

画像信號 處理를 爲한 Transducer의 解像度 向上의 一方案

(A Novel Method of Increasing the Resolution of Optical Transducer in Image Signal Processing)

安 秀 桔* 宋 尚 勳**

(Ann, Sou Guil and Song, Sang Hoon)

要 約

두개의 光電 transducer array 를 나란히 1/2 画素만큼 어긋나게 配置하여서 거기에서 얻어진 信號들로부터 解像도가 2배높은 transducer 의 性能을 얻는 方式이 提案, 그리고 實驗되었다.

높은 解像度の 立場에서 보아 2개의 画素의 平均值들로 信號를 내어주는 이 transducer 들로부터 原信號의 推定은 마이크로컴퓨터 - 로 行하였다.

Abstract

A method of increasing the equivalent resolution of optical transducers by setting two optical transducer arrays in juxtaposed and half-pixel-length shifted position is proposed and tested. The decision in the refined resolution is executed by a microcomputer. to show that there is no ambiguous case nevertheless of the fact that these transducers give an intergrated and averaged image signals.

1. 序 論

Optical signal processing 分野는 digital signal processing 分野의 發達에 따라 새로운 關心의 中心點이 되어있다.

画像信號를 analogue 技術로서 處理하는 범위에 서는 信號를 지연시킨다거나 recycling 시켜 더욱 완 벽한 처리를 期할 수는 있지만 時間의 經過에 따라 必然의 noise 의 追加로 因해서 画質의 惡化를 招來 한다.

画質이 惡化하였을 때 이를 原信號와 劣化機構의 Impulse response 사이의 convolution 으로 보고 Inverse convolution technique 을 使用하여 信號를 다시 改善하는 方法도 提案^[1] 되었고 方面의 研究도 많이 行하여졌다.^[2,3]

무엇보다도 画像이 隣接 pixel 間에 서로 diffuse 되어버렸을 경우 (focus 가 맞지않았을 경우) 이로부터 이러한 画質惡化의 機構의 傳達函數의 cinverse operator 를 通過시킴으로 다시 画質改善을 할 수 있는 研究^[4] 도된 바 있지만 rsolution이 높지못한 electro-optical transducer 를 使用하였을 때 하나의 pixel string 에서 나오는 信號는 2個以上の transducer element 에서 나오는 信號를 서로 平均 하여 버린 것으로 생각할 수 있다.

facsimile 의 歷史는 길지만 resolution 이 낮고 藥品을 取扱하여야 하는 등 不便한 點이 많아 그의

* 正會員, 서울大學校 電子科

** 正會員, 韓國通信技術研究所

(Dept. of Electronics Engineering, Seoul National Univ. and Korea Telecommunications Research Institute)

接受日字 : 1979年 7月 4日

普及이 몹시 限定되어 있었다. 特히 通信回線이 專用 線으로 限定되어서 近者에 와서 美國이나 日本에서 行 한 바와 같은 回線開放도 안되어 있었다.

resolution을 높이기 위해서 optical fiber를 使用하는 方案^[5]이 發達하고 mos나 CCD를 line image sensor로 使用하게 되었으며 受信再生을 위해서 print 多針電極을 使用하는 靜電記錄方法의 48 Khz Modem을 通하는 高速 facsimile도 開發되었다.

CCITT에서는 1973~1976年 會期初에 電話網 facsimile을 G₁, G₂ 및 G₃ 등으로 分類하여 가장 遲한 打字用紙 A-4紙 送信에 必要한 時間이 各各 6分, 3分 그리고 約1分이도록 規定^[6]하였다. 1977~1980年 會期의 第1回 研究會에서도 많은 勸告 및 暫定勸告가 合意되었다.

近者에 와서 機械的인 走査 facsimile등 이 發達하여 1mm에 6~10個 pixel(画素)을 수용할 수 있게됨에 따라 遠距離에 있는 地點間에 文書나 圖面을 facsimile로 보내서 人力의 介入없이 hard copy를 再生하여 줌으로서 急進하는 時代의 要請에 呼應된 셈이다. 勿論 上記 resolution은 機械的인 走査의 德을 입어서 겨우 이루어질 수 있고 相當한 水準이라고 볼 수 있지만 우리나라의 경우와 같이 아직 그러한 resolution에 該當되는 機械精密度를 얻지 못한 경우에 있어서는 上述한 바와 같이 하나의 transducer에서 나오는 信號에서 平均되어 버리기 以前의 信號를 다시 入手할 수 있다면 resolution이 낮은 transducer로부터 resolution이 높은 transducer로부터 나오는 信號를 얻을 수 있을 것이다.

2. 信號의 resolution 屯화의 機構

送出되는 画面의 resolution이 充分히 높다고 하고 한 transducer B와의 出力을 比較할 때 B出力은 A出力의 二個의 隣接走査線間의 平均이 될 것이다.

W個의 transducer element가 水平方向으로 array를 이루고 있고 한 画面을 垂直線 方向으로 scan할 때 電子的方法으로 W個의 element를 高速으로 水平方向으로(TV의 경우와 같이) scan한다면 B transducer에서 나오는 信號 S_B와 transducer 配置線下限에 맞추어 놓은 A transducer의 出力信號 S_A와의 사이에는 다음의 關係式이 成立한다.

$$S_B(n) = \frac{1}{2} \{ S_A(n) + S_A(n-w) \} \quad (1)$$

但, S_B(n), S_A(n) 등은 n時點(따라서 n번째

pixel)에 있어서의 B 및 A transducer의 出力信號이며 W는 하나의 走査線(또는 array)上 水平方向 pixel의 個數이다. (따라서 한 pixel 바로 아래 pixel로부터의 信號는 S_B(n+w), 또는 S_A(n+w)가 될 것이다.

反對로 水平方向의 resolution 左로부터 i번째에 있는 element의 出力信號는,

$$S_{B'i}(n) = \frac{1}{2} \{ S_{A2i}(2n) + S_{A(2i+D)(2n)} \} \dots \dots \dots (2)$$

$$S_{B'i}(n) = \frac{1}{2} \{ S_{A(2i+D)(2n-1)} + S_{A2i}(2n-1) \} \dots \dots \dots (3)$$

但, B와 B' transducer는 各各 half pixel 만큼 어긋나게 配置되고 있을 경우로 생각한다. 또한 Juxtaposition 과정에서 이 transducer array가 充分히 thinning 되었다고 생각한다. (그림 1)

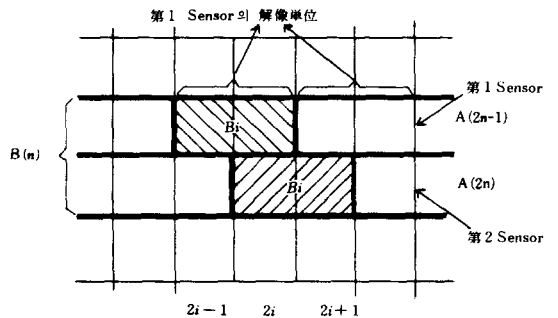


그림 1. 解像도가 약한 2個의 sensor를 어긋나게 배치한 모양

Fig. 1. Two transducer arrays setting in juxtaposed position

垂直方向으로 scanning됨에 따라 (2) 및 (3)식에서 n이 增加하게 되는데 서로 어긋나게 配置되어 있는 두 개의 transducer element에서 나오는 信號는 다음과 같은 組合이 있을 따름이다. 우선 z_{i-1}, z_i, z_{i+1}와 같이 隣接하고 있는 3個의 column을 생각하면 표 1과 같이 된다.

	표 1.																	
	<table border="0"> <tr><td>0 0 0</td><td>0 0</td></tr> <tr><td>0 0 1</td><td>0 1</td></tr> <tr><td>0 1 0</td><td>1 1</td></tr> <tr><td>0 1 1</td><td>1 2</td></tr> <tr><td>1 0 0</td><td>1 0</td></tr> <tr><td>1 0 1</td><td>1 1</td></tr> <tr><td>1 1 0</td><td>2 1</td></tr> <tr><td>1 1 1</td><td>2 2</td></tr> </table>	0 0 0	0 0	0 0 1	0 1	0 1 0	1 1	0 1 1	1 2	1 0 0	1 0	1 0 1	1 1	1 1 0	2 1	1 1 1	2 2	$\left. \vphantom{\begin{matrix} 0 0 0 \\ 0 0 1 \\ 0 1 0 \\ 0 1 1 \\ 1 0 0 \\ 1 0 1 \\ 1 1 0 \\ 1 1 1 \end{matrix}} \right\} \times \frac{1}{2}$
0 0 0	0 0																	
0 0 1	0 1																	
0 1 0	1 1																	
0 1 1	1 2																	
1 0 0	1 0																	
1 0 1	1 1																	
1 1 0	2 1																	
1 1 1	2 2																	

但 第二 column은 binary 數로 나타낸 pixel의 모든 組合이고 第三 column은 두 개의 어긋나게 配置된 B transducer의 平均된 出力信號를 나타낸다. 이 때 B transducer는 ternary 信號 level을 區別할 수 있는 것으로 생각한다. 이는 또한 實際로 Implement 하기에 아무런 어려움도 없다.

第三 column의 ternary 數로 부터 第二 column의 binary 數를 되찾는 것은 microprocessor에 依하기로 한다. binary 數字로 010 및 101으로 나타나는 두 개의 境遇는 再生에 어려움이 있기 때문에 다시 畫面에서 $Z_{i-1}, Z_i, Z_{i+1}, Z_{i+2}$ 와 같이 隣接하고 있는 四個의 column을 擇하여 역시 서로 어긋난 두 개의 transducer array에서 나오는 信號를 보면 표2와 같다.

표 2.

0					0 0 0 0	0 0 0	} $\times \frac{1}{3}$
1					0 0 0 1	0 0 1	
2					0 0 1 0	0 1 1	
3					0 0 1 1	0 1 2	
4					0 1 0 0	1 1 0	
5					0 1 0 1	1 1 1	
6					0 1 1 0	1 2 1	
7					0 1 1 1	1 2 2	
8					1 0 0 0	1 0 0	
9					1 0 0 1	1 0 1	
10					1 0 1 0	1 1 1	
11					1 0 1 1	1 1 2	
12					1 1 0 0	2 1 0	
13					1 1 0 1	2 1 1	
14					1 1 1 0	2 2 1	
15					1 1 1 1	2 2 2	

이번에도 第三 column으로 부터 第二 column을 찾아내기가 어렵지 않지만 역시 0101의 경우와 1010의 경우만이 축퇴되어 버린다. 즉 resolution이 낮아짐으로 因해 일어나는 축퇴 즉 自由度の 喪失은 pixel 단위로 交替되는 點線型的의 경우에 對해서만이다.

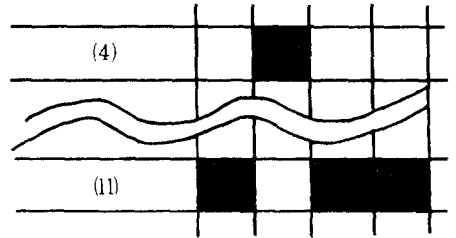
3. Resolution 감소에 依한 自由度 喪失의 影響

우리가 고려하는 實際的인 transducer의 素子密度는 10個/mm 정도이지만 精密加工이 不可能한 경우 따라서 거친 製品밖에 얻지 못 하였을 경우를 위해서 5個/mm 정도로 삼기로 한다. 따라서 上記한 바 縮退를 갖어오는 點線 pattern은 0.2mm 黑 0.2mm 白의 交代의 경우로서 이러한 경우에 있어서도 點線은 그것이

人間으로 하여금 叛讀시키는 目的의 書類 또는 圖形 이라면 거의 일어날 可能性이 없다. (點線은 一般적으로 이보다 큰 길이 큰 間隔을 갖는다.) Sampling 調査를 위해서 實際의 경우를 들여다 보면 이러한 경우가 實質上 있을 수 없다는 것을 알 수 있다. 한가지 可能性이 있어 보이는 것은 銅版寫眞複寫의 경우中 使用 mesh의 거칠기가 우연히 transducer 素子密度의 二倍인 경우로서 이러한 경우에는 畫面에 點이 밀린 듯한 고르지 못한 點群이 될 것이다.

이러한 경우를 위한 Algorithm은 다음과 같다. 이러한 點線이 感知 되었을 때에 判定은 右方向으로 밀려간다. 즉 右方向으로 다음 pixel로 부터의 情報를 보고 判定하되 같은 pattern이 斷續되는 범위에서는 그 다음 右側 pixel을 判定에 關與시킨다. 이러한 같은 pattern은 언어낼 수 있는 信號는 표2에서 第五列과 第十列의 경우로서 1 pixel만 左또는 右로 shift하면 되는 것이고 그것은 이러한 pattern이 길어질 수록 어느 편을 受信端에서 再生하여 주어도 別지장이 없다. 가장 問題가 되는 것은 도리어 pixel이 三個程度의 경우로서 이러한 경우 같은 pattern의 反復이 中斷된다면 이것은 표2에서 第四列과 第十一列의 경우이다. (표3)

표 3.



이 때에는 나타난 처음 연속光點 또는 연속 暗點을 尊重한 다음 하나씩 逐次 同質信號로 처리하여 주변 된다. 이 때 判定은 옳은 것 한가지만 남게 되는데 그렇지 않은 경우를 생각한다면 아직 判定이 되지 않아서 그 다음으로 미루었을 것이다.

4. 프로그램과 結果

Microcomputer IMSAI 8080을 통한 program과 그 때 實驗結果는 그림 2와 같다. 앞 部分이 Hexadecimal machine language로 쓴 것이며 뒷 部分은 그의 結果이다. 이 結果部分에 있어서 三個의 pixel이 各各 000, 001, 110, 111, 100, 011인 경우들의 再生된 出力이며 그 다음 부터는 點線(pixel마다 明暗이 교대되는 선)의 경우이다. 마지막 部分에서

INSAI 8080
.D0400 04AB

0400 0E 2E CD E3 01 CD 90 04 FE 03 F2 9A 04 FE 01 CA
0410 49 04 F2 35 04 CD 90 04 47 FE 02 F2 9A 04 16 30
0420 0E 3A CD E3 01 4A CD E3 01 CD E3 01 80 4F CD E3
0430 01 00 C3 9F 04 CD 90 04 FE 03 F2 9A 04 00 3D FA
0440 9A 04 3D 47 16 31 C3 20 04 16 01 14 CD 90 04 FE
0450 03 F2 9A 04 FE 01 CA 4B 04 F2 70 04 0E 3A CD E3
0460 01 AF B2 2F CD 80 04 C2 61 04 CD E3 01 C3 9F 04
0470 0E 3A CD E3 01 AF B2 CD 80 04 C2 75 04 C3 67 04
0480 E6 01 C6 30 4F CD E3 01 15 C9 A7 FF FF FF 98 9A
0490 CD D0 01 4F CD E3 01 E6 0F C9 0E 3F CD E3 01 0E
04A0 0D CD E3 01 0E 0A CD E3 01 C3 00 04

.G0400

.00:000

.01:001

.21:110

.22:111

.10:100

.12:011

.110:0100

.112:1011

.1110:10100

.1112:01011

.11110:010100

.11112:101011

.111110:1010100

.111112:0101011

.1111110:01010100

.1111112:10101011

.11111110:101010100

.11111112:1010101011

.111111110:1010101000

.111111112:0101010111

.1111111110:0101010100

.1111111112:01010101011

그림 2.

결여되었던 정보가 판단을 도와 주어서 縮退에 依한
정보의 自由度傷失을 充分히 보완하여 준 것을 볼 수
있다. 그림 3은 mnemonic로 쓴 program이다.

START: MVi C, " :"

Call CO

Call CIN

CPI 3

JP ERROR

CPI 1

Jz A₁

Jp A₂

Call CIN

MOV B, A

CPI 2

JP ERROR

MVi D, 30

OUTI : MVi C, " :"

Call CO

MOV C, D

Call CO

Call CO
ADD B
MOV C, A
Call CO
JMP AGAiN
A₂ : Call CIN
CPI 3
JP ERROR
DCR A
JM ERROR
DCR A
MOVB, A
MVi D, 31
JMP OUT 1
A₁ : MVi D, 1
CONT : INR D
Call CIN
CPI 3
JP ERROR
CPI 1
JZ CONT
JP EN02
MVi C, " :"
Call CO
EN00 : XRA A
ORA 0
CMA
JNZ EN00
SAM : Call CO
JMP AGAiN
EN02 : MVi C, " :"
Call CO
ENT : XRA A
ORA 0
Call OUT 2
JNZ ENT
JMP SAM
OUT 2 : ANi 1
ADi 30
MOV C, A
Call CO
DCR 0
RET
Call CO
DCR 0
RET
CIN : Call CI
MOV C, A

```

Call CO
ANi ∅F
RET
ERROR : MVi C, " ?"
Call CO
AGAiN : MVi C, " CR "
Call CO
MVi C, " LF "
Call CO
JMP START
    
```

그림 3.
Fig. 3.

5. 結 論

이와 같이 하여 resolution 이 저친 두 개의 sensor 를 그림 1 과 같이 配置함으로써 facsimile 등에 있어서 等價 resolution 을 二倍로 증가시킬 수 있다. 이는 우리 한국과 같이 機械工業이 充分히 發達하지 못했기 때문에, resolution 을 높일 수 없을 때 再生畫像이 充分히 높은 resolution 을 갖게 하는 곳에 있어서 使用될 수 있음은 勿論 이미 얻어진 resolution 이 높은 경우에 있어서도 다시 이를 倍加한다는 것은 항상 畫質의 向上을 가져다 주어서 實用上 價値가 있을 것으로 생각된다.

6. 謝 辭

문헌조사에 적극 협조해 주신 통신기술연구소 최두환씨에게 진정한 감사를 드립니다.

參 考 文 獻

1. C. F. George, H. W. Smith, "The Application of Inverse convolution Techniques to improve signal response of recorded Geophysical data" proc. IRE, Vol. 1, PP. 2313-2319 Nov. 1962.
2. M. Cannon, "Bland deconvolution of Spatially invariant image blurs with phase" IEEE Trans. on acoustics, speech and signal processing. Vol. 24 No. 1, Feb. 1976.
3. R. B. Rice, "Inverse convolution filters" Geophys., Vol. 27, PP 4-18, Feb. 1962.
4. 安秀桔, 李明鍾, 金基宣, "One procedure pertaining to a 2-D image enhancement by simple analog Filters" in preparation.
5. Kazuo Kobayashi, Genbei Sawada, Hiroya Inagaki, Tatsuru Kagiya, Masaru Ozawa and Hideo Tanaka, "Development of a high speed Facsimile" 研究實用化 報告 第4號, 1974.
6. CCITT "Orange book telegraph - technique" ITU, 7, 1977.

