 는 정규분포함수에 따라 턱값을 조종하는데 리용되는 조절변수이다. 신호의 표준편차 σ_t 는 다음의 식으로 표시된다.

$$\sigma_t = \sqrt{E(s(t)^2) - E(s(t))^2} \quad (2)$$

여기서 $s(t)$ 는 여러개의 임펄스들이 없을 때 입구신호의 몫을, $E(s(t))$ 는 $s(t)$ 의 기대값을 표시한다.

시동입구로 리용된 신호는 창문화알고리즘에 가까운 초기신호의 도함수 $ds(t)/dt$ 이다. 이 도함수는 중첩방법을 개선하고 신호의 연속부분 μ_t 를 제거한다. 따라서 식 (1)과 (2)는 다음의 식으로 다시 쓸수 있다.

$$S'_{\text{택}} = C \cdot \sigma'_t \quad (3)$$

$$\sigma'_t = \sqrt{E\left[\frac{ds(t)}{dt}\right]^2 - E\left[\frac{ds(t)}{dt}\right]^2} \quad (4)$$

2) 임펄스중첩의 창문화

두번째 부분에서는 지속시간에 따라 동적으로 개별적인 임펄스들을 수집하고 쓸모있는 정보만을 유지한다. 여기서는 식 (3)으로 얻은 턱준위를 리용한다. 전체 임펄스들의 진폭값을 비교하지 않고 도함수를 리용하여 임펄스의 최대진폭을 구할수 있다. 일단 도함수가 부로 되면 초기임펄스의 최대진폭에 도달하며 여기로부터 임펄스의 최대값위치를 알수 있다. 주어진 진폭에 대해 2개의 함수를 정의한다.

$$g(s(t)) = \begin{cases} t, & \frac{ds(t)}{dt} < 0 \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$$

$$h\left[\frac{ds(t)}{dt}\right] = \begin{cases} t, & \frac{ds(t)}{dt} \geq 0 \text{과 } \frac{d^2s(t)}{dt^2} > 0 \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$$

h 에 대해 2계도함수는 신호 $s(t)$ 의 장성끝만을 선택하도록 한다.

그다음 함수 $H(t)$ 와 $B_{\text{임펄스}}(t)$ 를 리용하여 임펄스들을 수집할수 있다.

$$B_{\text{임펄스}}(t) = \bigcup_{i=0}^{p-1} [H(t - t_{\text{시작}}[i]) - H(t - t_{\text{정지}}[i])] \quad (5)$$

여기서 $t_{\text{시작}}[p] = t_{\text{택}}[p] - \text{Delay}$ ($\forall p \in N, p \geq 0$) 는 $s(t)$ 로 시동된 임펄스의 시작순간, $t_{\text{택}}[p] = h(\text{Thr})$ ($\forall p \in N, p \geq 0$) 는 신호의 도함수 $ds(t)/dt$ 와 비교되는 턱에 의하여 시동된 임펄스의 시상수, $t_{\text{최대}}[p] = h(0)$ ($\forall p \in N, p \geq 0$) 는 $s(t)$ 임펄스가 최대진폭값에 도달하는 순간, $t_r[p] = g[s(t_{\text{최대}}[p]) \cdot e^{-1}]$ ($\forall p \in N, p \geq 0$) 는 최대진폭이 e^{-1} 배 감소되는 순간, $t_{\text{정지}}[p] = t_{\text{최대}}[p] + 5 \cdot (t_r[p] - t_{\text{최대}}[p])$ ($\forall p \in N, p \geq 0$) 는 $s(t)$ 로 시동된 임펄스가 끝나는 순간을, Thr는 임펄스를 기록하는 턱, Delay는 매개 임펄스의 지연값을 표시한다.

마지막으로 $s_{\text{임펄스}}(t)$ 를 가진 신호는 다음의 식으로 표시된다.

$$s_{\text{임펄스}}(t) = B_{\text{임펄스}}(t) \cdot s(t) \quad (6)$$

임펄스 p 와 $p+1$ 에 대한 중첩만을 표시, 제거, 수집하기 위하여 다음의 식에서 정의된 조건을 확증한다.

$$f(p) = \begin{cases} 1 & (t_{\text{정지}}[p] > t_{\text{시작}}[p+1]) \\ 0 & (t_{\text{정지}}[p] \leq t_{\text{시작}}[p+1]) \end{cases} \quad (7)$$

함수 $B_{\text{중첩}}(t)$ 로 임펄스가 중첩되는 사건들을 수집할수 있다.

$$B_{\text{중첩}}(t) = \bigcup_{i=0}^{p-1} [H(t - t_{\text{시작}}[i]) - H(t - t_{\text{정지}}[i+1])] \cdot f(i) \quad (8)$$

여기로부터 중첩만의 신호 $s_{\text{중첩}}(t)$ 와 단일임펄스만의 신호 $s_{\text{단일임펄스}}(t)$ 는 다음과 같다.

$$s_{\text{중첩}}(t) = B_{\text{중첩}}(t) \cdot s(t) \quad (9)$$

$$s_{\text{단일임펄스}}(t) = [B_{\text{임펄스}}(t) - B_{\text{중첩}}(t)] \cdot s(t) \quad (10)$$

실험결과 및 해석

겹침제거측정체계의 블록도와 창문화알고리즘은 그림 2와 3과 같다.

먼저 매개 표본에 대해 도함수를 계산하고 초기신호를 프로그램적인 길이를 가진 순환기억완충기에 기억시킨

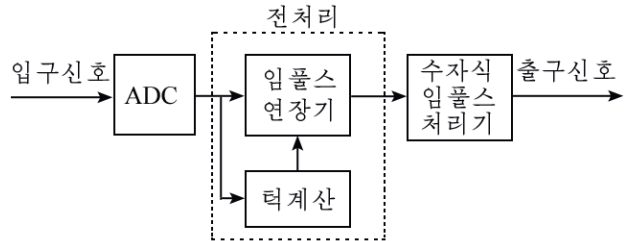


그림 2. 겹침제거측정체계의 블록도

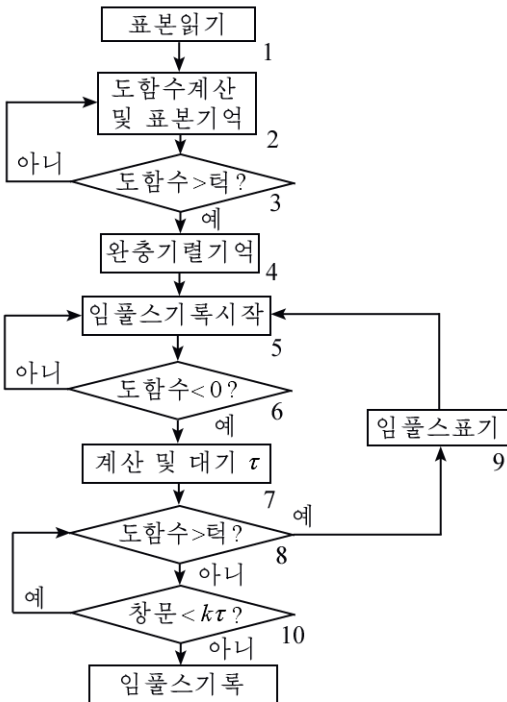


그림 3. 창문화알고리즘
1-10은 상태를 의미함.

다.(상태 2) 텍을 초과(상태 3)하면 완충기털에 기억시킨다.(상태 4) 매개 표본은 임펄스표의 시작에서 기록된다.(상태 5) 초기신호의 임펄스진폭에 대응하는 도함수신호가 령아래로 떨어지면(상태 6) τ 근사를 위해 진폭을 계산한다. 기준임펄스진폭의 비는 임펄스의 기준으로 되는 완충기안의 값과 봉우리의 진폭사이의 차로써 계산된다.(상태 7) 일단 τ 가 진폭값으로부터 계산되면 진폭이 τ 값아래로 떨어질 때까지 신호를 계속 기억시킨다. 이때 요구되는 시간을 기억시킨 다음 임펄스를 완전히 기록하는데 요구되는 τ 값에 k 를 곱한다. k 는 5로 설정하였다.

계산과정에 동적창문크기 W 가 초과되면 (상태 10) 도함수의 값이 텍이상으로 되돌아오지 않는가를 검사한다. 만일 이러한 현상이 일어나면 중첩이 있게 된다.(상태 8) 이 경우에 알고리즘은 초기단계에서부터 다시 시작하여 도함수가 령아래로 다시 떨어질 때까지 대기한다. 결국 τ 의 새 값이 계산되지만 새 임펄스의 봉우리진폭으로부터의 이 시간은 사전에 기억된 첫 완충기값과 비교된다. 따라서 전

체 중첩을 기록하는 충분히 큰 창문을 늘 설정할수 있다.

실험은 ^{241}Am 원천과 NaI(Tl)검출기를 가지고 진행하였다. 측정에 리용된 NaI(Tl)검출기는 직경이 30mm, 높이가 40mm이다. 체계는 폰을 감소시키기 위하여 내부 1cm두께의 동층, 외부 15cm두께의 연층으로 차폐시켰다. 측정시간이 길수록 시동방법들사이에서의 차이로 인한 거짓임펄스발생확률이 더 증가된다. 실험에서는 많은 중첩들을 고찰할수 있도록 계수속도가 충분히 빠르므로 중첩사건들을 검사하는데 유리하다.

정적력과 동적력을 비교하였다.(표) 표에서 이전의 방법 1은 시작과 정지에 대한 간단한 정적시동력을 리용하였으며 방법 2(실험)에서는 시작과 정지에 대한 력을 동적으로 조종하였다.

표에서 보는바와 같이 방법 1의 17.05keV 봉우리분해능은 나쁘지만 실지 단일력이 너무 낮으면 두번째 력의 창문화를 첨가하지 않고도 거짓임펄스의 몫이 증가된다. 따라서 스펙트르의 콤프톤 산란에 의한 잡음기여몫은 첫번째 봉우리의 시작에 혼합된다. 그러나 방법 1은 59.54keV 봉우리에 대해서는 비교적 좋은 분해능을 준다.

표. 정적력과 동적력에 대한 비교

에너지/keV	방법	분해능	계수값	기여몫/%
17.05	1	240	5 982±84	18.1
	2	33.4	4 061±56	18.8
59.54	1	23.8	10 211±32	7.65
	2	10.8	5 723±38	25.5

맺 는 말

동적력에 기초한 수자식임펄스시동장치와 수집창문화법을 리용하여 임펄스중첩제거를 실현하였다. 보통의 시동방법과 비교하면 동적력에 기초한 방법이 우월하다.

참 고 문 헌

- [1] Z. Gu et al.; IEEE Transactions on Nuclear Science, 63, 1, 22, 2016.
- [2] T. Petrović et al.; IEEE Transactions on Nuclear Science, 61, 1, 584, 2014.

주체110(2021)년 3월 5일 원고접수

Rejection Method of Pulse Pile-up Using the Dynamic Threshold Trigger

Kang Ho, Ko Kwang Myong and Pak Hyon

We enhanced the feasibility of pulse pile-up rejection by using the digital impulse trigger based on the dynamic threshold and an extraction window method. The method based on the dynamic threshold is superior to the normal trigger method.

Keywords: pile-up rejection, digital impulse trigger