

螢光物質의 放射線을 應用한 Random Noise

(Application of Radiations for Random Noise)

李 柱 根*
(J. K. Lee)

ABSTRACT

The study of the research for Random process have been recently increasing rapidly. There are many methods in generating of Random signal, however, mainly these are dependant upon utilizing of hot noise of resistance and noise of discharge tube. Consequently, it is not easy to obtain of Random Noise of stabilized low frequency. Therefore, I like to study over the result of principle and design in the method of obtaining the Random Noise with faint radiations of fluorescence materials.

1. 序 言

負荷 교란의 영향, 各種 通信系統을 통한 信號와 noise 傳達의 연구, process control 系統에 不規則的으로 加해지는 Random 信號에 對한 動作特性的 統計的 研究가

近者에 급격히 重視되어 가고 있으며, 特히 複雜한 系를 對象으로한 Random 過程을 電子計算機로써 解析하고자 할 때 外亂源으로 Random Noise가 重要하게 된다.

이러한 Random 過程에서 必要로 하는 Random Noise 發生장치에 對한 研究文獻도 여러가지가 있지만 그들의 大部分이 抵抗의 熱雜音, 또는 放電管의 雜音을 利用하는 方法이기 때문에 극히 낮은 周波數에서의 安定된 Random Noise 를 얻기가 어렵다. 따라서 여기서는 放射線을 利用하여 Random Noise 를 發生시키는 方法에 對해서 고찰하기로 한다.

이 方法은 比較的 간단하게 그 結果를 얻을 수 있었으며 또한 安全하였다. 이에 使用한 放射線源은 安全性을 고려하여 市中에서 판매되고 있는 附屬 器具에 부착된 夜光塗料의 조각을 使用하였다. 以下에 이 장치의 構成原理와 統計的 理論 考察을 加하고, 나아가서 試作品의 結果에 對한 檢討를 加하기로 한다.

또 附加的으로 이 장치의 一部를 利用하여 Random

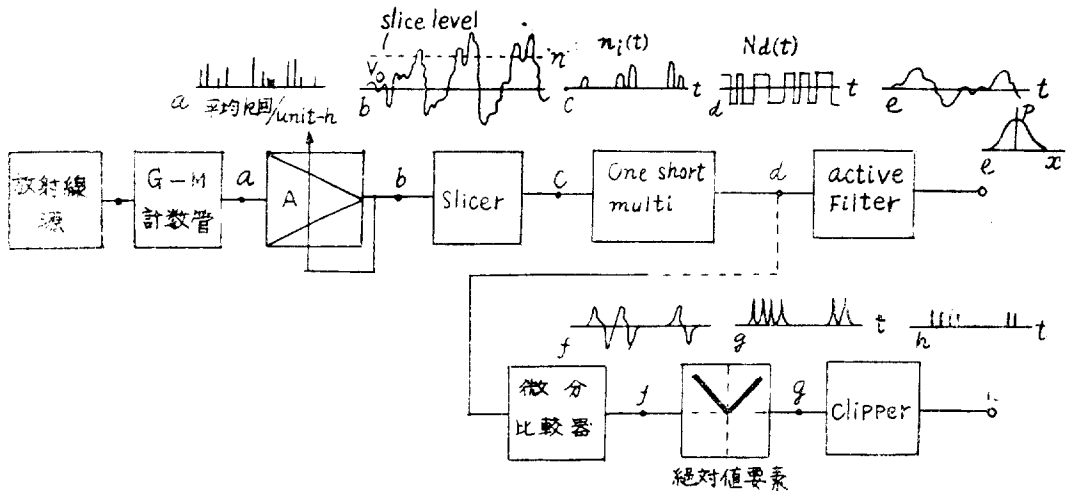


그림 1. 原理圖
(Fig. 1 Principle diagram)

* 仁荷工科大学 副教授
Asso. Prof., In Ha Institute of Tech.

pulse를 발생시키는 방법에 대해서도 설명하기로 한다.

2. 原 理

放射物質의 崩壞現象은 不規則的인 時間 間隙으로 일어나므로 이 不規則的인 信號를 G-M 計數管으로써 檢出하여 그 離散的인 noise를 增幅시킨다. 다음에 그 出力을 slicer에서 一定한 slice level을 넘는 pulse로서 one short multivibrator를 不規則的으로 動作시키면 相異한 時間 間隙을 가진 poisson 矩形波가 發生하게 된다. 이 矩形波를 다시 active filter를 通過시키면 出力에는 임의의 spectrum 密度를 가진 gauss 性的의 극히 낮은 周波數의 不規則的인 Random Noise 信號가 얻어진다. 그림 1은 이의 過程을 보인 것인데, filter의 遮斷周波數를 noise pulse의 頻度보다 훨씬 작게 하면 出力은 連續的인 Random 信號가 얻어진다.

필선 時間 間隙이 不規則的인 impulse noise를 얻는 방법은 그림 2에서 보는 바와 같이 G-M 計數管의 出力 noise N(t)의 增幅를 一定하게 하기 爲해서 增幅器에 automatic gain control를 걸어서 一定한 振幅 level η를 넘는 波形的의 peak로서 multivibrator를 不規則的으로 動作시킨다.

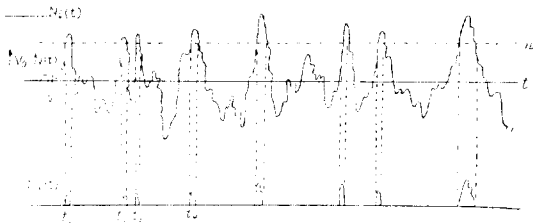


그림 2. Impulsive noise를 얻는 법
(Fig. 2 The method of obtaining the impulsive)

이때 A.G.C로서 增幅器의 出力을 一定으로 하지 않으면 level 變動으로 η level을 넘는 peak의 時間의 不規則性을 상실하기 쉽다. Multivibrator의 出力을 다시 limiter를 通過시키면 binary noise $N_a(t)$ 가 얻어지는데 이 $N_a(t)$ 는 그림 3과 같은 poisson 矩形波를 形成한다.

이 $N_a(t)$ 自體가 이미 不規則的인 信號이지만 이것을 다시 active filter를 通過시키면 周波數에는 關係없는 一定한 白色 noise 出力을 얻게 된다. 이 過程에 對해서는 以下에 더욱 理論的인 考察을 加하기로 한다.

3. Random Noise의 統計的 性質

a) Poisson 矩形波의 自己相關函數

不規則的으로 動作하는 multivibrator의 出力端에

나타난 矩形波는 그림 3과 같이 不規則的인 時間 間隙으로 일어나므로 이는 時間領域에서 不規則 時間函數의 統計的 性質을 가지고 있다. 지금 x 軸을 中心으로 하여 波高值 E_m 인 두 個의 pulse를 생각하면 pulse의 한 쪽 值가 Random한 時間 間隙으로 계속하다가 다른 值로

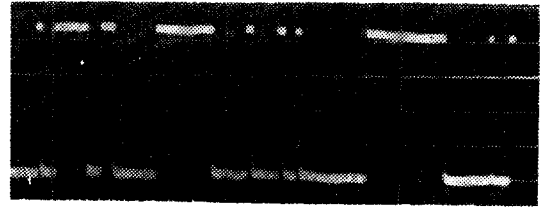


그림 3. Poisson 矩形波의 ensemble
50 v/inch, $\tau : 0.5 \text{ sec/inch}$

(Fig. 3 Ensemble function of poisson square wave)

바꾸어질때 0點과의 交叉에서 poisson 分布를 이룬다. 即 τ 란 時間領域에서 n個 0點과 交叉하는 n의 確率分布는 다음 式으로 주어진다.

$$P_n(\tau) = \frac{(k\tau)^n}{n!} e^{-k\tau} \quad (1)$$

이 式(1)은 放射線 物質의 붕괴를 表示하는데도 중요하며, 여기서 $k\tau$ 는 τ 時間 領域內에서의 期待值이고, k 는 單位時間內의 平均零交叉數이다.

이 poisson 分布는 離散的이므로 두 個의 函數值에 대한 乘으로 얻을 수 있다. 即 그림 3의 自己相關 函數는

$$\begin{aligned} (\phi)_{11}(\tau) &= \sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 x_{1i} x_{2j} P_{\zeta_1} P_{\zeta_2}(x_{1i}, x_{2j}; \tau) \\ &= \sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 x_{1i} x_{2j} P_{\zeta_1}(x_{1i}) P_{\zeta_2/\zeta_1}(x_{2j}/x_{1i}; \tau) \quad (2) \end{aligned}$$

x_{1i}, x_{2j} 는 $t, t+\tau$ 時間에서의 函數로써 여기서는 다음 값으로 주어진다.

$$\begin{aligned} x_{11} &= E_m, & x_{21} &= E_m \\ x_{12} &= -E_m, & x_{22} &= -E_m \end{aligned}$$

(그림 3에서 矩形波의 半分の 높이가 E_m 이다.)

同時確率 密度函數는

$$P_{\zeta_1/\zeta_2}(x_{1i}, x_{2j}; \tau) = P_{\zeta_1}(x_{1i}) P_{\zeta_2/\zeta_1}(x_{2j}/x_{1i}; \tau) \quad (3)$$

로 表示되므로 各 條件의 確率을 求하여 $(-\infty, \infty)$ 區間에서 式(1)이 적용하면 poisson 矩形波의 自己相關 函數는 다음과 같이 구하여진다. (1)

$$\begin{aligned} \phi_{11}(\tau) &= E_m^2 \left[\sum_{n=0,2,4,\dots} \frac{(k|\tau|)^2}{n!} e^{-k|\tau|} - \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{(k|\tau|)^2}{n!} e^{-k|\tau|} \right] \\ &= E_m^2 e^{-k|\tau|} \left[1 - \frac{k|\tau|}{1!} + \frac{(k|\tau|)^2}{2!} - \frac{(k|\tau|)^2}{3!} + \dots \right] \\ &= E_m^2 e^{-k|\tau|} \quad (4) \end{aligned}$$

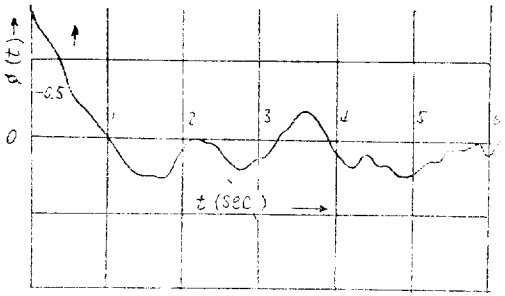


그림 4. 自己相關 函數
(Fig. 4 Autocorrelation function)

이 식(4)에서 $\tau=0$ 에서 最大値는 $\phi_{11}(0)=E_m^2$ 이고, τ 가 無限大로 增加할 때 $\phi_{11}(\infty)=0$ 가 됨을 알 수 있다. 따라서 poisson 矩形波의 自己相關 函數는 그림 4와 같이 된다.*

b) Poisson 矩形波의 power spectrum 密度

自己相關 函數 $\phi_{11}(\tau)$ 의 周波數領域에서의 power spectrum 密度 $\phi_{11}(\omega)$ 는 Wiener 定理에 依해서 $\phi_{11}(\tau)$ 의 Fourier 變換으로 表示 된다.

$$\begin{aligned} \phi_{11}(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{11}(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E_m^2 e^{-i\omega\tau} \cos \omega\tau d\tau \\ &= \frac{E_m^2}{\pi} \cdot \frac{2k}{(2k)^2 + \omega^2} \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 식(5)에서 spectrum 密度의 最大値는 $\tau=0$ 에서 $\phi_{11}(0)=E_m^2/2\pi k$ 이며, 最大値의 半이 되는 點에서의 角周波數는

$$\phi_{11}(\omega) = \phi_{11}(0)/2 = 2k = \omega$$

가 되므로 k 값의 增加에 따라서 ω_0 는 增加하므로

$\phi_{11}(\omega)$ 는 減少하게 된다. 周期成分을 가진 函數에서는 $\phi_{11}(\infty)=0$ 가 되지 않지만 Random Noise의 自己相關 函數에서는 $\phi_{11}(\infty)=0$ 가 된다.

따라서 spectrum 密度는 그림 5와 같은 gauss 分布로 나타난다.

4. Active Filter

上述한 poisson 矩形波 그 自體가 이미 不規則的인 Random 信號이지만 自己相關 函數 $\phi_{11}(\tau)$ 를 다시 active filter에 通過시킨 出力信號 $\phi_0(\tau)$ 의 spectrum 密度 $\phi_0(\omega)$ 는 다음 식으로 表現된다.

$$\phi_0(\omega) = |H(\omega)|^2 \phi_{11}(\omega) \quad (6)$$

여기서 $H(\omega)$ 는 filter의 周波數特性이고, poisson 矩形波의 power spectrum 密度 $\phi_{11}(\omega)$ 는 實質的으로 周波數에는 거의 關係없는 一定한 白色 noise로 취급되어 다음 식으로 表現된다.

$$\phi_0(\omega) = \frac{E_m^2}{2\pi k} |H(\omega)|^2 \quad (7)$$

여기서 filter의 傳達時數 $H(\omega)$ 를 적당히 選定함으로써 所望의 spectrum 密度를 가진 gauss 性의 極히 낮은 周波數의 不規則的인 Random 信號가 얻어진다.*

Active filter로서는 1次 延遲系의 積分演算器를 사용하였으며, 入力側에 적당할 by-pass condenser를 挿入하였다. Filter의 傳達時數 $H(\omega)$ 는

$$H(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (8)$$

로서 ω_0 는 遮斷周波數이고, pulse 幅 τ , 높이 E_m 의 矩形 pulse에 對한 應答 $H(t)$ 은

$$H(t) = \tau \omega_0 E_m \left[e^{-\tau \omega_0 t} + \frac{2}{\sqrt{3}} e^{-\tau \omega_0 t} \sin \left(\sqrt{3} \pi f t - \frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (9)$$

로서 주어진다. 이때 filter의 遮斷周波數는 noise pulse보다 훨씬 낮은 周波數로 한다.

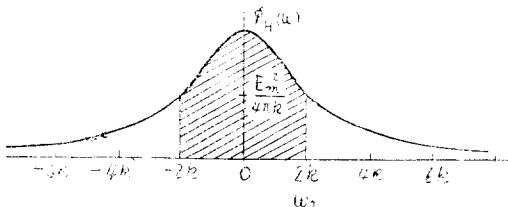
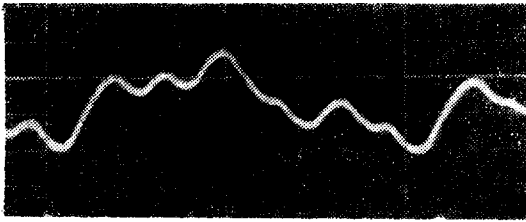


그림 5. Power spectrum 密度
(Fig. 5 Power spectrum density)

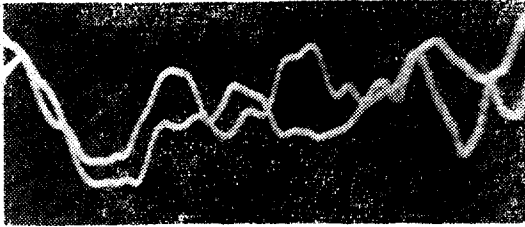


그림 6. Random pulse 發生方法
(Fig. 6 The method of generating the Random pulse)

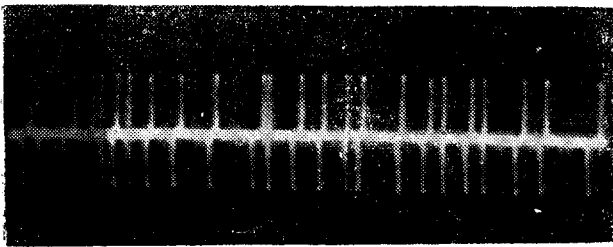
* 科學의 XY 記錄計로서 檢出한 것이다.



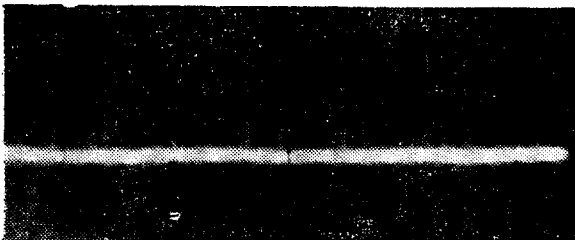
(a) Random Noise
50 V/inch time : 1 sec/inch



(b) Random Noise 을 反復 시킨 것
50 V/inch time : 0.8 sec/inch



(c) 微分比較器를 통한 Random 兩方向 pulse
50 V/inch, 0.2 sec/inch



(d) Random pulse
0.2 sec/inch, 50 V/inch
그림 7
(Fig. 7)

다음에 Random pulse 를 얻기 爲해서는 filter 를 거치지 않고, multivibrator 의 出力端에서 一部를 演算回路⁽³⁾로써 구성된 微分比較回路를 거쳐서 絶對眞要素를 通過시킨 다음, clipper 로써 一定한 level 를 잘르면 所

期의 Random pulse 가 일어난다. 그림 6 은 이의 過程을 보인 것이다.

이 Random pulse 는 損失率, 수리 對 노쇠 時間의 Monte-carlo 型 算計로서 生産機械의 breakdown 을 그리는 데 大端히 有用하다.

5. 出力 Random 信號의 結果에 對한 統計的 檢討

出力을 oscilloscope 로써 檢出한 것을 그림 7 에 보였 다. Multivibrator 의 出力端에 나타난 그림 4 의 poisson 形波를 active filter 에 通過 시킨 것이 그림 7(a)인 데, 이것이 本 研究에서 얻고자한 Random 信號이다.

元來 Random 信號는 反復이 되지 않기 때문에 oscilloscope 로써 觀測할 수 없다. 따라서 特殊 電子 switch 로써 積分器를 1 회만 동작시켜서 그 信號를 oscilloscope 의 外部同期로 하여 1 회만 現象을 나타내서 촬영한 것이다. 그림 (b)는 Random 信號를 反復시킨 것인데, 確實히 反復이 되지 않는다는 것이 立證되므로 Random 信號라는 것을 알 수 있으나 더욱 確實한 檢討는 그림 7(a)의 出力 Random 信號를 統計的으로 음미

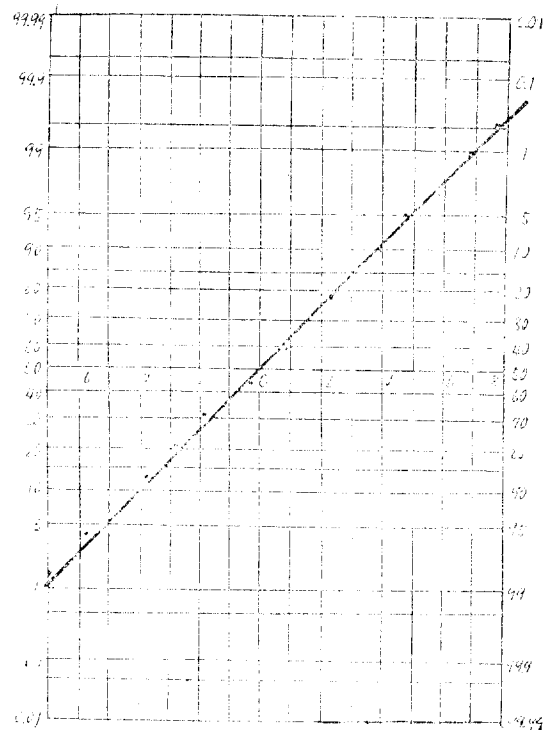


그림 8. 確率紙上에서의 Gauss 分布의 檢討
(Fig. 8 The examination of Gaussian distribution on the profability paper)

하여 보기로 한다. 지금 Random 出力의 gauss 性에 對한 檢討를 하기 위해서 10秒를 단위로한 出力波形을 標本 두 個를 選定하고, 標本 間격 1/50 秒에서 1 秒간의 算術移動 平均을 내서 그 平均値로 부터의 偏差로서(標準偏差 3.7) 算出하여 確率圖紙에 表示한즉 그림 8 과 같은 直線으로 된다. 따라서 이 出力은 確實히 gauss 分布를 나타냄을 알 수 있으며 Random 信號임이 確證된다. 또 平均 level 은 零이 된다. 그런데 標本の 크기 n 가 大端히 크면 當然히 零이 되겠지만 有限個의 標本으로부터 推定하여 測定한 것이므로 測定誤差를 수반하게 된다. 그림 (c)는 poisson 矩形波를 微分比較器를 通過시킨 兩方向의 Random pulse 이며 이를 다시 絕對值要素를 通過시킨 것이 그림 (d)의 Random pulse 이다. 이는 付加的으로 計算機要素를 사용하여 얻은 것이다.

6. 結 論

- (1) 夜光塗料를 使用하였으므로 全然 위험성이 없었고, 放射線을 利用하여 大端히 간단하게 Random 信號를 얻을 수가 있었다.
- (2) Filter 의 遮斷周波數로서 出力의 Random 速度를 광

범위로 容易하게 變化시킬 수 있다.

- (3) 장치의 제작이 大端히 간단히 된다.
- (4) 2D21 싸이라트론을 사용하여 같은 Random 信號를 얻을 수 있었는데 이는 약간 복잡하였고 poisson 矩形波가 그림 4 와 같은 것은 얻기 어려웠다.

이 장치를 제작함으로써 情報理論 分野의 研究에 도움이 될 것으로 본다. 끝으로 이 研究에 있어서 많은 助力을 아끼지 않은 李炳賢, 洪勝弘君에게 感謝를 드린다.

參 考 文 獻

1. Y.W. Lee; Statistical Theory of Communication p.53, 221~224, 1963.
2. S. Goldman; Information Theory (譯版) p.117, 1953.
3. Korn & Korn; Electronic Analog Computer p.141~142, 1956.
4. 佐藤良一郎; 數理統計學 p.130, 208.
5. 日本電氣學會誌 Vol.86-6, p.844, 1964.
(1964年 8月 24日 接受)