

公告本

| | |
|------|----------|
| 申請日期 | P1.3.12 |
| 案 號 | P1104602 |
| 類 別 | G06T5/00 |

A4
C4

556120

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

新 型

| | | |
|-------------|---------------|---|
| 一、發明 名稱 | 中 文 | 二維錐形濾波器架構 |
| | 英 文 | TWO-DIMENSIONAL PYRAMID FILTER ARCHITECTURE |
| 二、發明 創作人 | 姓 名 | 廷庫 艾恰亞 TINKU ACHARYA |
| | 國 籍 | 美國 U.S.A. |
| | 住、居所 | 美國亞歷桑納州乾朵勒市西艾瑞街4840號 4840 W. ERIE STREET, CHANDLER, ARIZONA 85226 U.S.A |
| 三、申請人 | 姓 名 (名稱) | 美商英特爾公司 INTEL CORPORATION |
| | 國 籍 | 美國 U.S.A. |
| | 住、居所 (事務所) | 美國加州聖塔卡拉瓦市米遜大學路2200號 2200 MISSION COLLEGE BOULEVARD, SANTA CLARA, CALIFORNIA 95052-8119, U.S.A. |
| | 代 表 人 姓 名 | 湯姆士 C. 雷納德 THOMAS C. REYNOLDS |

裝
訂
線

(由本局填寫)

| |
|-----------|
| 承辦人代碼： |
| 大類： |
| I P C 分類： |

A6

B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權

美國 2001年04月30日 09/846,609 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： 寄存日期： ，寄存號碼：

裝

訂

線

五、發明說明 (1)

相關的申請書

本專利申請書與標題"無乘法器錐形濾波器"由Tinku Acharya於2001年1月3日申請的美國專利申請書序號09/754,684；標題"二維錐形濾波器架構"由Tinku Acharya於2001年3月26日申請的美國專利申請書序號09/817,711(律師摘要042390.P11275)；標題"錐形濾波器"由Tinku Acharya於2001年3月28日申請的美國專利申請書序號09/820,108(律師摘要042390.P11211)；標題"二維錐形濾波器架構"由Tinku Acharya於2001年3月30日申請的美國專利申請書序號09/823,212(律師摘要042390.P11276)，及標題"二維錐形濾波器架構"由Tinku Acharya於2001年3月30日申請的美國專利申請書序號09/823,390(律師摘要042390.P11277)有關，所有都指定給目前申請專利範圍主題內容的委託人且在此併入參考。

背景

此揭露的事物係關於錐形濾波器。

在影像處理中，通常希望分解一影像，像一掃描的彩色影像，成為兩個以上分開的影像表示。例如，一彩色或灰階文件影像可分解成背景和前景影像為了有效的影像處理操作，像增強，壓縮等，像有時外加於一典型的影印機或掃描器裝置中。在本文中，此操作通常稱為一反遮蔽操作。此反遮蔽操作有時也被外加以移除網板圖樣其可存在於一原始掃描影像中。例如，這些網板圖樣如果不適當地移除，可能對於人眼造成討厭的瑕疵。對於此分解或反遮蔽

五、發明說明 (2)

的傳統趨近是過濾此彩色影像為了使其模糊。然後這些模糊的結果被用於幫助決定此影像要多模糊和銳利為了產生此分解。典型地模糊可以使用一"對稱錐形"濾波器來完成。對稱錐形有限脈衝反應(FIR)濾波器是已知的。

然而，此影像處理技術的一個缺點是此複雜性增加許多折痕當同時外加若干不同尺寸的錐形濾波器為了產生多重的模糊影像，以應用此技術像剛才描述的。一用於此多重的錐形過濾趨近之暴力趨近將同時使用多重FIR濾波器，如圖1說明的。此一趨近表示快速"對稱錐形過濾"架構的設計和實現以從一單一光源影像同時地產生不同的模糊影像是可以期待的。

對於圖1中每一FIR方塊提供在括弧中的數字表示相當長度的錐形濾波器。例如，(1,2,1)是對於一階數或長度3之對稱錐形有限脈衝反應(FIR)濾波器的濾波器係數。同樣地，(1,2,3,2,1)是對於一階數5之FIR錐形濾波器的係數，(1,2,3,4,3,2,1)是對於一階數7之FIR錐形濾波器的係數，(1,2,3,4,5,4,3,2,1)是對於一階數9之FIR錐形濾波器的係數，(1,2,3,4,5,6,5,4,3,2,1)是對於一階數11之FIR錐形濾波器的係數，以此類推。

很不幸地，表示於圖1中的趨近有缺點。例如，無效率可能產生自過多的計算。同樣地，FIR執行程序經常使用乘法器電路。而執行程序存在以降低或避免乘法器的使用，像用移位和加法電路，然後其可能造成增加的計時和，因此，可以降低電路的流量。因此，存在一對於改善錐形

五、發明說明 (3)

過濾的執行程序或架構的需求。

圖例概述

題材特別地指出和清楚地主張在此規格的結論部分。然而，此主張的題材都是依照操作的組織和方法，與目的，特徵，和附件一起，可能最好藉由與伴隨之圖例一起閱讀之以下詳細描述的參考來瞭解，其中：

圖1是一方塊圖說明一暴力趨近以執行一有限脈衝反應(FIR)多重錐形過濾架構；

圖2是一種一維無乘法器錐形濾波器的實施例；

圖3是一種二維錐形濾波器架構的實施例；

圖4是一表/矩陣顯示一可以產生自執行一二維錐形濾波器架構之矩陣的例子，像一可以由圖3之實施例執行的；

圖5是一表/矩陣顯示一二維信號的例子，其可以藉由一二維錐形濾波器架構來操作；

圖6是一表/矩陣顯示一外加一都是如同列和如同行之一維錐形濾波器核心的例子

圖7是一對於 $k=11$ 之圖6的表/矩陣；

圖8是一表/矩陣顯示外加一維錐形濾波器至一二維輸入信號取樣矩陣之列的結果；及

圖9是一表/矩陣顯示外加一維錐形濾波器至一二維輸入信號取樣矩陣之行的結果。

詳細描述

在以下的詳細描述中，大量特定的細節被說明為了提供此主張題材的徹底瞭解。然而，由那些技術上已熟練的人

五、發明說明 (4)

會知道此主張的題材可以沒有這些特定的細節而被實行。在其他的例子中，熟知的方法，程序，元件和電路已經不再依序詳細的描述以便不會含混此主張的題材。

如前所述，錐形過濾，特別是對稱錐形過濾，可以用於關於彩色影像或彩色影像處理為了分解或反遮蔽此影像，像例如成為一背景和前景影像。雖然此主張的題材未限制於此考慮的範圍中，在本文中，錐形過濾架構其降低計算複雜性及/或硬體成本是特別理想的。同樣地，無乘法器的執行程序，亦即，不特別地在執行程序中使用乘法，通常也是理想的，因為此執行程序或實施例實行起來較那些使用或包括乘法電路的便宜。

雖然此主張的題材未限制於此考慮的範圍中，但是圖2說明一種一維錐形濾波器的實施例200，像更詳細描述於前述標題"無乘法器錐形濾波器"由T. Acharya於2001年1月3日申請的美國專利申請書序號09/754,684(律師摘要042390.P10722)的。實施例200包含一統一的無乘法器階梯對稱錐形過濾架構以產生多數個過濾的輸出信號流給一串或一系列具有不同順序的錐形濾波器，此輸出信號流同時產生。在此特別的實施例中，雖然再次地，此主張的題材未限制於在這方面的範疇內，一過濾的輸出信號流被產生在每一計時週期上對於每一被完成之不同順序的錐形濾波器。因此，除了是計算地有效外，此特別的實施例從生產量來看產生好的結果。然而，像先前指出的，此特別的實施例實現一維的錐形濾波器。

五、發明說明 (5)

圖2被瞭解在特定表示的上下文中。例如，一輸入光源信號，X，可以指定如下：

$$X = (x_0, x_1, \dots, x_{i-2}, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, \dots)$$

在數位或不連續信號處理中，過濾可以被表示為此輸入信號，X，和一濾波器，F，的捲積， \otimes ，在此上下文中，一有限長度的數位濾波器，在此稱為一有限脈衝響應(FIR)濾波器。因此，此過濾的輸出信號流表示如下：

$$Y = X \otimes F$$

如先前描述的，在圖2中之特定的實施例中使用錐形濾波器。這些濾波器典型地使用長度或奇數，像3,5,7,9等等之順序的數位濾波器來實行。在本文中，奇數的數目或順序，例如，可以表示為 $2N-1$ 的形式，其中N是一大於2的正整數。此數位濾波器的一些例子如下：

$$F_3 = (1, 2, 1)$$

$$F_5 = (1, 2, 3, 2, 1)$$

$$F_7 = (1, 2, 3, 4, 3, 2, 1)$$

$$F_9 = (1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1)$$

$$F_{11} = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1)$$

...

$$F_M = (1, 2, 3, \dots, N, \dots, 3, 2, 1) \text{ (其中, 在本文中, } \\ M=2N-1)$$

對於前述的濾波器，此過濾的輸出信號或輸出信號流可以表示如下：

$$B^3 = X \otimes F_3 = (b_0^3, b_1^3, \dots, b_{i-1}^3, b_i^3, b_{i+1}^3, \dots) \text{ 輸入信號 } X \text{ 由 } F_3$$

五、發明說明 (6)

過濾的結果

$B^5 = X \otimes F_5 = (b_0^5, b_1^5, \dots, b_{i-1}^5, b_i^5, b_{i+1}^5, \dots)$ 輸入信號 X 由 F_5

過濾的結果

$B^7 = X \otimes F_7 = (b_0^7, b_1^7, \dots, b_{i-1}^7, b_i^7, b_{i+1}^7, \dots)$ 輸入信號 X 由 F_7

過濾的結果

$B^9 = X \otimes F_9 = (b_0^9, b_1^9, \dots, b_{i-1}^9, b_i^9, b_{i+1}^9, \dots)$ 輸入信號 X 由 F_9 過

濾的結果

$B^{11} = X \otimes F_{11} = (b_0^{11}, b_1^{11}, \dots, b_{i-1}^{11}, b_i^{11}, b_{i+1}^{11}, \dots)$ 輸入信號 X 由 F_{11} 過濾的結果

...

$B^M = X \otimes F_M = (b_0^M, b_1^M, \dots, b_{i-1}^M, b_i^M, b_{i+1}^M, \dots)$ 輸入信號 X 由 F_M 過濾的結果

另一以經驗為主表示這些過濾的輸出信號取樣的方法如下：

$$b_i^3 = x_{i-1} + 2x_i + x_{i+1}$$

$$b_i^5 = x_{i-2} + 2x_{i-1} + 3x_i + 2x_{i+1} + x_{i+2}$$

$$b_i^7 = x_{i-3} + 2x_{i-2} + 3x_{i-1} + 4x_i + 3x_{i+1} + 2x_{i+2} + x_{i+3}$$

$$b_i^9 = x_{i-4} + 2x_{i-3} + 3x_{i-2} + 4x_{i-1} + 5x_i + 4x_{i+1} + 3x_{i+2} + 2x_{i+3} + x_{i+4}$$

$$b_i^{11} = x_{i-5} + 2x_{i-4} + 3x_{i-3} + 4x_{i-2} + 5x_{i-1} + 6x_i + 5x_{i+1} + 4x_{i+2} + 3x_{i+3} + 2x_{i+4} + x_{i+5}$$

同樣地，藉由導入在本文中提及的，像狀態變數，上述的表示可以再表示如下：

$$b_i^3 = x_i + s_i^3, \text{ 其中, } s_i^3 = x_{i-1} + x_i + x_{i+1}$$

$$b_i^5 = b_i^3 + s_i^5, \text{ 其中, } s_i^5 = x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2}$$

$$b_i^7 = b_i^5 + s_i^7, \text{ 其中, } s_i^7 = x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3}$$

$$b_i^9 = b_i^7 + s_i^9, \text{ 其中, } s_i^9 = x_{i-4} + x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3} + x_{i+4}$$

五、發明說明 (7)

$b_i^{11} = b_i^9 + s_i^{11}$ ，其中， $s_i^{11} = x_{i-5} + x_{i-4} + x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3} + x_{i+4} + x_{i+5}$

因此，此希望的錐形濾波器可以表示如下：

$B^3 = X + S_3$ ，其中， $S_3 = (s_0^3, s_1^3, s_2^3, \dots, s_{i-1}^3, s_i^3, s_{i+1}^3, \dots)$

$B^5 = B^3 + S_5$ ，其中， $S_5 = (s_0^5, s_1^5, s_2^5, \dots, s_{i-1}^5, s_i^5, s_{i+1}^5, \dots)$

$B^7 = B^5 + S_7$ ，其中， $S_7 = (s_0^7, s_1^7, s_2^7, \dots, s_{i-1}^7, s_i^7, s_{i+1}^7, \dots)$

$B^9 = B^7 + S_9$ ，其中， $S_9 = (s_0^9, s_1^9, s_2^9, \dots, s_{i-1}^9, s_i^9, s_{i+1}^9, \dots)$

$B^{11} = B^9 + S_{11}$ ，其中， $S_{11} = (s_0^{11}, s_1^{11}, s_2^{11}, \dots, s_{i-1}^{11}, s_i^{11}, s_{i+1}^{11}, \dots)$

圖2的研究說明此表示於圖2中的錐形濾波器之計算的輸出信號流， B_3 ， B_5 ， B_7 ， B_9 ， B_{11} 等等，被此說明的實施例產生。

前述錐形濾波器的討論發生在一維過濾的背景中；然而，至少部分由於此濾波器的對稱性質，其可能實現錐形二維過濾代替計算如同列和如同行之一維方式，其使用額外的計算步驟。如果我們表示此一維k階錐形濾波器為 $F_k = [1 \ 2 \ 3 \ \dots \ (k+1)/2 \ \dots \ 3 \ 2 \ 1]$ ，此相關的二維錐形濾波器 $F_{k \times k}$ 可以被導出如圖6中所示。在圖7中，對於 $k=11$ 我們已經顯示此二維錐形濾波器核心。假設一二維輸入信號，例如，信號取樣，具有顯示於圖5中的型式，圖4是說明一矩陣的表其可以造成，在此一二維過濾的信號取樣輸出矩陣， $P_{k \times k}$ ，其中，此二維輸入信號取樣矩陣使用二維錐形濾波器核心 $F_{k \times k}$ 。

顯示於圖8中的矩陣可以產生自外加一一維k階錐形濾波

五、發明說明 (8)

器在此二維輸入信號取樣矩陣的每一列中，和顯示於圖9中的矩陣可以產生自外加一一維k階錐形濾波器在此二維輸入信號取樣矩陣的每一列中。在圖4中的矩陣可以產生自外加此二維(k x k)階濾波器至二維輸入信號取樣矩陣或，替換地，其可以產生自外加此一維k階錐形濾波器如同列的及然後跟隨著如同行的。外加此趨近以產生過濾的信號取樣輸出 $P^{1 \times 3}$ ， $P^{3 \times 1}$ ，和 $P^{3 \times 3}$ ，製造出以下的關係：

$$P_{i,j}^{1 \times 3} = s_{i,j-1} + 2s_{i,j} + s_{i,j+1}$$

$$P_{i,j}^{3 \times 1} = s_{i-1,j} + 2s_{i,j} + s_{i+1,j}$$

$$P_{i,j}^{3 \times 3} = s_{i-1,j-1} + 2s_{i-1,j} + s_{i-1,j+1} + 2s_{i,j-1} + 4s_{i,j} + 2s_{i,j+1} + s_{i+1,j-1} + 2s_{i+1,j} + s_{i+1,j+1}$$

產生過濾的信號取樣輸出 $P^{5 \times 1}$ ， $P^{1 \times 5}$ ，和 $P^{5 \times 5}$ ，製造出以下的關係：

$$P_{i,j}^{5 \times 1} = s_{i-2,j} + 2s_{i-1,j} + 3s_{i,j} + 2s_{i+1,j} + s_{i+2,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 5} = s_{i,j-2} + 2s_{i,j-1} + 3s_{i,j} + 2s_{i,j+1} + s_{i,j+2}$$

$$P_{i,j}^{5 \times 5} = (s_{i-2,j-2} + 2s_{i-2,j-1} + 3s_{i-2,j} + 2s_{i-2,j+1} + s_{i-2,j+2}) + (2s_{i-1,j-2} + 4s_{i-1,j-1} + 6s_{i-1,j} + 4s_{i-1,j+1} + 2s_{i-1,j+2}) \\ + (3s_{i,j-2} + 6s_{i,j-1} + 9s_{i,j} + 6s_{i,j+1} + 3s_{i,j+2}) + (2s_{i+1,j-2} + 4s_{i+1,j-1} + 6s_{i+1,j} + 4s_{i+1,j+1} + 2s_{i+1,j+2}) \\ + (s_{i+2,j-2} + 2s_{i+2,j-1} + 3s_{i+2,j} + 2s_{i+2,j+1} + s_{i+2,j+2})$$

同樣地，產生過濾的信號取樣輸出 $P^{7 \times 1}$ ， $P^{1 \times 7}$ ，和 $P^{7 \times 7}$ ，製造出以下的關係：

五、發明說明 (9)

$$P_{i,j}^{7 \times 1} = s_{i-3,j} + 2s_{i-2,j} + 3s_{i-1,j} + 4s_{i,j} + 3s_{i+1,j} + 2s_{i+2,j} + s_{i+3,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 7} = s_{i,j-3} + 2s_{i,j-2} + 3s_{i,j-1} + 4s_{i,j} + 3s_{i,j+1} + 2s_{i,j+2} + s_{i,j+3}$$

$$\begin{aligned} P_{i,j}^{7 \times 7} = & (s_{i-3,j-3} + 2s_{i-3,j-2} + 3s_{i-3,j-1} + 4s_{i-3,j} + 3s_{i-3,j+1} + 2s_{i-3,j+2} + s_{i-3,j+3}) + \\ & (2s_{i-2,j-3} + 4s_{i-2,j-2} + 6s_{i-2,j-1} + 8s_{i-2,j} + 6s_{i-2,j+1} + 4s_{i-2,j+2} + 2s_{i-2,j+3}) + \\ & (3s_{i-1,j-3} + 6s_{i-1,j-2} + 9s_{i-1,j-1} + 12s_{i-1,j} + 9s_{i-1,j+1} + 6s_{i-1,j+2} + 3s_{i-1,j+3}) + \\ & (4s_{i,j-3} + 8s_{i,j-2} + 12s_{i,j-1} + 16s_{i,j} + 12s_{i,j+1} + 8s_{i,j+2} + 4s_{i,j+3}) + \\ & (3s_{i+1,j-3} + 6s_{i+1,j-2} + 9s_{i+1,j-1} + 12s_{i+1,j} + 9s_{i+1,j+1} + 6s_{i+1,j+2} + 3s_{i+1,j+3}) + \\ & (2s_{i+2,j-3} + 4s_{i+2,j-2} + 6s_{i+2,j-1} + 8s_{i+2,j} + 6s_{i+2,j+1} + 4s_{i+2,j+2} + 2s_{i+2,j+3}) + \\ & (s_{i+3,j-3} + 2s_{i+3,j-2} + 3s_{i+3,j-1} + 4s_{i+3,j} + 3s_{i+3,j+1} + 2s_{i+3,j+2} + s_{i+3,j+3}) \end{aligned}$$

同樣地，產生過濾的信號取樣輸出 $P^{9 \times 1}$ ， $P^{1 \times 9}$ ，和 $P^{9 \times 9}$ ，製造出以下的關係：

$$P_{i,j}^{9 \times 1} = s_{i-4,j} + 2s_{i-3,j} + 3s_{i-2,j} + 4s_{i-1,j} + 5s_{i,j} + 4s_{i+1,j} + 3s_{i+2,j} + 2s_{i+3,j} + s_{i+4,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 9} = s_{i,j-4} + 2s_{i,j-3} + 3s_{i,j-2} + 4s_{i,j-1} + 5s_{i,j} + 4s_{i,j+1} + 3s_{i,j+2} + 2s_{i,j+3} + s_{i,j+4}$$

$$\begin{aligned} P_{i,j}^{9 \times 9} = & (s_{i-4,j-4} + 2s_{i-4,j-3} + 3s_{i-4,j-2} + 4s_{i-4,j-1} + 5s_{i-4,j} + 4s_{i-4,j+1} + 3s_{i-4,j+2} + 2s_{i-4,j+3} + s_{i-4,j+4}) + \\ & (2s_{i-3,j-4} + 4s_{i-3,j-3} + 6s_{i-3,j-2} + 8s_{i-3,j-1} + 10s_{i-3,j} + 8s_{i-3,j+1} + 6s_{i-3,j+2} + 4s_{i-3,j+3} + 2s_{i-3,j+4}) + \\ & (3s_{i-2,j-4} + 6s_{i-2,j-3} + 9s_{i-2,j-2} + 12s_{i-2,j-1} + 15s_{i-2,j} + 12s_{i-2,j+1} + 9s_{i-2,j+2} + 6s_{i-2,j+3} + 3s_{i-2,j+4}) + \\ & (4s_{i-1,j-4} + 8s_{i-1,j-3} + 12s_{i-1,j-2} + 16s_{i-1,j-1} + 20s_{i-1,j} + 16s_{i-1,j+1} + 12s_{i-1,j+2} + 8s_{i-1,j+3} + 4s_{i-1,j+4}) + \\ & (5s_{i,j-4} + 10s_{i,j-3} + 15s_{i,j-2} + 20s_{i,j-1} + 25s_{i,j} + 20s_{i,j+1} + 15s_{i,j+2} + 10s_{i,j+3} + 5s_{i,j+4}) + \\ & (4s_{i+1,j-4} + 8s_{i+1,j-3} + 12s_{i+1,j-2} + 16s_{i+1,j-1} + 20s_{i+1,j} + 16s_{i+1,j+1} + 12s_{i+1,j+2} + 8s_{i+1,j+3} + 4s_{i+1,j+4}) + \\ & (3s_{i+2,j-4} + 6s_{i+2,j-3} + 9s_{i+2,j-2} + 12s_{i+2,j-1} + 15s_{i+2,j} + 12s_{i+2,j+1} + 9s_{i+2,j+2} + 6s_{i+2,j+3} + 3s_{i+2,j+4}) + \\ & (2s_{i+3,j-4} + 4s_{i+3,j-3} + 6s_{i+3,j-2} + 8s_{i+3,j-1} + 10s_{i+3,j} + 8s_{i+3,j+1} + 6s_{i+3,j+2} + 4s_{i+3,j+3} + 2s_{i+3,j+4}) + \\ & (s_{i+4,j-4} + 2s_{i+4,j-3} + 3s_{i+4,j-2} + 4s_{i+4,j-1} + 5s_{i+4,j} + 4s_{i+4,j+1} + 3s_{i+4,j+2} + 2s_{i+4,j+3} + s_{i+4,j+4}) \end{aligned}$$

五、發明說明 (10)

此外，產生過濾的信號取樣輸出 $P^{11 \times 1}$ ， $P^{1 \times 11}$ ，和 $P^{11 \times 11}$ ，製造出以下的關係：

$$P_{i,j}^{11 \times 1} = s_{i-5,j} + 2s_{i-4,j} + 3s_{i-3,j} + 4s_{i-2,j} + 5s_{i-1,j} + 6s_{i,j} + 5s_{i+1,j} + 4s_{i+2,j} + 3s_{i+3,j} + 2s_{i+4,j} + s_{i+5,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 11} = s_{i,j-5} + 2s_{i,j-4} + 3s_{i,j-3} + 4s_{i,j-2} + 5s_{i,j-1} + 6s_{i,j} + 5s_{i,j+1} + 4s_{i,j+2} + 3s_{i,j+3} + 2s_{i,j+4} + s_{i,j+5}$$

$$\begin{aligned} P_{i,j}^{11 \times 11} = & (s_{i-5,j-5} + 2s_{i-5,j-4} + 3s_{i-5,j-3} + 4s_{i-5,j-2} + 5s_{i-5,j-1} + 6s_{i-5,j} + \\ & 5s_{i-5,j+1} + 4s_{i-5,j+2} + 3s_{i-5,j+3} + 2s_{i-5,j+4} + s_{i-5,j+5}) + \\ & (2s_{i-4,j-5} + 4s_{i-4,j-4} + 6s_{i-4,j-3} + 8s_{i-4,j-2} + 10s_{i-4,j-1} + 12s_{i-4,j} + \\ & 10s_{i-4,j+1} + 8s_{i-4,j+2} + 6s_{i-4,j+3} + 4s_{i-4,j+4} + 2s_{i-4,j+5}) + \\ & (3s_{i-3,j-5} + 6s_{i-3,j-4} + 9s_{i-3,j-3} + 12s_{i-3,j-2} + 15s_{i-3,j-1} + 18s_{i-3,j} + \\ & 15s_{i-3,j+1} + 12s_{i-3,j+2} + 9s_{i-3,j+3} + 6s_{i-3,j+4} + s_{i-3,j+5}) + \\ & (4s_{i-2,j-5} + 8s_{i-2,j-4} + 12s_{i-2,j-3} + 16s_{i-2,j-2} + 20s_{i-2,j-1} + 24s_{i-2,j} + \\ & 20s_{i-2,j+1} + 16s_{i-2,j+2} + 12s_{i-2,j+3} + 8s_{i-2,j+4} + 4s_{i-2,j+5}) + \\ & (5s_{i-1,j-5} + 10s_{i-1,j-4} + 15s_{i-1,j-3} + 20s_{i-1,j-2} + 25s_{i-1,j-1} + 30s_{i-1,j} + \\ & 25s_{i-1,j+1} + 20s_{i-1,j+2} + 15s_{i-1,j+3} + 10s_{i-1,j+4} + 5s_{i-1,j+5}) + \\ & (6s_{i,j-5} + 12s_{i,j-4} + 18s_{i,j-3} + 24s_{i,j-2} + 30s_{i,j-1} + 36s_{i,j} + 30s_{i,j+1} + \\ & 24s_{i,j+2} + 18s_{i,j+3} + 12s_{i,j+4} + 6s_{i,j+5}) + \\ & (5s_{i+1,j-5} + 10s_{i+1,j-4} + 15s_{i+1,j-3} + 20s_{i+1,j-2} + 25s_{i+1,j-1} + 30s_{i+1,j} + \\ & 25s_{i+1,j+1} + 20s_{i+1,j+2} + 15s_{i+1,j+3} + 10s_{i+1,j+4} + 5s_{i+1,j+5}) + \\ & (4s_{i+2,j-5} + 8s_{i+2,j-4} + 12s_{i+2,j-3} + 16s_{i+2,j-2} + 20s_{i+2,j-1} + 24s_{i+2,j} + \\ & 20s_{i+2,j+1} + 16s_{i+2,j+2} + 12s_{i+2,j+3} + 8s_{i+2,j+4} + 4s_{i+2,j+5}) + \\ & (3s_{i+3,j-5} + 6s_{i+3,j-4} + 9s_{i+3,j-3} + 12s_{i+3,j-2} + 15s_{i+3,j-1} + 18s_{i+3,j} + \\ & 15s_{i+3,j+1} + 12s_{i+3,j+2} + 9s_{i+3,j+3} + 6s_{i+3,j+4} + 3s_{i+3,j+5}) + \\ & (2s_{i+4,j-5} + 4s_{i+4,j-4} + 6s_{i+4,j-3} + 8s_{i+4,j-2} + 10s_{i+4,j-1} + 12s_{i+4,j} + \\ & 10s_{i+4,j+1} + 8s_{i+4,j+2} + 6s_{i+4,j+3} + 4s_{i+4,j+4} + 2s_{i+4,j+5}) + \\ & (s_{i+5,j-5} + 2s_{i+5,j-4} + 3s_{i+5,j-3} + 4s_{i+5,j-2} + 5s_{i+5,j-1} + 6s_{i+5,j} + \\ & 5s_{i+5,j+1} + 4s_{i+5,j+2} + 3s_{i+5,j+3} + 2s_{i+5,j+4} + s_{i+5,j+5}) \end{aligned}$$

五、發明說明 (11)

數學的處理可以用以產生下式：

$$\begin{aligned}
 P_{i,j}^{11 \times 11} = & (P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}) \\
 & - (P_{i,j-3}^{11 \times 11} + 2P_{i,j-2}^{11 \times 11} + 3P_{i,j-1}^{11 \times 11} + 2P_{i,j}^{11 \times 11} + 3P_{i,j+1}^{11 \times 11} + 2P_{i,j+2}^{11 \times 11} + P_{i,j+3}^{11 \times 11}) \\
 & - (P_{i-3,j}^{11 \times 11} + 2P_{i-2,j}^{11 \times 11} + 3P_{i-1,j}^{11 \times 11} + 2P_{i,j}^{11 \times 11} + 3P_{i+1,j}^{11 \times 11} + 2P_{i+2,j}^{11 \times 11} + P_{i+3,j}^{11 \times 11}) \\
 & - P_{i,j}^{7 \times 7} + 2(P_{i,j}^{7 \times 1} + P_{i,j}^{1 \times 7}) - 4s_{i,j}
 \end{aligned} \tag{1}$$

上面的方程式 [1] 說明一 $2N-1$ 階的直接二維錐形濾波器架構，在此情況中 N 是 6，可以使用不是四個 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器，也就是 9，就是一個 $[2(N-1)-1]$ 階的一二維錐形濾波器使用四個信號取樣矩陣 $p_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ 和十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器，在此是十一個，在此例子中，此濾波器是如同列的和如同行的。其也使用一個 $[2(N-2)-1]$ 階二維錐形濾波器，在此也就是七個，以產生 $P_{i,j}^{7 \times 7}$ 和 $[2(N-2)-1]$ 階的二維錐形濾波器，在此也就是七個，以產生二信號取樣矩陣 $P_{i,j}^{7 \times 1}$ ， $P_{i,j}^{1 \times 7}$ 在此例中。圖 3 是一說明此一實施例的概要圖，當然，雖然此主張的題材未限制於此特別實行或實施例的範疇。例如，相當於那些由四個 $2(N-1)-1$ 階的二維錐形濾波器所產生的輸出信號取樣，在此是階級九其中 N 是六，和同樣地由 $2(N-2)-1$ 階的二維錐形濾波器所產生的輸出信號取樣，在此是階級七，可以不必由二維錐形濾波器產生。一個此種的濾波器顯示於圖 2 中，再次地，雖然額外的趨近以產生輸出信號給此顯示於圖 3 中的架構也可以被使用。

圖 3 說明一積體電路 (IC)，300，當然，雖然替換的實施

五、發明說明 (12)

例可以不被使用在一單一的積體電路晶片上。IC 300包括一 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構，其中 N 是一大於五的正整數，在此是六，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，至少如下。錐形過濾的輸出信號被產生相當於由十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器產生的輸出信號，再次地，在此例中是十一其中 N 是六，在圖3中的330，332，334，340，342，344，350，352，354，360，362，364，366，和368。錐形過濾的輸出信號被產生相當於不是由四個二維錐形濾波器就是一個 $[2(N-1)-1]$ 階，在此是九，的二維錐形濾波器，其中 N 是六，使用信號取樣矩陣 $p_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ 。這些輸出信號被圖3中的加法器310加總。錐形過濾的輸出信號也被產生相當於由一 $[2(N-2)-1]$ 階，在此是七其中 N 是六，的二維錐形濾波器產生的輸出信號，使用信號取樣矩陣 $P_{i,j}^{7 \times 7}$ 和二個 $2(N-2)-1$ 階的一維錐形濾波器使用信號取樣矩陣 $P_{i,j}^{7 \times 1}$ ， $P_{i,j}^{1 \times 7}$ 。這三個輸出信號 $P_{i,j}^{7 \times 7}$ ， $P_{i,j}^{7 \times 1}$ ， $P_{i,j}^{1 \times 7}$ ，和輸入信號 $s_{i,j}$ 被圖3中的加法器390加總。同樣地，在此二維錐形濾波器架構裝置中，在圖3中的裝置中，的個別輸出信號，例如330，332，334，340，342，344，350，352，354，360，362，364，366，和368的輸出信號被加總在此二維錐形濾波器架構之個別的計時週期，由圖3中的加法器370和375。加法器380將輸出信號310，370，375和390加總。當然，圖3剛好是一裝置之可能的例子，而此主張的題材未限制於此或其他特別裝置的範疇中。

例如， N 未被限制為六。同樣地，此相當於由一二維錐

五、發明說明 (13)

形濾波器產生的輸出信號之錐形過濾的輸出信號未限制於由一維錐形濾波器或二維錐形濾波器所實現的。同樣地，像先前指出的，如果使用一維濾波器，則此濾波器未限制於趨近前述標題"無乘法器錐形濾波器"，由Tinku Acharya於2001年1月3日申請的美國專利申請書序號09/754,684，或在標題"錐形濾波器"，由Tinku Acharya於2001年3月28日申請的美國專利申請書序號09/820,108 (律師摘要042390.P11211)的裝置。例如，一維錐形濾波器而不是無乘法器錐形濾波器可以使用。同樣地，依照此裝置，可以使用此錐形濾波器的不同數目和此錐形濾波器的不同階級。例如，此輸出信號可以用一方法結合或處理以產生相當於一不同數目，維數或階級之錐形濾波器的錐形過濾輸出信號。

當然，將會瞭解，雖然特別的實施例剛才已經描述過，此主張的題材未限制於一特別的實施例或裝置的範疇中。例如，一實施例可以是在硬體中，然而另一實施例可能是在軟體中。同樣地，例如，一實施例可能是在韌體中，或任何硬體，軟體，或韌體的組合。同樣地，雖然此主張的題材未限制於此考慮的範疇中，一實施例可以包含一物品，像一儲存媒體。此一儲存媒體，像例如，一CD-ROM，或一碟片，可以已經儲存指示於其上，當由一系統，像例如一電腦系統或平台或一成像系統，執行時，其可以造成一根據被執行之主張的題材之方法的實施例，像例如一過濾或處理一影像或視訊之方法的實施例，如前所述。例如，一影像處理平台或一影像處理系統可以包括一影像處理

五、發明說明 (14)

單元，一視訊或影像輸入/輸出裝置及/或記憶體。

當此主張的題材之一定的特徵已經在此說明和描述時，許多修正，替換，改變和相當物現在將發生在那些技術上已熟練的人。因此，應該瞭解附加的申請專利範圍意圖含蓋所有此種的修正和改變當落在此主張的題材之真實精神內。

四、中文發明摘要(發明之名稱： 二維錐形濾波器架構)

描述一種二維錐形濾波器架構的實施例。

英文發明摘要(發明之名稱： TWO-DIMENSIONAL PYRAMID FILTER ARCHITECTURE)

Embodiments of a two-dimensional pyramid filter architecture are described.

六、申請專利範圍

1. 一種積體電路包含：

一 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構，其中 N 是一大於五的正整數；

該 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，至少如下：

相當於由十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器產生的輸出信號之錐形過濾輸出信號；及

相當於不是由四個二維錐形濾波器就是一使用 $[2(N-1)-1]$ 階信號取樣矩陣之 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號；

其中，在該二維錐形濾波器架構中之個別的輸出信號被加總在該二維錐形濾波器架構之個別的計時週期上。

2. 如申請專利範圍第1項的積體電路，其中 N 是六；及

其中，該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，此相當於不是由四個二維錐形濾波器就是一個使用四個信號取樣矩陣 $P_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ ，之九階二維錐形，產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，該錐形過濾輸出信號由許多一維錐形濾波器產生。

3. 如申請專利範圍第2項的積體電路，其中該一維錐形濾波器包含一系列可度量之串級無乘法器操作單元，每一個該操作單元可以產生不同階的錐形過濾輸出信號的取樣流。

六、申請專利範圍

4. 如申請專利範圍第2項的積體電路，其中該一維錐形濾波器包含不是一維無乘法器錐形濾波器。
5. 如申請專利範圍第2項的積體電路，其中該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，此相當於不是由四個二維錐形濾波器就是一個使用四個信號取樣矩陣 $p_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ ，之七階二維錐形，產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，該錐形過濾輸出信號由許多由八個九階的一維錐形濾波器產生之一維錐形濾波器所產生。
6. 如申請專利範圍第5項的積體電路，其中，該八個九階的一維錐形濾波器的四個是如同列的應用及四個是如同行的應用。
7. 如申請專利範圍第5項的積體電路，其中該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，此相當於由四個九階二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，此由許多一維錐形濾波器產生的錐形過濾輸出信號是由八個九階的一維無乘法器錐形濾波器所產生。
8. 如申請專利範圍第7項的積體電路，其中，該八個九階的一維錐形濾波器的四個是如同列的應用及四個是如同行的應用。
9. 如申請專利範圍第2項的積體電路，其中該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，此相當於由四個九階二維錐形濾波器產生

六、申請專利範圍

之輸出信號的錐形過濾輸出信號，此由許多一維錐形濾波器產生的錐形過濾輸出信號是由非一維無乘法器錐形濾波器所產生。

10. 如申請專利範圍第1項的積體電路，其中N是六；

該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，至少如下：

由四個九階的二維錐形濾波器產生的輸出信號。

11. 如申請專利範圍第1項的積體電路，其中該十一階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，此相當於由四個九階二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，此錐形過濾輸出信號由一個以上二維錐形濾波器而不是四個二維錐形濾波器所產生。

12. 一種使用 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構過濾一影像的方法，其中N是一大於五的整數，該方法包含：

在該二維錐形濾波器架構之個別的計時週期上，加總以下：

相當於由十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號；及

相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用 $[2(N-1)-1]$ 階的信號取樣矩陣之 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號。

13. 如申請專利範圍第12項的方法，其中N是六；

相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用

六、申請專利範圍

[2(N-1)-1]階的信號取樣矩陣之[2(N-1)-1]階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由四個二維錐形濾波器產生的輸出信號。

14. 如申請專利範圍第12項的方法，其中N是六；及

其中相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用四個信號取樣矩陣 $p_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ 之九階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由許多一維錐形濾波器產生的錐形過濾輸出信號。

15. 如申請專利範圍第14項的方法，其中該一維錐形濾波器包含一系列可度量之串級無乘法器操作單元，每一個該操作單元可以產生不同階的錐形過濾輸出信號的取樣流。

16. 一種物件包含：一儲存媒體，該儲存媒體具有儲存之指令，其當執行時造成使用一 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構來過濾一影像，其中N是一大於五的正整數，由：

在該二維錐形濾波器架構之個別的計時週期上，加總以下：

相當於由十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號；及

相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用[2(N-1)-1]階的信號取樣矩陣之[2(N-1)-1]階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號。

17. 如申請專利範圍第16項的物件，其中N是六；

六、申請專利範圍

相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用 $[2(N-1)-1]$ 階的信號取樣矩陣之 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由四個二維錐形濾波器產生的輸出信號。

18. 如申請專利範圍第16項的物件，其中N是六；及

其中相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用四個信號取樣矩陣 $p_{i-1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $p_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ 之九階的二維錐形產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由許多一維錐形濾波器產生的錐形過濾輸出信號。

19. 如申請專利範圍第18項的物件，其中該一維錐形濾波器包含一系列可度量之串級無乘法器操作單元，每一個該操作單元可以產生不同階的錐形過濾輸出信號的取樣流。

20. 一種影像處理系統，包含：

一影像處理單元以過濾掃描的彩色影像；

該影像處理單元包括至少一二維錐形濾波器架構；

該至少一二維錐形濾波器架構包含：

一 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構，其中N是一大於五的正整數；

該 $2N-1$ 階的二維錐形濾波器架構，在實施中，可以產生在個別的計時週期上，至少如下：

相當於由十四個 $2N-1$ 階的一維錐形濾波器產生的輸出信號之錐形過濾輸出信號；及

六、申請專利範圍

相當於不是由四個二維錐形濾波器就是一使用 $[2(N-1)-1]$ 階的信號取樣矩陣之 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號；

其中，在該二維錐形濾波器架構中之個別的輸出信號被加總在該二維錐形濾波器架構之個別的計時週期上。

21. 如申請專利範圍第20項的系統，其中N是六；

相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用 $[2(N-1)-1]$ 階的信號取樣矩陣之 $[2(N-1)-1]$ 階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由四個二維錐形濾波器產生的輸出信號。

22. 如申請專利範圍第20項的系統，其中N是六；及

其中相當於不是由四個二維錐形濾波器，就是一個使用四個信號取樣矩陣 $P_{i,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i-1,j+1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i+1,j-1}^{9 \times 9}$ ， $P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$ 之七階的二維錐形濾波器產生之輸出信號的錐形過濾輸出信號，包含由許多一維錐形濾波器產生的錐形過濾輸出信號。

23. 如申請專利範圍第22項的系統，其中該一維錐形濾波器包含一系列可度量之串級無乘法器操作單元，每一個該操作單元可以產生不同階的錐形過濾輸出信號的取樣流。

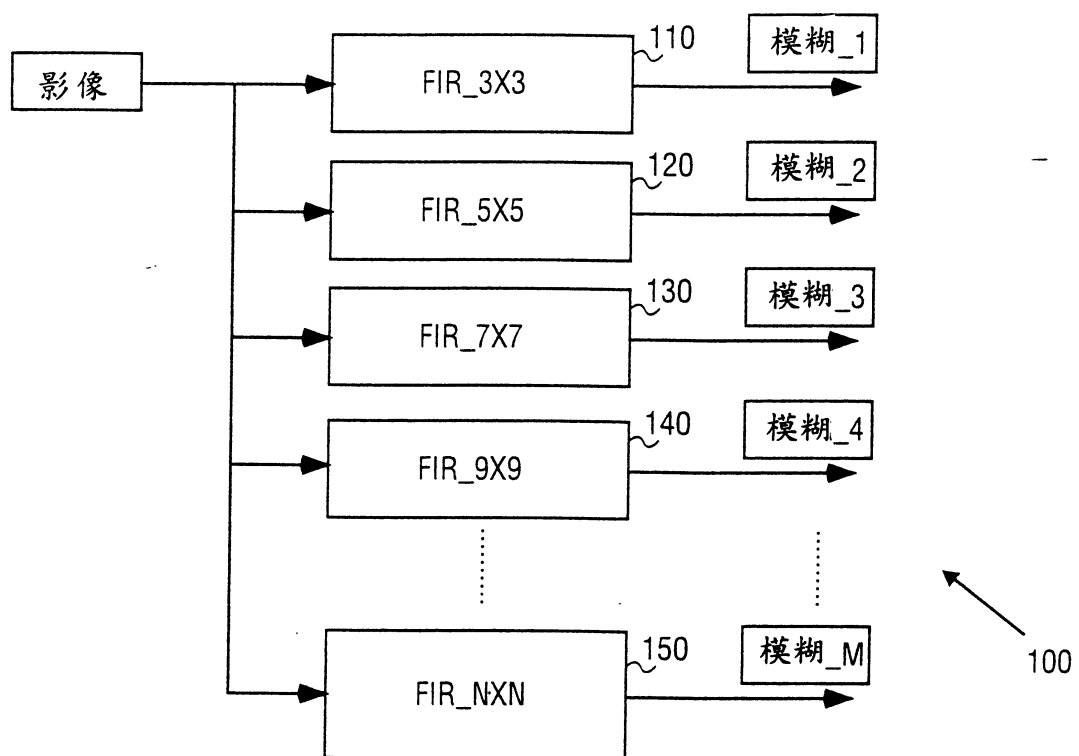


圖 1

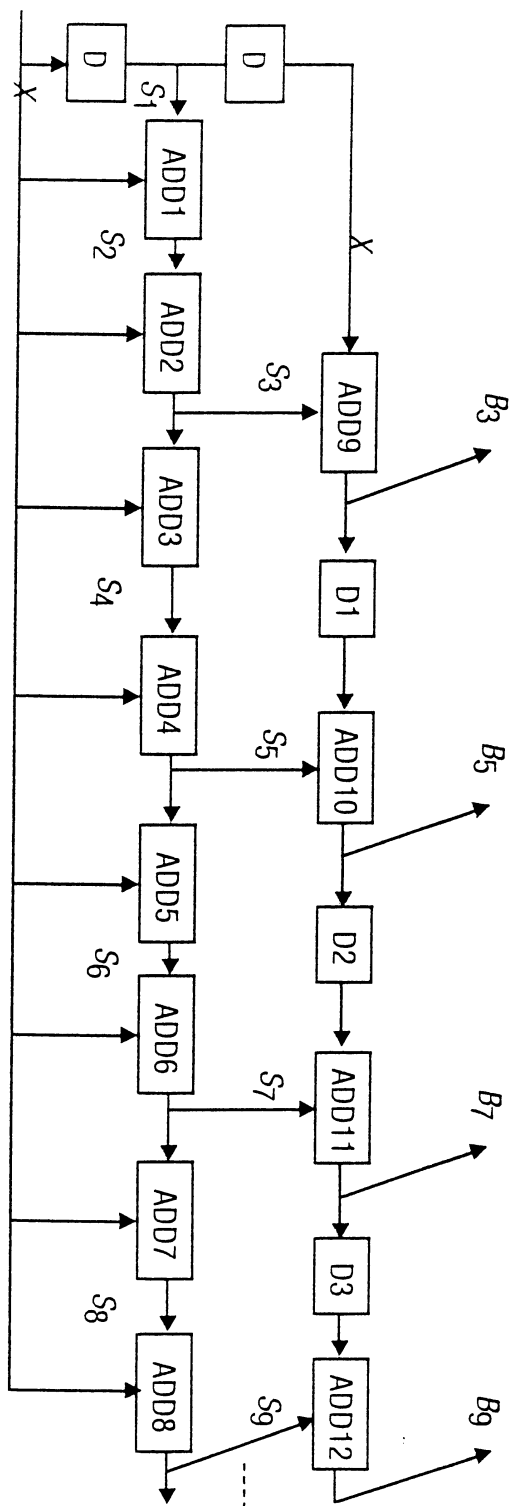


圖 2

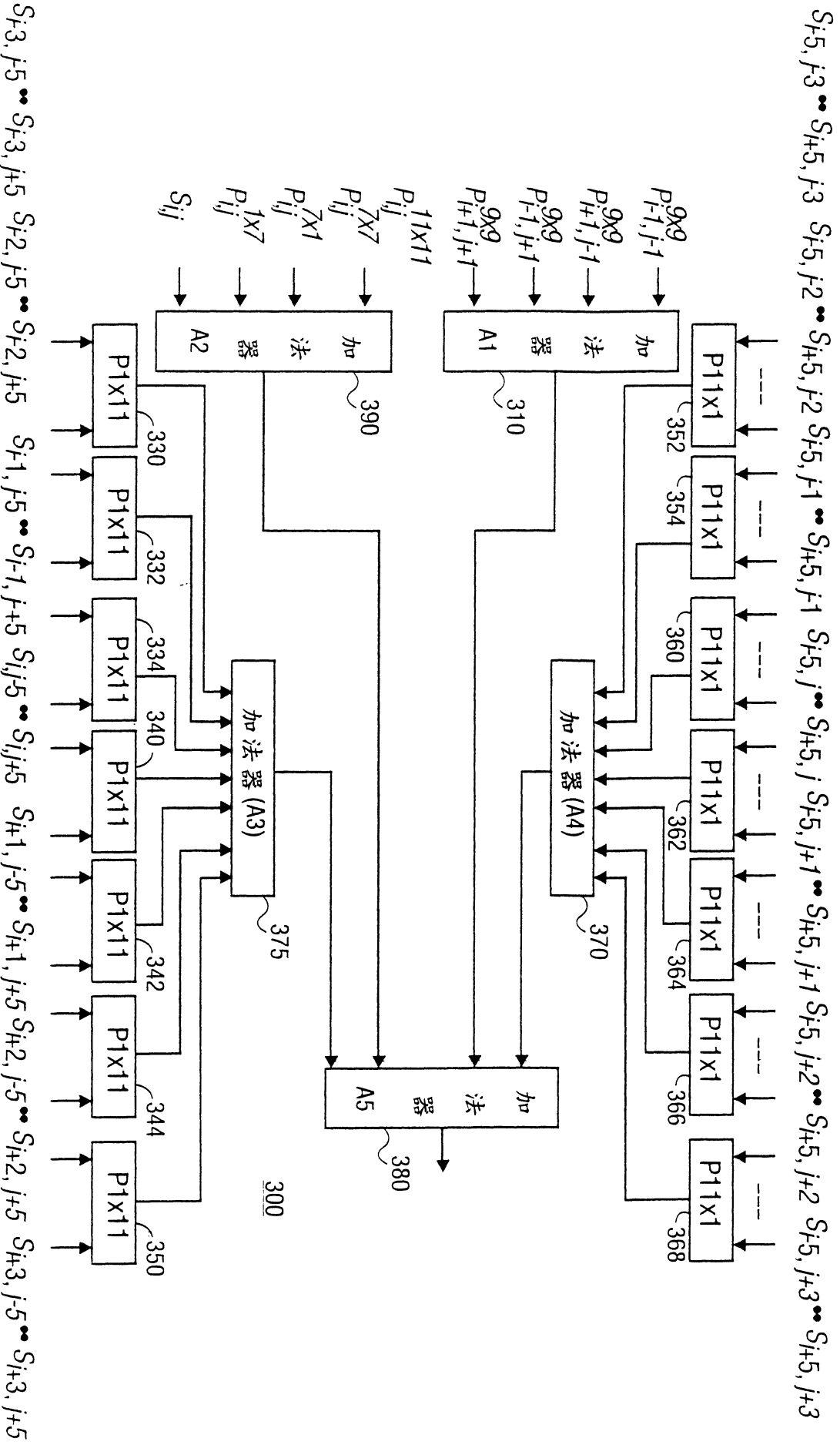


圖 3

$$P^{k \times k} = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{k \times k} & P_{0,1}^{k \times k} & \cdots & \cdots & P_{0,N-1}^{k \times k} \\ P_{1,0}^{k \times k} & P_{1,1}^{k \times k} & \cdots & \cdots & P_{1,N-1}^{k \times k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & P_{i,j}^{k \times k} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ P_{M-1,0}^{k \times k} & P_{M-1,1}^{k \times k} & \cdots & \cdots & P_{M-1,N-1}^{k \times k} \end{bmatrix}$$

圖 4

$$S = \begin{bmatrix} S_{0,0} & S_{0,1} & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & S_{0,N-1} \\ S_{1,0} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & S_{1,N-1} \\ \cdot & \cdot & S_{i-1,j-1} & S_{i-1,j} & S_{i-1,j+1} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & S_{i,j-1} & S_{i,j} & S_{i,j+1} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & S_{i+1,j-1} & S_{i+1,j} & S_{i+1,j+1} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{M-1,0} & S_{M-1,1} & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & S_{M-1,N-1} \end{bmatrix}$$

圖 5

$$F_{k \times k} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ \frac{k+1}{2} \\ \vdots \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & \frac{k+1}{2} & 4 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & \frac{k+1}{2} & \dots & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & \dots & \frac{2(k+1)}{2} & \dots & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & 9 & 6 & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{k+1}{2} & \frac{2(k+1)}{2} & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & \frac{(k+1)^2(k+1)}{4} & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \frac{2(k+1)}{2} & \frac{k+1}{2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 3 & 6 & 9 & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & \dots & \frac{2(k+1)}{2} & \dots & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & \frac{k+1}{2} & \dots & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

圖 6

$$F_{11 \times 11} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 5 \\ 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 & 12 & 18 & 20 & 15 & 12 & 10 & 8 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 15 & 18 & 24 & 25 & 20 & 18 & 15 & 12 & 9 & 6 & 3 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 20 & 24 & 30 & 30 & 25 & 24 & 20 & 16 & 12 & 9 & 6 \\ 5 & 10 & 15 & 20 & 25 & 30 & 36 & 36 & 30 & 30 & 25 & 20 & 15 & 10 & 5 \\ 6 & 12 & 18 & 24 & 30 & 36 & 42 & 42 & 36 & 36 & 30 & 24 & 18 & 12 & 6 \\ 5 & 10 & 15 & 20 & 25 & 30 & 36 & 36 & 30 & 30 & 25 & 20 & 15 & 10 & 5 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 20 & 24 & 30 & 30 & 25 & 24 & 20 & 16 & 12 & 9 & 6 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 15 & 18 & 24 & 25 & 20 & 18 & 15 & 12 & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 & 12 & 18 & 20 & 15 & 12 & 10 & 8 & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

圖 7

$$P^{1 \times k} = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{1 \times k} & P_{0,1}^{1 \times k} & \dots & P_{0,N-1}^{1 \times k} \\ P_{1,0}^{1 \times k} & P_{1,1}^{1 \times k} & \dots & P_{1,N-1}^{1 \times k} \\ \vdots & \vdots & P_{i,j}^{1 \times k} & \vdots \\ P_{M-1,0}^{1 \times k} & P_{M-1,1}^{1 \times k} & \dots & P_{M-1,N-1}^{1 \times k} \end{bmatrix}$$

圖 8

$$P^{k \times 1} = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{k \times 1} & P_{0,1}^{k \times 1} & \cdots & \cdots & P_{0,N-1}^{k \times 1} \\ P_{1,0}^{k \times 1} & P_{1,1}^{k \times 1} & \cdots & \cdots & P_{1,N-1}^{k \times 1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & P_{i,j}^{k \times 1} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ P_{M-1,0}^{k \times 1} & P_{M-1,1}^{k \times 1} & \cdots & \cdots & P_{M-1,N-1}^{k \times 1} \end{bmatrix}$$

圖 9