

多次元스펙트럼解析을 利用한 騒音源의 檢出

(Identification of Noise Source by Multi-dimensional Spectral Analysis)

吳 在 應* · 金 光 植**
(J. E. Oh · K. S. Kim)

1. 緒 論

最近 各種 分野에서 環境保全이 問題化 되고 있으며 騒音制御問題에 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 이러한 騒音問題를 解決하기 위해서는 騒音을 發生하는 機械 혹은 裝置에 對策을 세우고, 騒音을 억제하는 것이 무엇보다도 가장 理想的이라고 할 수 있다. 一般的으로 各種 플랜트, 선박, 車輛機器 등은 많은 騒音源을 가지고 있으며 騒音問題는 먼저 問題가 되는 곳에 對策을 세워 發生源의 檢出, 즉 各 發生源으로부터 寄與量을 把握하는데 있다. 各 發生源의 寄與量을 正確하게 把握할 수 있다면 적절한 經濟적 인 對策을 수립하는데 도움이 된다.

從來에는 騒音發生源의 檢出은 시행 착오적인 手法에 依해 行하여졌지만 최근 수년간에 있어서 電子計算器에 依한 時系列 데이터處理技術의 進歩에 따라서 복잡한 騒音測定데이터에 포함되어 있는 情報를 抽出하여 利用할 수 있도록 되었다.

本 解說에서는 복잡한 騒音源解析에 多次元스펙트럼解析⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾을 利用한 寄與量推定法을 실제로 騒音問題에 適用할 수 있는 基本的이고 構体的인 컴퓨터프로그램作成要領에 對해서 叙述하고자 한다.

2. 데이터 處理技術^{(1), (4)}

騒音源의 檢出 및 寄與量推定の 一般的인 例

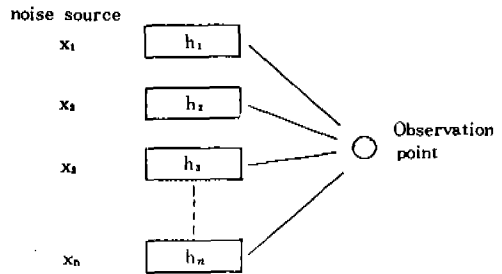


Fig. 1 Many noise sources.

로써 Fig. 1 에 나타내는 系를 생각한다. 여기서 各 騒音源은 自動車의 경우 실린더, muffler 타이 어부 등이고 플랜트의 경우에는 空氣壓縮器 및 送風器 등이며 선박의 경우는 디젤발전기 및 送風器 등을 들 수가 있다. 또한 觀測點은 一般的으로 同 레벨의 騒音이 問題가 되는 곳에서 測定하게 된다.

Fig. 1 에 表示한 觀測點의 騒音이 多數의 騒音源中에 主로 어떤 騒音源으로부터 傳達되었을까, 뿐만 아니라 各 騒音源에서 觀測點에 미치는 影響의 比率정도, 즉 寄與率을 알 必要가 있다. 이와 같은 寄與量의 推定은 各 機器가 單獨運轉할 때의 計測에 依해서도 可能하지만 自動車, 船舶 및 플랜트에서의 機器는 各 機器의 單獨運轉이 거의 不可能하게 되며, 多數의 機器가 同時에 運轉되어지는 狀況에서 各 機器로부터의 寄與量을 구하지 않으면 안되는 경우가 많다. 이 경우 다음과 같은 2가지 問題點이 있다.

(1) 計測點에 있어서 騒音은 多數의 騒音源으

* 漢陽大學校 機械工學科, 工學博士, 助教授

** 漢陽大學校 精密機械工學科, 工學博士, 教授

로부터 영향이 중복된다는 점.

(2) 騒音源으로 생각되어지는 各 機器의 運轉回轉數가 電源周波數 등의 關係로부터 同一하거나 또는 상당히 類似한 領域에 있을 경우

以上の 問題點을 解決하는 方法으로 다음에 記述하는 時系列統計解析을 應用한 多次元스펙트럼解析이 適用된다.

2.1 單一入力에 對한 單一出力線形系

時系列解析에 있어서는 定常不規則 信號의 特性을 記述하는 하나의 函數로서 다음에 表示하는 파워스펙트럼密度函數(Power Spectral Density Function; PSDF)가 利用된다.

$$S_{xx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[X_k(f \cdot T) X_k^*(f \cdot T)] \quad \dots\dots\dots(1)$$

단, E []는 기대치를 취하는 것을 意味한다. 여기서 $X_k(f \cdot T)$ 는 定常不規則過程 $\{X_k(t)\}$ 로부터 취한 標本記錄 $x_k(t)$ 의 有限($0 \leq t \leq T$) Fourier 變換을 意味하며 다음式으로 나타낼 수 있다.

$$X_k(f, T) = \int_0^T x_k(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

같은 方法으로 定常不規則 信號 $x(t)$, $y(t)$ 에 對해서는 相互파워스펙트럼密度函數(Cross-Spectral Density Function; CSDF)는 다음 式으로 定義된다.

$$S_{yx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} [X_k^*(f, T) Y_k(f, T)] \quad \dots\dots\dots(2)$$

여기서 $Y_k(f, T)$ 는 $Y_k(t)$ 의 有限 Fourier變換이다.

이들 2個의 PSDF의 性質에 對해서 알아보기 위해 周波數 f 에 있어서 $X_k(f, T)$, $Y_k(f, T)$ 를 式(3)에 나타낸 極座標式으로 表示하여 式(1), 式(2)에 代入하면 式(4)가 成立한다.

$$\left. \begin{aligned} X_k(f, T) &= \gamma_x(f) e^{j\theta_x(f)} \\ Y_k(f, T) &= \gamma_y(f) e^{j\theta_y(f)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} S_{xx}(f) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[\gamma_x^2] && ; \text{實數} \\ S_{yx}(f) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[\gamma_x \gamma_y e^{j(\theta_y - \theta_x)}] && ; \text{複素數} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

CSDF는 2個의 信號가 相互 無相關 關係를 나타낼 경우 0이 된다는 重要한 性質을 가지고 있으며 이 性質이 다음의 Coherence 函數의 基礎的인 理論이 된다. 이 性質을 알아보기 위하여 한쪽 信號 $x(t)$ 가 確定信號이고, 다른쪽 $y(t)$ 가 定常不規則信號일 경우, 즉 式(3)에서 $\gamma_{xx} = \gamma_x$, $\gamma_{yk} = \gamma_y$, $\theta_{xx} = \theta_k$ ($k=1, 2, \dots$)이고 同時에 位相 θ_{yk} 는 確率密度函數 $P(Q_y)$ 가

$$\left. \begin{aligned} P(\theta_y) &= \frac{1}{2\pi} (0 \leq \theta_y \leq 2\pi) \\ &= 0 (\theta_y < 0, \theta_y > 2\pi) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(5)$$

로 되고 均一分布로 表示되는 確率變數일 경우를 생각한다. 이때 CSDF의 推定值 $\hat{S}_{yx}(f)$ 는 式(2)로부터 유추되어지듯이 다음과 같은 式으로 表示할 수 있다.

$$\hat{S}_{yx}(f) = \frac{1}{qT} \sum_{k=1}^q X_k^*(f, T) Y_k(f, T) \quad \dots\dots\dots(6)$$

단, q 는 平均回數를 意味한다.

通常 式(3)에 있어서 有限 Fourier 變換은 高速 Fourier 變換(FFT)에 依해 연산되어진다. 또한 式(2)의 기대치 E []는 ergodic의 假定下에 式

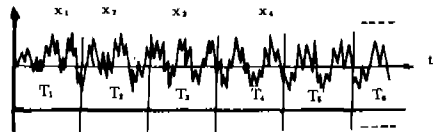


Fig. 2. Segment averaging.

(6) 및 Fig. 2에 表示한 部分分割平均法에 依해 近似되어진다. 먼저 表示한 CSDF는 一般的으로 複素數로 되지만 簡單하게 하기 위하여 그 절대치에 對해서만 생각하고 우선 平均回數 $q=2$ 의 경우를 알아보기 위해 다음 式이 얻어진다.

$$|\hat{S}_{yx}(f)_z| = \frac{\gamma_x \gamma_y}{2T} \sqrt{1 + \cos \epsilon} \dots\dots\dots (7)$$

단, $\epsilon = \theta_{y_1} - \theta_{x_1}$ 이고 이때 確率密度函数 $P(\epsilon)$ 는 式(5)와 같은 形態로 表示할 수 있다.

式(7)에 表示된 CSDF의 推定値의 절대치 $\hat{S}_{yx}(f)_z$ 의 確率密度函数과 分布函数을 Fig.3 (a).

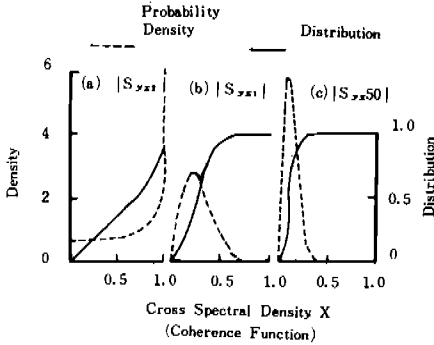


Fig. 3. Probability density and distribution of averaged cross spectral density.

에 나타낸다. Fig. 3에는 $q = 10$, $q = 50$ 인 경우의 推定値 $|S_{yx}(f)_{10}|$, $|S_{yx}(f)_{50}|$ 에 對한 確率密度函数과 分布函数을 함께 나타내고 있다. Fig. 4에는 平均回數 q 에 對한 推定値의 變化를 나

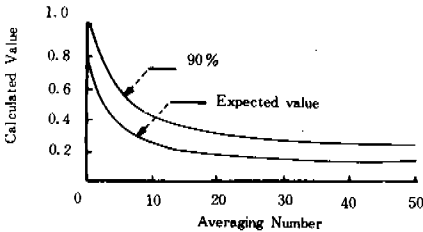


Fig. 4. Relation between averaged cross spectral density and number of averaging.

타내고 있다. 이와 같은 結果로부터 相互 相関이 없는 2個의 信號에 對한 PSDF가 $p \rightarrow \infty$ 의 極限을 생각함에 따라 0로 됨을 알 수 있다. 2개의 信號가 함께 定常的 不規則信號일 경우에도 相互無相関인 경우는 CSDF가 0이 된다.

寄與量 推定에 統計解析理論을 適用하기 위하여 Fig. 1에 表示한 系를 Fig. 5의 多入力 單一出力 線形系로 모델化한다. Fig. 5의 模型化에 있어서 $x_1(t), x_2(t), \dots, x_q(t)$ 는 q 個의 騒音源으로

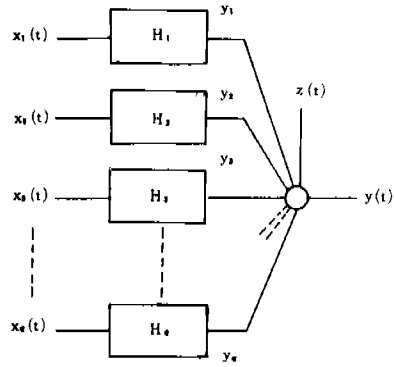


Fig. 5. Multiple input linear system.

計測되는 騒音데이터, 그리고 $z(t)$ 는 上記 q 個의 騒音源以外로부터 傳達되는 騒音이다. 또한 $H_1(f), H_2(f) \dots H_q(f)$ 는 各 騒音源으로부터 觀測點까지의 騒音傳達經路의 周波數應答函数이고 各 傳達經路는 線形으로 假定한다.

보통 우리들이 計測可能한 데이터는 $x_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, q$)와 $y(t)$ 만이고 騒音源에 있어서 計測되는 騒音 $x_i(t)$ 에는 먼저 叙述한 바와 같이 다른 騒音源으로부터 影響이 포함되어 있다.

Fig. 5의 모델은 相互相関이 있는 $x_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, q$)를 入力, $y(t)$ 를 出力, 또한 이들의 信號와 전혀 相関이 없는 雜音을 $z(t)$ 로 하는 “ q 入力 單一出力 線形系”이다. 따라서 寄與量推定問題는 이 모델에 있어서 各 入力 $x_i(t)$ 와 出力 $y(t)$ 만으로부터 系の 周波數應答函数을 推定하여, 더 욱이 入力 $x_i(t)$ 로부터 出力 $y(t)$ 에 的 寄與成分 $y_i(t)$ 를 推定하는 것에 歸着하게 된다.

2.1.1 單一入力·單一出力 線形系

Fig. 5의 多入力系를 論하기 前에 그 基本이 되는 單一入力, 單一出力 線形系 (Fig. 6)에 對해서 考察한다. 單一入力, 單一出力 線形系에 있어서 入力 $x(t)$ 와 雜音 $z(t)$ 의 사이에는 相関이 없었다고 하면 入出力間의 PSDF에는 다음과 같은 關係가 成立한다.

$$S_{yx}(f) = H(f) S_{xx}(f) \dots\dots\dots (8)$$

이때 OCF $\gamma_{yx}^2(f)$ 는 다음式으로 定義된다.

$$\gamma_{yx}^2(f) = \frac{|S_{yx}(f)|^2}{S_{xx}(f) S_{yy}(f)} \quad (0 \leq f < \infty) \dots\dots(9)$$

이 OCF의 物理的意味을 알아보기 위해 우선 雜音 $z(t)$ 가 存在하지 않는 경우를 생각하면 式(8), (9)로부터

$$\gamma_{yx}^2(f) = \frac{|H(f)|^2 S_x^2(f)}{S_{xx}(f) |H(f)|^2 S_{xx}(f)} = 1$$

가 얻어진다. 따라서 理想的인 單一入力, 單一出力 線形系에 對한 OCF는 1이다. 또한 入出力間에 어떤 傳達函數도 存在하지 않는 無相關일 경우에는 前述한 原理로부터 그 CSDF $S_{yx}(f)$ 가 0로 되고 OCF도 0로 된다.

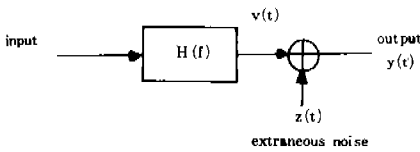


Fig. 6. Single input linear system.

마지막으로 Fig. 6에 나타내는 出力端에 附加雜音이 存在하는 一般的인 경우를 생각하면, 入力 $x(t)$ 와 雜音 $z(t)$ 의 CSDF $S_{xx}(f)$ 가 0로 되는 것을 利用하여 다음 式이 얻어진다.

$$\gamma_{yx}^2(f) = \frac{S_{vv}(f)}{S_{vv}(f) + S_{xx}(f)} \quad (0 < \gamma_{yx}^2 < 1) \dots\dots(10)$$

따라서, $x(t)$ 가 어떤 하나의 騒音機器에서 發生되는 騒音이고 $z(t)$ 를 그 以外의 機器로부터 發生되는 騒音 또는 陪騒音(background noise)으로 생각하면 OCF $\gamma_{yx}^2(f)$ 는 觀測點에 있어서 騒音의 파워중에서 $x(t)$ 가 되는 騒音을 發生하는 機器로부터 傳達되어 오는 騒音의 파워의 比率, 즉 寄與率을 나타낸다.

2.1.2 多入力·單一出力 線形系

單一入力, 單一出力系 모델에 있어서 入出力間의 關係式인 式(8)과 같은 關係가 多入力 單一出力系에 對해서도 Matrix表示를 利用함으로써 다음式이 얻어진다.

$$\vec{S}_{yx}(f) = S_{xx}(f) \vec{H}(f) \dots\dots\dots(11)$$

여기서 $\vec{S}_{yx}(f) = [S_{y1}(f), S_{y2}(f), \dots, S_{yq}(f)]^T$

$$\vec{H}(f) = [H_1(f), H_2(f), \dots, H_q(f)]^T$$

$$S_{xx}(f) = \begin{bmatrix} S_{11}(f), S_{12}(f), \dots, S_{1q}(f) \\ S_{21}(f), S_{22}(f), \dots, S_{2q}(f) \\ \vdots \\ S_{q1}(f), S_{q2}(f), \dots, S_{qq}(f) \end{bmatrix}$$

단, T는 轉置를 나타내는 첨자이다. 上式은 出力端의 附加雜音의 有無 및 入力間의 相關性 有無에 따라 成立하는 關係이다. 따라서 $\vec{S}_{yx}(f)$, $S_{xx}(f)$ 는 直接 推定可能하기 때문에 式(11)을 $\vec{H}(f)$ 에 關하여 q 元 1次連立方程式으로 생각하여 $\vec{H}(f)$ 에 關하여 풀면 各 傳達經路의 周波數 應答函數 $\vec{H}(f)$ 를 推定 可能하다.

따라서 各 騒音源間에 相互 影響이 存在하지 않는 경우, 즉 入力 $x_i(t)$ 가 相互 無關係일 경우는 各 騒音源으로부터 騒音寄與量 $C_i(f)$ 는 다음 式으로 나타낼 수 있다.

$$C_i(f) = |H_i(f)|^2 S_{xixi}(f) \quad (i=1, 2, \dots, q) \dots\dots(12)$$

그러나 入力間에 相間이 있는 경우, 즉 騒音源 i 에 있어서 計測되는 騒音 $x_i(t)$ 의 PSDF $S_{xixi}(f)$ 가 騒音源 i 以外的 騒音源으로부터 傳達되어 온 騒音의 成分도 包含하고 있는 一般的인 경우에는 式(12)는 옳지 못하다.

여기서 他的 騒音源으로부터 影響을 除去하기 위하여 residual確率過程의 概念을 導入하게 된다. 지금, 2個의 相關이 있는 定常不規則 信號 $x(t), y(t)$ 를 생각할 때 $y(t)$ 의 residual確率變數 $\Delta y(t)$ 는 다음式으로 定義된다.

$$\Delta y(t) = y(t) - \int_0^\infty h_o(\tau) x(t-\tau) d\tau \dots\dots\dots(13)$$

단, $h_o(\tau)$ 는 $x(t)$ 를 入力, $y(t)$ 를 出力으로 고려할 때의 임펄스應答函數이다.

즉, residual確率變數 $\Delta y(t)$ 는 信號 $y(t)$ 로부터

터 $x(t)$ 와 相關이 있는 成分을 選 것이 되며, 바꿔 말하면 信號 $y(t)$ 만으 고유한 成分을 意味한다. 다음에 式 (13)에 表示된 residual 確率變數 $\Delta y(t)$ 의 residual PSDF 를 Wiener-Khinchine의 定理를 利用하여 求하면

$$S_{\Delta y \Delta y}(f) = S_{yy}(f) \cdot x(f) \\ = S_{yy}(f) [1 - \gamma_{yx}^2(f)] \dots \dots \dots (14)$$

가 얻어진다. 더우기 寄與量推定問題에 適用을 생각하기 위하여 Fig. 7에 表示한 2入力 1出力

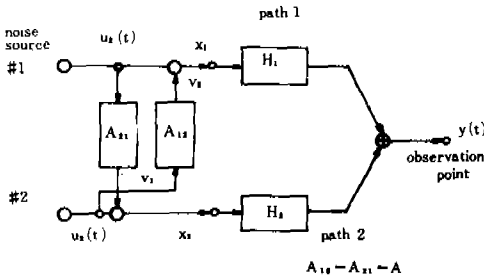


Fig. 7. Model of two-input linear system.

線形系를 생각하여 入力 $x_1(t)$, $x_2(t)$ 의 residual PSDF를 求하면 式 (14)로부터 다음과 같은 關係를 얻을 수 있다.

$$S_{11..2}(f) = S_{11}(f) [1 - \gamma_{11}^2(f)] \\ S_{22..1}(f) = S_{22}(f) [1 - \gamma_{22}^2(f)]$$

단, $\gamma_{11}^2(f) = \gamma_{12}^2(f)$

$$= \frac{|S_{2221}(f)|^2}{S_{x1x1}(f) \cdot S_{x2x2}(f)}$$

Fig. 7의 系에서 騒音源의 傳達經路 $A_{12}(f)$, $A_{21}(f)$ 중 한쪽이 存在하지 않는 경우는 騒音源에서 發生하는 騒音의 PSDF와 residual PSDF는 一致한다. 例를 들어, Fig. 7의 系에서 $A_{21}(f)$ 가 存在하지 않는 경우를 생각하면

$$S_{u1u1}(f) = S_{11..2}(f)$$

로 된다. 그런데 사실상 上記한 一方通行의 傳

達經路는 생각할 수 없으며 一般的으로 residual PSDF와 各 騒音源이 發生하는 騒音의 PSDF와는 一致하지 않는다. 더우기 計測可能한 各 騒音源의 騒音 PSDFS_{ii}(f) (i=1, 2, ..., q)는 前述한 바와 같이 他의 騒音源으로부터 傳達되어 오 는 成分을 包含하고 있는 것을 고려하면 다음의 부등식이 成立한다.

$$S_{11..q}(f) \leq S_{u1u1}(f) \leq S_{11}(f) \\ S_{22..1}(f) \leq S_{u2u2}(f) \leq S_{22}(f)$$

이와 같은 부등식은 residual PSDF로부터 各 騒音源의 發生하는 騒音PSDF를 완전하지는 않지만 어떤 幅을 가지고 推定 可能하다는 것을 意味한다.

또한, 1入力系에 있어서 定義된 OCF의 확장으로써 Multiple Coherence Function(MCF) γ_{yx}^2 , Partial Coherence Function(PCF) γ_{y1}^2 , $\gamma_{y2}^2, \dots, \gamma_{yq}^2$ 가 유도되는데 이 유도과정은 參考文獻 (4)를 참조하기로 하고, 그 定義에 對해 서만 간단히 나타내면 다음과 같다.

$$\gamma_{y;x}^2(f) = \frac{\sum_{i=1}^q H_i(f) S_{iy}(f)}{S_{yy}(f)} \dots \dots \dots (15) \\ \gamma_{y1}^2, \gamma_{y2}^2, \dots, \gamma_{yq}^2(f) \\ = \frac{S_{y1..1, 2, \dots, q}(f)^2}{S_{11..1, 2, \dots, q}(f) S_{yy..1, 2, \dots, q}(f)} \dots \dots \dots (16)$$

위의 定義에 依해 類推할 수 있듯이 前者의 MCF은 出力 $y(t)$ 의 파워 中에서 모든 入力 $x_i(t)$ 로부터 傳達되는 파워의 比率를 나타내고 있다. 또한 PCF은 入出力의 residual 確率過程에 있어서 OCF로 생각되어지며 各 入力 $x_i(t)$ 와 出力 $y(t)$ 間의 傳達要素의 線形性狀態를 나타내는 것이 된다.

2.2 寄與量 推定法

前節에 있어서 多入力 單一出力 線形系에 있어서 時系列統計 解析理論의 개략을 說明하였는데, 本節에서는 寄與量 推定問題에의 適用에 對

해서 說明하고자 한다.

2.2.1 寄與量의 定義

寄與量推定值로서는 다음 2가지 定義가 생각되어진다.

(1) 一般의인 寄與量 CP_i(f)

一般의인 寄與量은 觀測點의 騒音 PSDF에의 各 騒音源에 있어서 騒音 x_i(t)로부터 寄與量이며 다음式으로 定義한다.

$$CP_i(f) = \sum_{j=1}^q H_j^*(f) \cdot H_i(f) S_{jj}(f) \quad (i, j=1, 2, \dots, q, i \neq j) \dots\dots\dots (17)$$

(2) residual 寄與量 CR_i(f)

residual 寄與量은 各 騒音源에 있어서 計測되는 騒音 x_i(t)의 residual 確率過程 Δx_i(t)로부터 觀測點에의 寄與量이고 residual PSDF에 依해 다음式으로 定義된다.

$$CR_i(f) = H_i^*(f) \cdot H_i(f) S_{\Delta x_i, \Delta x_i}(f) \dots\dots\dots (18)$$

단, *은 共軛複素數를 意味한다.

式 (16)으로부터 알 수 있듯이 2個의 寄與量은 各 騒音源으로부터 騒音 PSDF 寄與推定值의 上下限이 주어진다. 따라서 一般의인 寄與量과 residual 寄與量을 推定하던것에 依해 完全하지는 않지만 어느정도 幅을 가지고 寄與量을 推定할 수 있도록 된다.

2.2.2 寄與量 推定法

上術의 關係式을 利用하여 各種 推定值(周波數應答函數, OCF)를 計算하여 一般의인 寄與量 혹은 residual 寄與量을 推定하는 順序를 Fig. 8의 flow chart에 나타낸다.

寄與量의 推定順序에 對해서는 다음에 表示하는 3가지의 判斷項目에 注意할 必要가 있다.

(1) 入出力間의 OCF

多入力系 모델로부터 推定計算을 하기 前에 各 騒音源과 觀測點間을 1入力 1出力 線形系로 간주하고 그 사이의 OCF γ_{y_i}(f)를 推定한다. 그 結

果 γ_{y_i}(f)가 상당히 적은 경우에는 騒音源 i의 觀測點에 對한 寄與가 작다고 생각되어지기 때문에 多入力系 모델의 入力으로부터 騒音源 i를 除去한다.

(2) 入力間의 OCF

各 騒音源間을 1入力 線形系로 간주하고 그 사이의 OCF γ_{x_ix_j}(f)를 計算한다. 그 結果 γ_{x_ix_j}(f)가 1에 近似한 값을 가지는 경우, 어느쪽인가 한쪽의 騒音源을 多入力系 모델의 入力로부터 除去하고 이들 2個의 騒音源을 하나의 騒音源으로 代替한다.

(3) MCF

推定된 MCF γ_{y_ix}(f)가 상당히 적은 값을 나타내는 경우에는 現在 對象으로 하는 騒音源으로부터 寄與가 작고, 그 外에 寄與가 큰 騒音源이 存在한다고 생각할 수 있다. 따라서 이와 같은 寄與가 큰 驅音源을 發見하여 多入力系 모델의 入力에 追加할 必要가 있다.

上記 3가지의 判斷項目에 있어서 (1), (2)는 計算時間의 短縮과 計算精度의 向上을 도모하는데 필요한 절차이다. 또한 (3)은 寄與가 큰 騒音源을 빠뜨릴 위험을 防止하기 위해서도 必要하다.

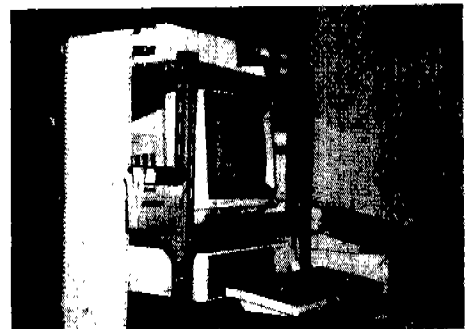


Fig. 9. Data processing system for noise control testing.

以上의 節次에 따른 寄與量 推定프로그램을 Fig. 9에 表示한 데이터處理장치를 利用하여 개발하였다⁽⁴⁾.

本 裝置는 FFT機能을 가진 Micro-computer를 베이스로 한 데이터處理裝置이고, 寄與量 推定프로그램 등의 時系列解析에는 最適한 裝置이다. 뿐만 아니라 開發한 寄與量 推定프로그램은

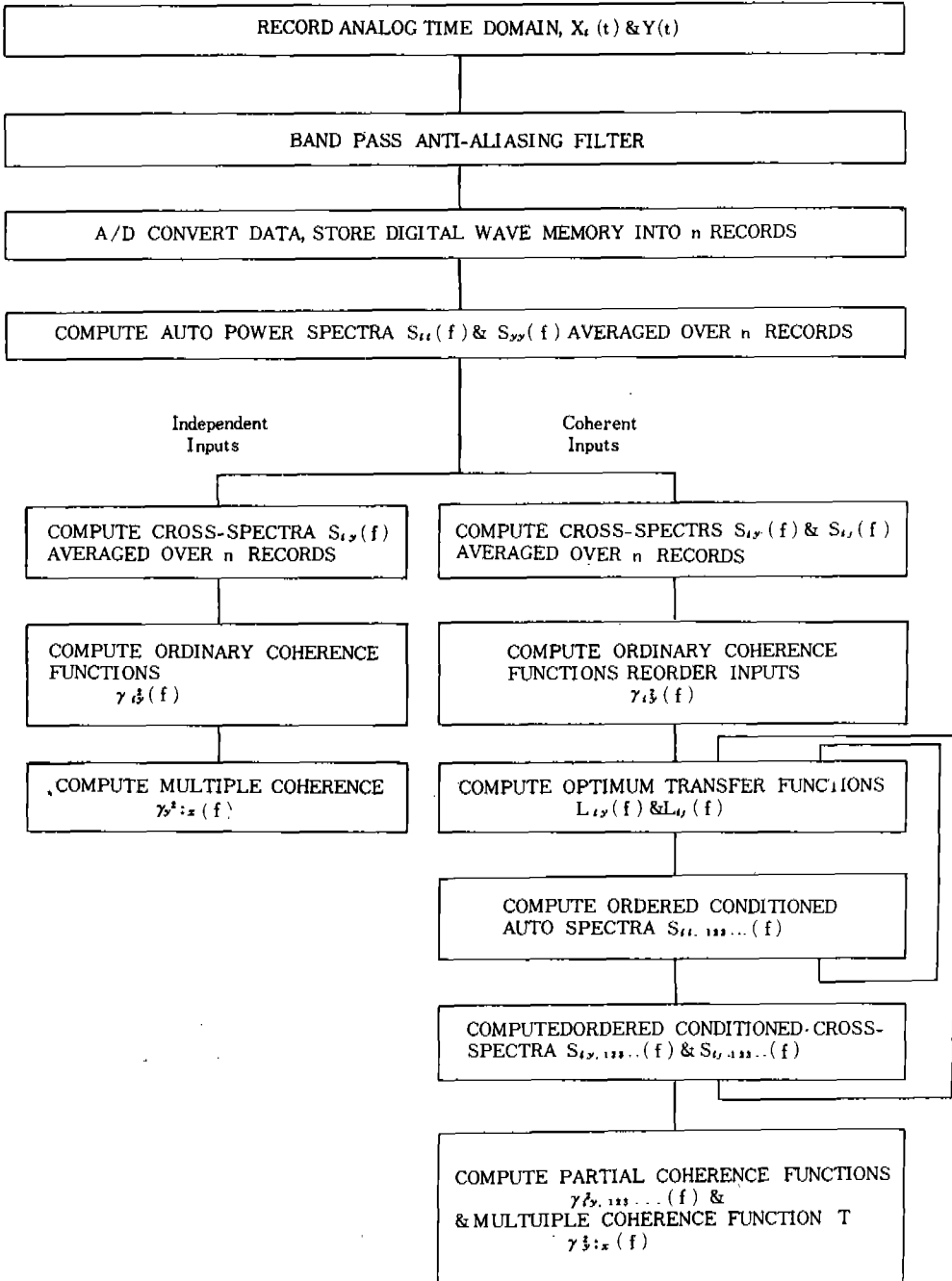


Fig. 8. Data analysis flow chart

데이터記錄計에서 同時に 記錄하여 騒音源 및 觀測點에 있어서 騒音데이터를 對象으로 하여 A/D變換器에 依한 data acquisition으로부터 結果의 display 및 plotting 까지 대화 형식으로 on-line化하여 간단하고 편리하도록 開發되었다.

3. 現場의 振動·騒音問題에의 應用

以上 開發된 寄與量推定法(多次元 解析法)을 實際로 現場의 振動·騒音問題에 適用한 몇가지 例를 다음에 表示한다.

3.1 低周波振動·騒音 調査

最近 低周波 振動 및 騒音에 依한 가옥, 特別 창문 및 문풍지 등이 建物과 人體에 미치는 影響이 새로운 公害問題로 대두되고 있다.

1973년 파리에서 超低周波에 關한 國際會議가 개최되어 超低周波音(infra sound)은 0.1Hz에서 20Hz까지의 周波數範圍의 音으로 定義되었다. 一般적으로 可聽音이라고 불리우는 音은 20Hz에서 20kHz까지의 周波數이기 때문에 이들의 音은 人間의 귀에 느끼지 못한다. 그러나 이와 같은 超低周波音으로부터 높은 周波數에서도 公害를 發生하고 있기 때문에 超低周波音을 包含하여 30~40Hz까지의 音을 一般적으로 低周波音이라 부르고 있다. 이 周波數領域의 音에 對한 發生源으로서는 自然現象中에서도 몇가지 存在하지만 各種 플랜트內의 機械, 一般産業裝置 및 自動車의 車體 또는 엔진의 騒音도 거의가 이들의 振動·騒音源에 해당한다.

實際로 플랜트부지 경계의 주변에 低周波音이 問題가 되는 경우 前述한 바와같이 多數의 해당 機械類가 稼動되고 있는 狀態에서 調査하지 않으면 안된다. 따라서 低周波音을 發生하고 있는 音源을 探索하는 것은 極히 곤란한 問題이다. 特別 플랜트內의 機械가 同一한 周波數로써 같은 정도의 레벨을 가진 音을 發生하는 경우 등은 通常의 方法으로 檢出하는 것은 不可能하다. 그러나 이 경우 上記의 手法을 利用하는 것에 依해 機械를 停止시키지 않고도 音源을 檢出할 수 있다고 생각된다.

3.2 소형승용차內의 騒音診斷에 應用

多次元스펙트럼解析을 소형승용차에 應用한 경우 車內 騒音의 主要原因을 把握하는데 有効한 手法이라는 것이 알려져 있다. 特別 車內 騒音寄與別 傳達特性解析 모델로써 多人力 1出力 線形系를 고려한다. 즉 入力으로서는 엔진 room音, tire rear, 天井 panel 振動, 車바닥 panel 振動을, 그리고 出力로서는 운전석에 앉은 狀態에서 귀의 높이에 音을 選定하였다. 이와 같은 各 入力과 出力의 OCF를 구하게 되며 이에 따라 入力이 出力에의 寄與關係를 알아보게 된다. 만약 入力間에 OCF가 1.0에 近似하다면 어느 한쪽의 入力を 入力源으로부터 제외시킴에 따라 이들 2個의 入力源을 하나의 入力源으로 代替한다.

이와같은 소형승용차 운전좌석에서의 騒音源 診斷에는 人間에 對한 振動의 感覺補正量으로서 ISO 2631의 全身振動에 對한 補正曲線을 利用한다. 도로가 좋은 狀態에서 問題가 되는 周波數는 7Hz~22Hz의 領域이라고 알려져 있다. 特別 운전석 上下方向의 振動은 우측 front spring 밑의 上下振動의 寄與가 가장 큰 것으로 알려져 있다.

한편 自動車와 같은 傳達特性이 複雜한 騒音·振動問題에 이와같은 多入力線形系 모델을 適用하는 것은 엄밀히 말해서 무리한 점은 몇가지 存在할지 모르나 複雜한 系를 極히 간단한 모델로 假定하여 그 傳達特性, 寄與率 등을 개략적으로 파악해 가는 것은 工學上, 나아가서는 防音·防振設計上 有用한 것으로 생각되어 진다.

3.3 船舶의 振動·騒音源의 探索

船內의 居住區의 騒音에 對해서는 總 ton數 300 T을 넘는 船舶의 선원거실의 騒音레벨의 H標値는 55 dB(A)로 하고 各 造船所는 船舶을 設計하는데 있어서 이 目標値에 近似하도록 義務化되어 있다. 그러나 現 段階의 技術上 問題로부터 당면한 總 ton數 20000 T以上 65 dB(A), 65000 T以上 60 dB(A)의 規制가 適用되고 있다.

이와같은 狀況에 대처하기 위해서는 船內居住區의 騒音低減化에 對한 여러가지 對策研究를 실시하고 있다. 船內에는 駆動源, 動力源 및 環境

保全機器로써 主機 및 그 補助機, 프로펠러, 디이젤發電機, 汽罐室 通風機 등 各種 機器가 탑재되어 있고 이들 機器로부터 發生하는 振動 및 騒音이 固體傳播 및 空氣傳播하여 居室에 騒音으로 된다. 또한 船内에는 鋼板에 依해서 傳播 經路가 상당히 複雜하고 各 機器의 寄與를 把握하기가 곤란하다.

騒音對策上 이들 機器의 居室騒音에 對한 寄與를 把握하는 것은 상당히 重要하지만, 上記의 理由 등으로부터 各 機器의 居住區騒音에 對한 寄與에 對해서 잘 알려지지 않은 實情이다. 여기서 騒音對策의 일환으로써 어느 주목하는 居室騒音에 各 機器의 寄與量에 對해서 上記의 OCF를 適用하여 구함으로써 各 騒音源의 寄與度를 算出해 낼 수 있다.

4. 結 論

環境保全問題는 現在 및 將來에 있어서 絶실한 問題이다. 騒音·振動公害는 꼭 人間에게 치명적인 것이 아니라 할지라도 日常生活을 直接적으로 沮害하는 것은 事實이다. 多數의 機器로부터 構成된 플랜트류, 船舶, 車輛 등의 振動 및 騒音의 對策을 세우는 경우, 各 機器의 寄與量을 把握할 수 있다면 目標의 半以上은 達成하였다고 말하여도 과언이 아닐 것이다. 自動車의 振動·騒音問題는 하나의 機器만이 아니라 몇개의 機器가 관련되는 경우가 많다. 또 各各의 機器를 單獨으로 運轉할 수 있는 경우는 드물며 發

生源의 寄與量은 稼動狀態에 있어서 구하지 않으면 안되는 경우가 많다. 따라서 이와 같은 경우에 보다 信賴性 높은 데이터處理를 위한 計測 및 制御 시스템의 開發이 必要하다고 생각되기 때문에 騒音源의 寄與量 推定 手法으로써 residual 確率過程의 概念을 導入한 寄與量推定手法이 상당히 有効하다고 判斷된다. 이들 推定 計算은 Micro-computer 로써 데이터處理가 可能하고 比較的 간단히 수행할 수 있는 것으로서 앞으로 더욱 더 넓은 範圍에 擴大되어 갈 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- (1) J. S. Bendat & A. G. Piersol, Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis (1980).
- (2) J. E. Oh et. al, Identification of Impact Noise for Rectangular Box by using Multi-dimensional Spectral Analysis. JSME, Vol., 49 (447), (1983).
- (3) M. J. Crocker et. al, Measurement of Frequency Responses and the Multiple Coherence Function of the Noise-Generation System of a Diesel Engine, JASA, Vol., 58 (3), (1975).
- (4) J. E. Oh, Applications of Multi-Dimensional Spectral Analysis for Noise Source Identification on Mechanical Structures, Thesis of Doctor Eng. Tokyo Institute of Technology (1983).