超音波 홀로그램의 디지털處理에 依한 立體物體의 分離再生 (Ⅱ)

孫 珍 鉉

Separated Reconstruction of Images from Ultrasonic Holograms with Tridimensional Object by Digital Processing (Ⅱ)

Son, Jin-Hyeon

〈目 次〉

Abstract
1. 序 論
2. 分離再生에 關한 理論
1) 두 物體에 關한 回折式
2) 分離再生式
(i) 聯立式에 依한 再生
(ii) 近似式에 依한 再生
3 데이터의 收集과 디지털 處理에 依한 再生像
4. 結 論
參考文獻

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

Abstract

There is mostly the tridimensional object in many application of ultrasonic holography such as the non-distructive testing and the ultrasonic diagnosis.

But the digital reconstructed image from hologram by tridimensional object is displayed in the plane to overlap with unwished images. Therefore, saparated reconstrution of the image is required in the considered part of the tridimensional object.

A paper equals to this theme was proposed recently, in that paper, separated reconstruction of images were obtained, by means of operation. from two tilted holograms in unequal angles, and another operation, the transfomation of hologram.

But in those method, it was required of much time for acquisition of two holograms data, and for operation of the transformation of hologram.

This paper proposed another three methode for the separated reconstruction of the image from a hologram where the hologram is obtained multi-diffraction by the tridimensional obgect.

Those methode are also assumed to have linearity, and used the convolution theorem.

A method is elimination of unwished image from simultaneous equations for the diffraction.

And another methods are obtained the image by the approximation of the diffraction equation.

Illustrated here are resonable result of separated reconstruction of images from one hologram by the tridimensional object.

1. 序 論

超音波 홀로그레피는 物體의 再生像이 그 物體의 形狀을 잘 復元하는 理由로 非破檢査[1-3], 超音波波診斷, 海底調査 等 많은 應用面에 研究가 進行中이다. 더욱히 超音波 홀로그레피는 高感度인 變換素子를 使用하여 走査方法으로 計算機에 依하여 데이터를 收集하고, 또 디지털 處理를 하여 再生하고, 畵像工學을 適用하므로써 畵質의 改善도 可能하다.

超音波 홀로그램의 디지테 處理에 依한 再生은 二次元的인 面으로 디스플레이 되면 不必要한 層의 像도 겹쳐져 再生되므로 前記한 實際應用面에서는 그 對象物體가 立體的인 物體이므로 考慮하는 層만이 分離되어서 再生하는 것이 要求된다.

立體物體의 分離再生에 關하여 多重回折에서의 線形關係를 假定하고, 서로 다른 任意角으로 傾斜한 두 쌍의 홀로그램을 演算하여 보다 分離性이 좋은 再生像을 얻은 것은 이미 發表[4]하였어나, 이 경우 두 쌍의 홀로그램의 데이터를 收集하거나, 혹은 한 쌍의 홀로그램에서 다른 角度로 傾斜한 다른 한 쌍의 홀로그램으로 變換하는 演算과, 또 두 쌍의 홀로그램에서 再生을 爲한 演算等, 데이터의 收集時間 및 計算機 處理時間이 긴 缺點이 있어 實時間 分離再生에 問題點이 되었다.

本 論文에서는 立體物體에 依한 多重回折에서 얻어진 한 쌍의 홀로그램 만으로써, 線形性과 컨볼류션(convolution)의 定理를 利用하여 回折에 關한 두 職立式을 誘導하고, 不必要한 像을 除去하는 演算法과, 回折에 關한 近似式을 利用하여 考慮하는 層의 像을 再生하는 두 演算法 等의 三方法의 分離 再生法과 이들의 演算式에 依하여 얻어진 良好한 再生像을 나타내었다.

2. 分離再生에 關한 理論

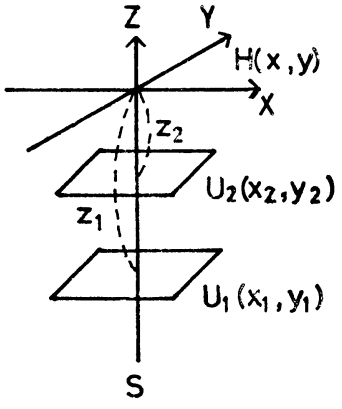


Fig.1. Geometry for hologram by tridimensional objets
U_1 & U_2 illustrate objects, S & H, ultrasonic source and hologrm.

1) 두物體에 關한 回折式

그림 1과 같이, 點波源 S에서 超音波의 高周波 펄스가 發射하여 第一平面物體 U_1에서 回折하고, 다시 第2平面物體 U_2에서 二次回折을 한 波面이, 홀로그램面인 xy面에 到達하면, 이 面에서 홀로그램의 데이터를 收集한다.

그림 1에서 U_1과 U_2는 S에서 發射한 球面波의 進行方向(垂直線인 Z軸)에 對하여 直角으로 놓여 있다. U_1과 U_2의 中心과 S는 Z軸上에 있어며, 各 物體에서 各各 Z_1 및 Z_2인 距離에 있는 홀로그램의 面도 物體와 平行이다. 物體 U_1, U_2 및 홀로그램 H의 各 座標를 各各 (x_1, y_1), (x_2, y_2) 및 (x, y)라 한다.

dCollection

物體 U_1이 單獨으로 存在하는 경우의 一般的인 回折式은 다음의 (1)式과 같고, 이 式은 콘보류숀의 積分式임으로 (2)式과 같이 表示되고, 다시 (2)式은 큰보류쇼의 定理에 依하여 (3)式으로 나타낸다.

$$H_1(x,y)=\frac{\exp(jkz_1)}{j\lambda z_1}\iint_{-\infty}^{\infty}U_1(x_1,y_1)\ \exp\left\{j\frac{k}{2z}[(x-x_1)^2+(y-y_1)^2]\right\}dx_1\ dy_1 \quad \cdots\cdots(1)$$

$$H_1(x,y)=g_1(x,y)*U_1(x,y) \quad \cdots\cdots(2)$$

$$F[H_1]=F[g_1]\cdot F[U_1]=G_1\cdot F[U_1] \quad \cdots\cdots(3)$$

上式中 $H_1(x,y)$는 홀로그램의 데어터이고 $U_1(x_1,y_1)$은 物體 U_1의 情報이며, 再生時의 物體의 像이 된다. k는 波數($k=\frac{2\pi}{\lambda}$, λ는 超音波의 波長)이고, F[ ]는 푸리(Fourier) 變換을 나타낸다. 임펄스(impulse) 應答인 g_1과 g_1의 傳達函數 G_1은 x 및 y 方向의 各 空間周波數를 $f_x=\frac{x}{\lambda z_1}$, $f_y=\frac{y}{\lambda z_1}$라 하면, 各各 다음의 (4) 및 (5)式이 된다.

$$g_1(x,y;x_1,y_1)=\frac{\exp(jkz_1)}{j\lambda z_1}\exp\left\{j\frac{k}{2z_1}[(x-x_1)^2+(y-y_1)^2]\right\} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$G_1(f_x,f_y)=F[g_1(x,y)]=\exp(jkz_1)\exp[-j\pi\lambda z_1(f_x^2+f_y^2)]\exp\{-j2\pi(f_1x+f_yy)\} \quad \cdots\cdots(5)$$

한편 遠距離인 경우의 回折式은 다음 (6)式과 같다.

$$H_1(x,y)=\frac{\exp(jkz_1)}{j\lambda z_1}\exp\left[j\frac{k}{2z_1}(x^2+y^2)\right]\iint_{-\infty}^{\infty}U_1(x_1,\ y_1)\ \exp\left[-j\frac{k}{z_1}(xx_1+yy_1)dx_1dy_1\right] \quad \cdots\cdots(6)$$

(6)式에서 積分의 前項을 $q_1(x,y)$라 하고, 또 上記한 波數(k)와 空間周波數(f_x,f_y)의 關係式으로 式中의 積分項은 $U_1(x_1,y_1)$의 푸리 變換이 되여, (6)式은 다음의 (7)式이 된다.

$$H_1=q_1\cdot F[U_1] \quad \cdots\cdots(7)$$

以上의 關係式들은 物體 U_1이 單獨으로 存在하는 경우에 成立하므로 U_2에 該當하는 各式은 添字 1代身에 2를 取한 것이 되고, (3) 및 (7)式은 다음의 (8) 및 (9)式과 같이 된다.

$$F[H_2]=F[g_2]\cdot F[U_2]=G_2\cdot F[U_2] \quad \cdots\cdots(8)$$

$$H_2=q_2\cdot F[U_2] \quad \cdots\cdots(9)$$

U_1 및 U_2의 두 物體가 共存하는 경우에는 線形性을 適用하여 다음의 (10) 및 (11)式으로 나타낸다.

$$F[H]=F[H_1]+F[H_2]=G_1\cdot F[U_1]+G_2\cdot F[U_2] \quad \cdots\cdots(10)$$

$$H=H_1+H_2=q_1\cdot[U_1]+q_2\cdot F[U_2] \quad \cdots\cdots(11)$$

2) 分離再生式

(i) 職立式에 依한 再生

(10) 및 (11)式의 職立으로 $F[U_2]$ 혹은 $F[U_1]$을 消去하여 $F[U_1]$ 혹은 $F[U_2]$를 求하고, 다시 푸리 逆變換(F^{-1}[ ])을 하면, U_1 및 U_2는 다음의 (12) 및 (13)式이 된다.

$$U_1=F^{-1}\left[\frac{q_2\cdot F[H]-G_2\cdot H}{G_1\cdot q_2-G_2\cdot q_1}\right] \quad \cdots\cdots(12)$$

dCollection

$$U_2=F^{-1}\left[\frac{q_1\cdot F[H]-G_1\cdot H}{G_2\cdot q_1-G_1\cdot q_2}\right] \quad \cdots\cdots(13)$$

(ii) 近似式에 依한 再生

(9)式의 H_2를 H로 近似식혀 얻은 $F[U_2]$를 (10)式에 代入하여 U_1을 求하고, 같은 方法으로 (7)式의 H_1을 H로 近似식혀 얻은 $F[U_1]$을 (10)式에 代入하여 U_2를 求하면 다음의 (14) 및 (15)式이 된다.

$$U_1=F^{-1}\left[\frac{q_2\cdot F[H]-G_2\cdot H}{G_1\cdot q_2}\right] \quad \cdots\cdots(14)$$

$$U_2=F^{-1}\left[\frac{q_1\cdot F[H]-G_1\cdot H}{G_2\cdot q_1}\right] \quad \cdots\cdots(15)$$

以上의 方法을 逆으로 (8)式의 $F[U_2]$와 (3)式의 $F[U_1]$을 各各 (11)式에 代入하여 U_1 및 U_2를 求하면 다음의 (16) 및 (17)式이 된다.

$$U_1=F^{-1}\left[\frac{G_2\cdot H-q_2\cdot F[H]}{G_2\cdot q_1}\right] \quad \cdots\cdots(16)$$

$$U_2=F^{-1}\left[\frac{G_1\cdot H-q_1\cdot F[H]}{G_1\cdot q_2}\right] \quad \cdots\cdots(17)$$

(12)~(17)式의 各 U_1 및 U_2를 自乘平方根을 取하여 强度로써 再生像을 얻는다.

3. 데이터의 收集과 디지털處理에 依한 再生像

本實驗의 全課程은 그림 2와 같고, 홀로그램의 데이터 測定, 收集製置 및 各種 電子制御回路는 "어려이 受信器에 依한 超音波 홀로그램으로 像의 디지테再生"[5]에서 實行한 것과 같다.

그림 2에서 超音波 홀로그램의 데이터 測定裝置의 略圖는 그림 1과 같고, 여기서 物體로 부터의 回折波를 홀로그램 面에서 어레이 受信器가 受信하고, 電子的인 參照에 依하여 同期檢波를 한다.

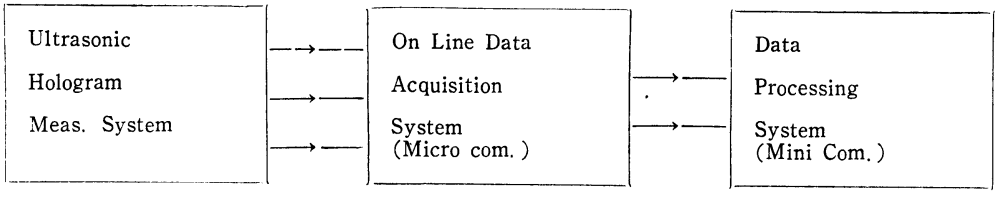


Fig. 2. Bloch diagram of the whole system for ultrasonic holography.

檢波된 信號는 複素振幅인 홀로그램의 데이터가 되며, 그림 2의 마이크로 計算機와 온라인으로 A/D 變換을 하고 收集한다. 디지털化한 이 데이터는 디스크에 記憶된 狀態에서 處理하거나 保存을 爲하여 PT에 옮긴다.

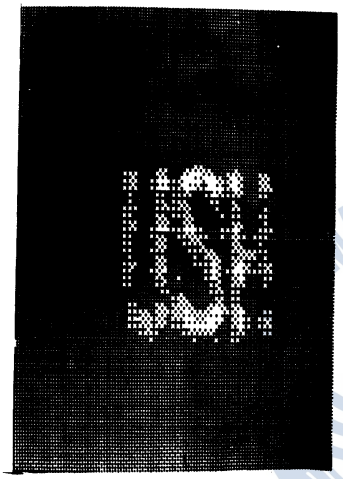
그림 1에서 $Z_1=-200$mm, $Z_2=-150$mm이고, 波源 S에서 홀로그램의 中心까지는 430mm이다.

送信子는 두께 0.5mm 直徑 3mm인 시레믹스(ceramics) 振動子이고 여기서 펄스 幅 8μsec인 周波數 4,2863MH_z($\lambda=0.345$mm)의 超音波 펄스를 8msec의 周期로 發射한다.

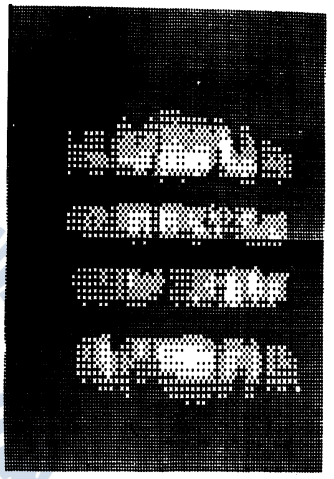
dCollection

어레이 受信器는 送信子와 같은 시레믹스 振動子를 幅 1.8mm 길이 2.1mm인 受信子 32個를 中心間隔 2mm로 配列한 것이다. 이 어레이 受信器가 그림 1의 홀로그램面에서 $-y$ 方向으로 64mm 間을 走査하면서 이 方向의 每 1mm 間隔에 對하여 x 方向인 各 受信子로 2mm 間隔, 32點에서 데이터를 收集한다. 다시 第 2走査는 어레이 受信器를 x 方向으로 1mm 移動하여 第 1走査時의 各 受信子의 中間位置에서 데이터를 收集한다.

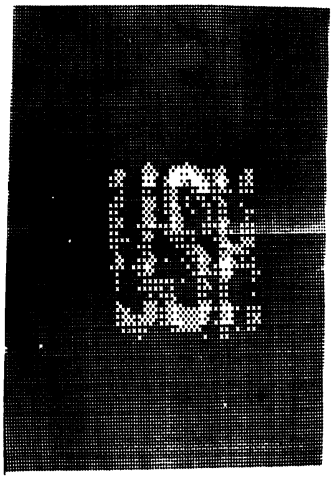
以上 2回의 走査로 홀로그램 面에서 x 및 y 方向 各各 1mm 間隔으로 64×64點에서 데이터가 收集된다. 이 데이터는 前述한 바와 같이 複素振幅이므로 實數部와 虛數部 各各 64×64個로서 한쌍의 홀로그램이 된다.



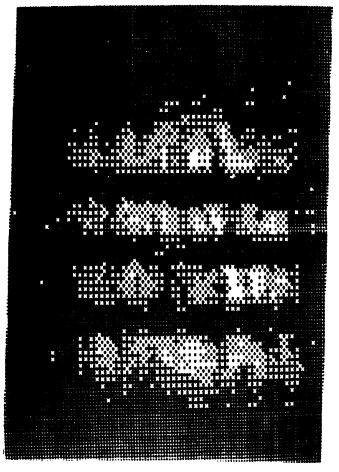
Ph. 1. Image of U_1 in tridi. obiect reconstructed by operation with Eq. (12)



Ph. 2. Image of U_2 in tridi. object reconstructed by operathon with Eq. (13)



Ph. 3. Image of U_1 in tridi. object reconstructed by Operation with Eq. (14)



Ph. 4. Image of U_2 in tridi. object reconstructed by operation with Eq. (15)

dCollection

디지털化한 複素振幅인 홀로그램의 데이터는 그림 2의 미니 計算機에서 우선 데이터 收集時의 홀로그램의 位置順으로 데이터 配列를 變更한다.

홀로그램에서 像의 再生은 (12)～(17)式의 各項 即 (5)式의 傳達函數(G)와 (6)式의 指數項(q)를 데이터 收集時의 條件(z_1, z_2 및 λ)와 各座標値($-32 \leqq x \leqq 32$, $-32 \leqq y \leqq 32$)에 依하여 演算을 하고 FFT (Fast Fourier Transform)을 利用하여 홀로그램(H)을 푸리 變換等 各 式의 順序에 따라 乘, 減(減算前에 兩値를 規格化함), 除의 演算을 하고 푸리 逆變換(FFT), 끝으로 自乘平方根을 求하여 LP에 디스푸레이를 한다. 이들의 再生像은 字眞 1～4와 같다.

實際의 홀로그램 面은 데이터 收集時 세로와 가로가 같은 1mm 間隔이고 데이터 數가 64×64個이므로 再生像의 寫眞도 正方形이 되나, 라인프린터에 印字로써 디스플레이 하면 活字의 가로와 세로의 比가 7 : 9로 되어 있는 關係로 寫眞과 같이 長方形이 된다. 디스플레이에서 各데이터의 畵素는 5레벨(level) 即 4文字分을 對應시키고, 各 畵素를 8字, H字 및 I字를 겹쳐서 印字하여 明暗의 對照를 높였다.

測定에 使用한 그림 1의 對象인 O_1 物體는 넓이 400mm×380mm, 두께 1.5mm인 알미늄板 中央에 USH 文字를 파낼 것으로 各 文字의 幅은 2.3mm이고, 3文字의 全幅은 30mm, 全長은 26mm로 되어 있다. 그리고 O_2 物體는 같은 두께의 알미늄을 幅 3mm, 길이 50mm인 막대 3個를 5mm 間隔으로 配列한 것이다.

寫眞 1은 (12)式에 依한 U_1을, 寫眞 2는 (13)式으로 U_2를, 寫眞 3은 (14)式의 U_1을 그리고 寫眞 4는 (15)式의 演算에 依한 U_2의 各 再生像이다. (16) 및 (17)式의 U_1과 U_2의 再生像도 寫眞 3 및 4와 類似하였음으로 省略하였다.

(12) 및 (13)式은 演算이 複雜하므로 再生處理時間이 긴 反面 再生像은 아주 良好하며, 近似式에 依한 (14)～(17)式은 處理時間은 짧으나 再生像이 약간 劣化한 狀態이다.

再生處理에 使用한 計算機는 FACOM U300이며, 코아 記憶容量이 64k 바이트이고, 使用可能容量은 約 43k 바이트로써 이중 約 32k 바이트를 홀로그램의 데이터 領域에 使用하므로, 處理用 프로그램을 細分하고, 演算은 主로 디스크와 코아 間에서 施行한 점, 유닛트數의 制限等으로 演算中間結果를 디스크에 一時 스토아하고, 計算機를 停止하는 課程이 거듭되여 演算에 直接 必要없는 操作이 많아 處理時間은 (12) 혹은 (13)式은 約 20分(두 홀로그램의 演算時間과 같음), (14)～(17)式은 約 15分이 所要되었다.

4. 結　　論

立體物體에 依한 超音波 홀로그램에서 디지털處理에 依한 分離再生에 關한 以上의 結果로써 다음과 같이 結論한다.

1. 本 再生法에 依하여 立體物體의 多重回折에 線形性을 假定한 것이 妥當함을 再確認하였고,
2. 한쌍의 홀로그램으로 良好한 分離再生이 可能하며,
3. 計算機 處理時間에 多少 短縮되었으나,

dCollection

4. 計算機의 主記憶容量이 不足하고, 處理課程이 많아 實時間 分離再生은 現段階로써는 不可能하지마는,
5. 計算機의 大容量化, 高速化 그리고 低廉化를 勘案하면 實時間 分離再生의 實用化도 可能할 것이다.

參 考 文 獻

1) W.P. Lenug. et al : "Non-Destructive Testing with on Electronically Focused Acoustic Imaging system" 1975, Ultrasonic symposium Proceeding, IEEE Gat. #75 CHO 994~4su, p. 84.
2) G.S. Kino, et al: "New Acoustic Iwaging Systems for Non Destructive Testing" 1975, Ultrasonics symposium Proceeding, IEEE Got. #75 CHO 994~4su, p. 94.
3) 尾上宇夫, 孫 : "超音波 홀로그램에 依한 非破壞檢査", 韓國海洋大學 論文集(自然科學篇), 第16輯, p. 201 (1981. 4).
4) 孫珍鉉 : "超音波홀로그램의 디지틸處理에 依한 立體物體의 分離再生", 韓國海洋大學論文集(自然科學篇), 第14輯, p. 25(1979. 3).
5) 孫珍鉉 : "Arrag 受信器에 依한 超音波 Hologram으로 像의 Digital 再生", 韓國海洋大學 論文集(自然科學篇), 第13輯, p. 87(1978. 3).

dCollection

Collection