

Retinal Prosthesis Chip Modeling and Simulation

視網膜晶片之模型與模擬

B06 方日榮 趙芝安 黃遵翰 指導老師：張彌彰教授

摘要

本次專題的主要目的為視網膜仿生晶片之模擬，目標是呈現透過視網膜晶片所見之影像。我們考慮電路的特性，撰寫程式語言模擬可能的成像結果。因為我們模擬的晶片只有 4096 Pixels(64x64)，所以我們必須對原影像做分格。適當分格後我們可以模擬每一單位格中光電偶極所佔之大小對於成像之影響，以及放大電路可以對影像帶來什麼改進。接著我們進一步模擬視網膜晶片每一單位格不同的錯置方法對成像之影響。

在人眼視神經元會做 Laplacian 強化物體邊緣，以及大腦會將神經傳送的訊號做 Inverse Laplacian 還原影像的推測下，我們假設視網膜晶片有專門處理 Laplacian 以及 Inverse Laplacian 的電路，並透過系統模擬，探討人類大腦是否可透過是神經傳送的 Laplacian 邊緣訊號，經過計算後還原回正確的影像。我們也模擬了電路的非線性效應對影像的影響，以及模擬視網膜晶片電路若沒有正常運作，會產生什麼結果。

系統架構



Functionality

Input : 原始彩色影像 Lenna.ppm

PIM: 影像灰階化

Grid/Hex function 影像分格 - 前兩個決定要取的 pixel。在測試時都取

2,2，是 16 格裡中間附近的位置 side=4，代表邊長為 4x4，也就是 16 格

gain 是在將平均後的大小再放大回來

PFM: 線性與非線性

- 在 ideal 的情況下，偵測到的強度應該和 pulse frequency 成正比

- 模擬 non ideal 的非線性效應，即是在此做 Log Mapping。

FVC: 將讀取近來的數值做 Laplacian，另外可以指定中間的數值是否 Augmented

Inverse Laplacian :Laplacian 反運算

Output : 分格灰階影像 Out.ppm

原理與實驗結果

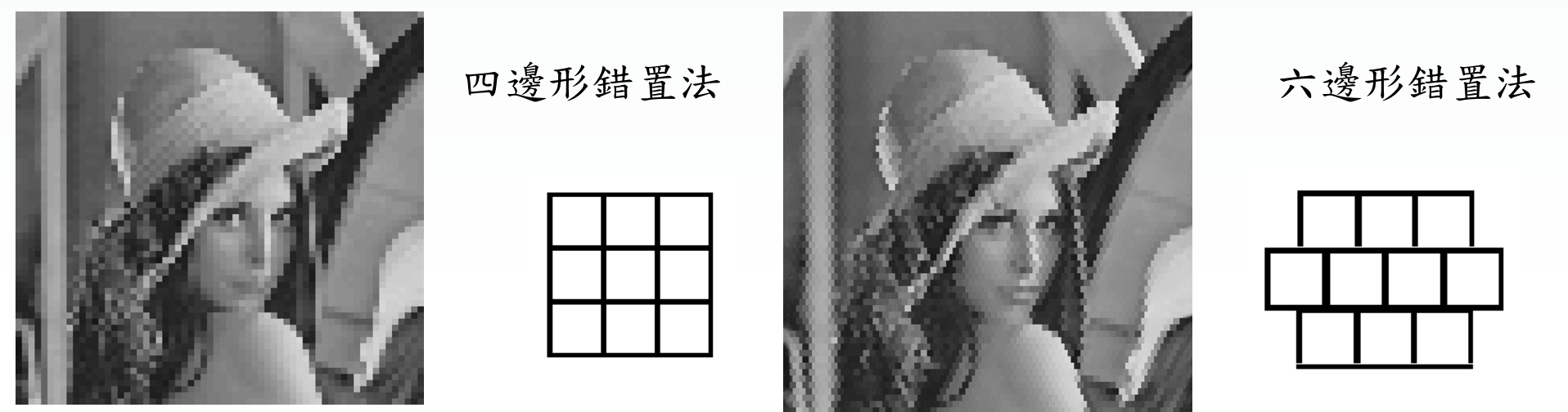
【放大電路對影像之影響】

原來的影像幾乎一片漆黑，幾乎無法辨別出任何資訊，但加入放大電路後，影像都可以還原出原來的女主角。就算 photo diode 很面積很小，造成畫面很暗，但只要放大器的 gain 足夠的話，影像還是可以重現。故放大器的 Gain 比 Photo Diode 的大小來得重要。以 2 X 2 的 pixel diode 大小為例，看得出顯著的區別。



【單位格錯置的方式對影像的影響】

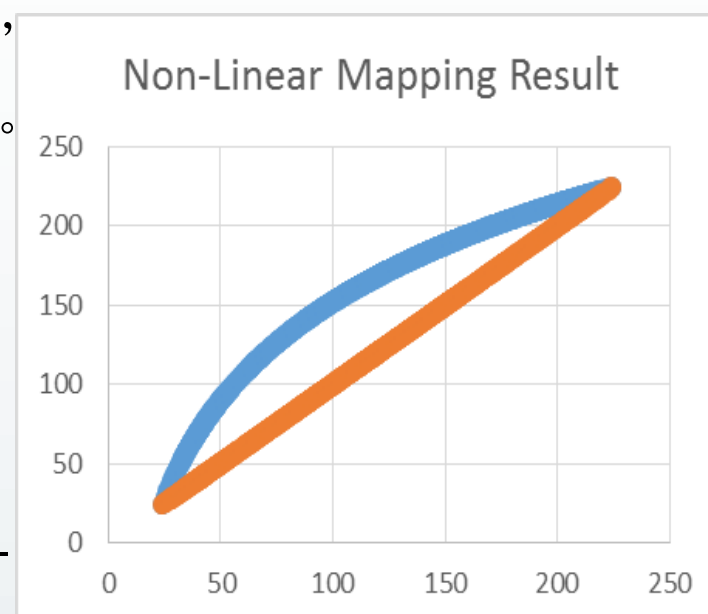
Grid 分格的畫面看起來比較平面，Hexagonal 分格法得到的影像比較立體。單看女主角的嘴巴的話，Grid 影像嘴巴被壓平了，Hexagonal 影像嘴巴的輪廓比較立體比較清晰。再加上奇數排偶數排錯開的話，比較可以沿著輪廓分格，分格的影像可以保留較多原來影像的資訊，而且影像比較能呈現人體視覺之立體感。



【非線性的效應之影響】

我們在 PFM 中原本假設 pulse 與頻率的對應關係是線性，但通常電路會有非線性效應，造成 Mapping 是非線性的。我們認為人眼對於亮度的感測也遵守 Log Scaling 機制，故很多影像處理軟體將畫面調亮就是用 Log Scaling Mapping 的方式。

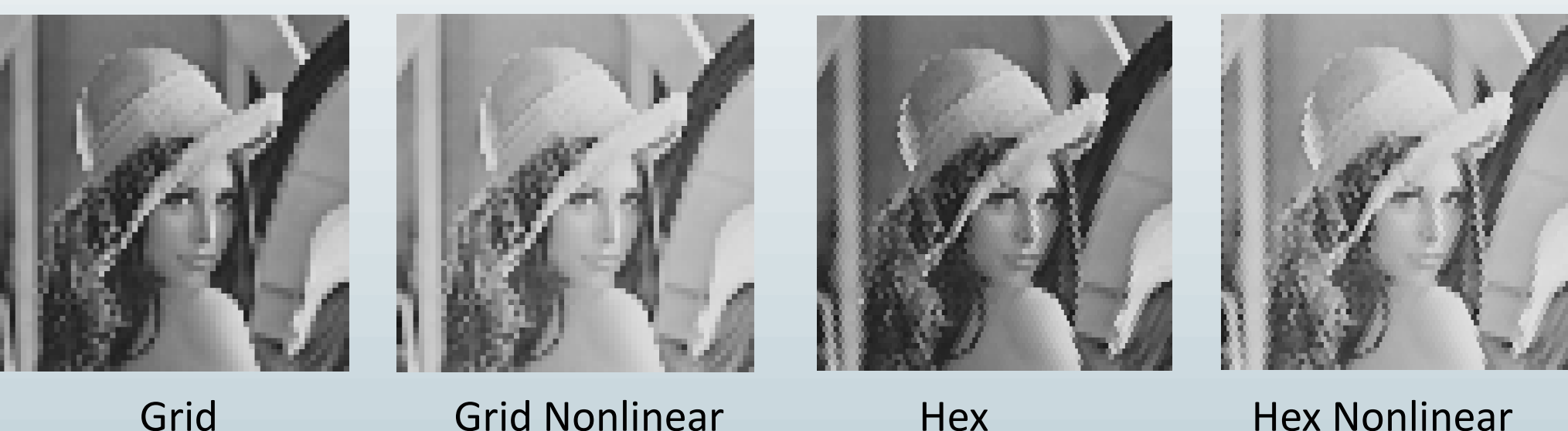
不管是 Grid 或是 Hex，non-Linear 後分格的畫面會變亮，比較像人眼看到的亮度。



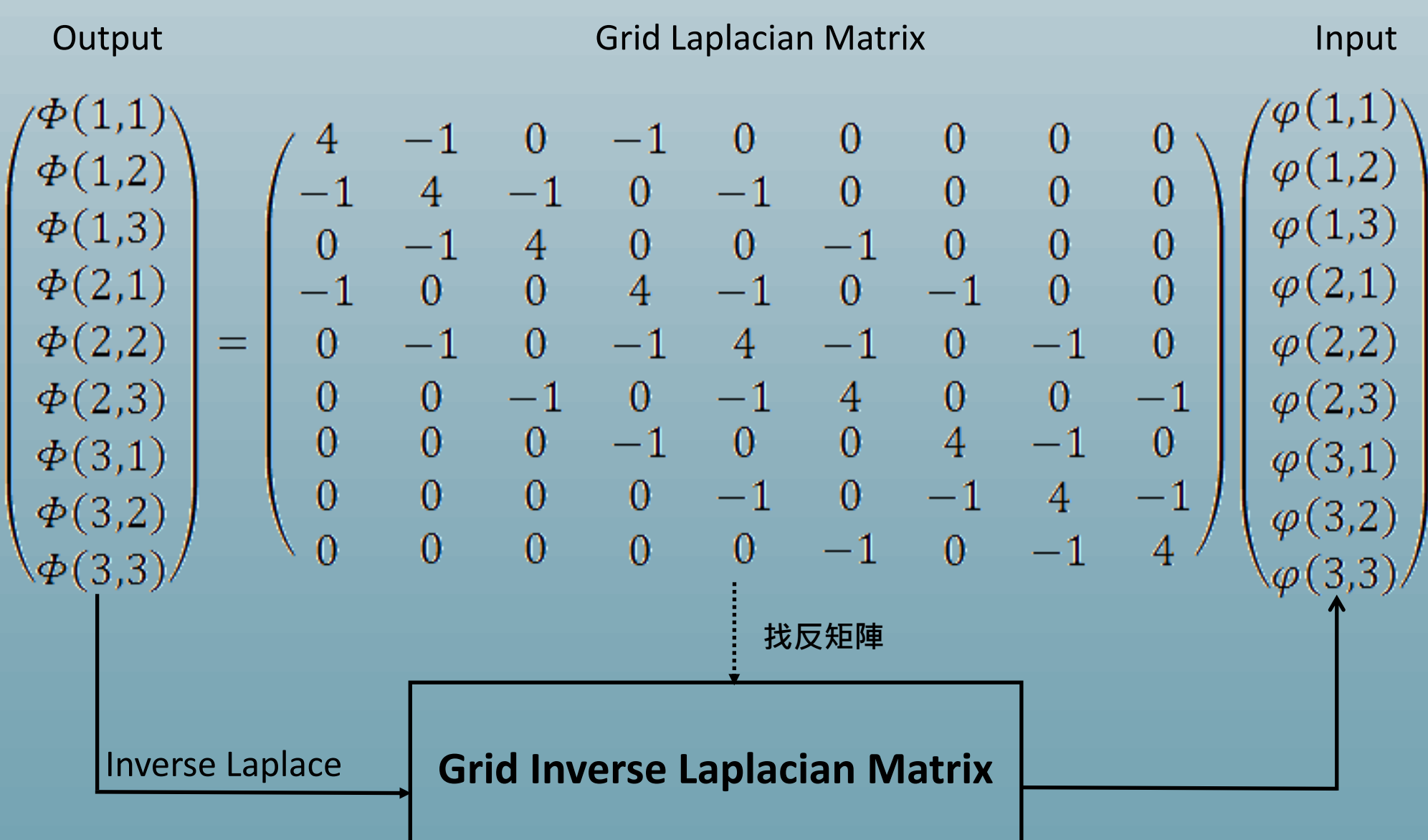
【Defect Pixel 對影像之影響】

photodiode 在 malfunction 的時候，可能會使某些 pixel 的值變為 0 或其他值。Inverse Laplacian 的數學意義為積分，如果 Laplacian 之後某一格最大值(設為 255)，Inverse Laplacian 積分特性得到最後的結果會讓壞掉 pixel 的附近大範圍都變成 255，也就是呈現一大片白色區塊。

1. Laplacian 之前電路壞掉，Inverse Laplacian 可以解回哪格壞的：很明顯可以看到在臉上有一格黑掉的 Pixel，代表 Laplacian 前那一格的收到的 Photodiode 光強度大小為 0。
2. Laplacian 之後電路壞掉，造成 Laplacian 的結果一直是 0 或 255 的話，Inverse Laplacian 的積分效果，會把錯誤傳下去，影響一整個區塊，而且壞掉的 pixel 的值=255 之影響大於壞掉的 pixel 的值=0 之影響：



【Laplacian 與 Inverse Laplacian】



只要 Laplacian 和 Inverse Laplacian 都是 Grid 或都是 Hex，而且 Laplacian 前後中央周圍乘的係數一致，電路可以解回 Laplacian 前灰階分格的結果。

取 Augmented Laplacian 結果，Hex Laplacian 的影像可以透過 Grid Inverse Laplacian 還原，Grid Laplacian 也可透過 Hex Inverse Laplacian 回復。

Hex \rightarrow Grid 會比 Grid to Grid 更立體，由 Grid \rightarrow Hex 會比原來的 Hex to Hex 更柔和。

