

# 5×5 CNN 하드웨어 및 전·후 처리기 구현

김승수\* · 정금섭\*\* · 전홍우\*

\*금오공과대학교 전자공학과, \*\*구미기능대학

## An Implementation of 5×5 CNN Hardware and Pre·Post Processor

Seung-soo Kim\* · Kum-sub Jeong\*\* · Heung-woo Jeon\*

\*School of Electronics Eng. Kumoh National Institute of Technology

\*\*Gumi Polytechnic College

E-mail : blueos@kumoh.ac.kr, ksjung@kopo.or.kr, hwjeon@kumoh.ac.kr

### 요 약

셀룰러 신경회로망(CNN)은 일반적인 신경회로망과는 다른 형태의 회로구조를 가진다. 이것은 간단한 처리요소인 셀들의 배열로 이루어져 있으며, 각 셀들은 국부적인 연결특성과 공간불변 템플릿 특성을 갖는다. 본 논문에서는 소규모의 CNN셀 블록을 사용하여 대규모의 입력영상을 블록으로 처리하는 실용적인 시다중화 영상처리 기법을 적용하였다. 그리고, C프로그램과 Matlab모델로 구현된 시뮬레이터를 사용하여 윤곽선 검출 시뮬레이션을 하였다. 또한 5×5 CNN 하드웨어와 전·후 처리기를 설계하여 시험중에 있다.

### ABSTRACT

The cellular neural networks have the circuit structure that differs from the form of general neural network. It consists of an array of the same cell which is a simple processing element, and each of the cells has local connectivity and space invariant template property. In this paper, time-multiplex image processing technique is applied for processing large images using small size CNN cell block, and we simulate the edge detection of a large image using the simulator implemented with a c program and matlab model. A 5×5 CNN hardware and pre·post processor is also implemented and is under test.

### I. 서 론

Cellular neural network(CNN)는 1988년에 L.-O.Chuna와 L.Yang에 의해 처음 발표되었다. 셀룰러 뉴럴 네트워크(CNN)는 간단한 처리요소인 셀들이 서로 국부적으로 연결되어 구성된 대규모의 병렬처리 시스템으로서 이와 같은 국부적인 연결특성과 공간불변 템플릿 특성은 셀룰러 뉴럴네트워크를 하드웨어로 구현할때는 배선이 용이하며, 칩의 집적도를 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 실제 크기 영상처리에서는 CNN 하드웨어와 영상에 포함된 모든 화소를 일대일로 적용하기는 거의 불가능하다.

본 논문에서는 영상처리에 적합하도록 소규모의 CNN셀 블록을 적용하여 대규모의 입력영상을 블록으로 처리하는 실용적인 시다중화 영상처리 기법을 바탕으로 영상을 처리하기 위해서 새로운 방

식의 입·출력구조를 적용한 5×5 CNN 하드웨어를 구현하였고, 하드웨어를 구현하기전에 C프로그램과 Matlab의 Simulink로 5×5 CNN을 설계하여 시뮬레이션하였다.

### II. 셀룰러 뉴럴 네트워크

셀룰러 뉴럴 네트워크(CNN)는 셀들 간의 국부적인 연결과 뉴런의 다차원 배열 형태의 연속 또는 이산 시간의 인공지능 네트워크이다.

1988년 Chua와 Yang에 의해서 제안된 기본적인 CNN은 m개의 행과 n개의 열로 배열된 m×n 셀로 구성된다. CNN에서 각 셀은 배열의 요소에 해당한다. 그러나, 배열의 형태는 정방형일 필요는 없으며, 삼각 또는 육각형의 형태를 가질수 있다. 기본 단위셀의 등가회로는 그림 1과 같으며, 셀의 상

태방정식과 출력방정식은 식(1)과 식(2)와 같다.

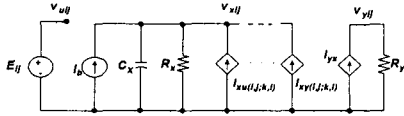


그림 4. 기본 단위 셀의 등가회로

$$C \frac{dv_{xij}(t)}{dt} = -\frac{1}{R_x} v_{xij}(t) + C \sum_{k,l \in N_{(i,j)}} A(i,j;k,l) v_{ykl}(t) + C \sum_{k,l \in N_{(i,j)}} B(i,j;k,l) v_{ukl} + I$$

$$v_{yij}(t) = \frac{1}{2} (|v_{xij}(t) + I| - |v_{xij}(t) - I|) \quad (2) \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$$

여기서,  $v_{xij}(t)$ 는 셀  $C(i,j)$ 의 상태전압,  $I$ 는 바이어스전류이며  $C$ 와  $R_x$ 는 선형 캐패시터 및 선형 저항을 나타낸다. 그리고  $A(i,j;k,l)$ ,  $B(i,j;k,l)$ 는 셀  $C(i,j)$ 와 이웃한 모든 셀  $C(k,l)$ 에 대한 가중치 및 순방향 템플릿이며  $v_{ykl}(t)$ 은 이웃한 셀의 출력전압,  $v_{ukl}$ 은 이웃한 셀의 입력전압을 나타낸다.

### III. 시뮬레이션

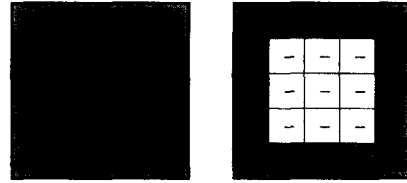
Matlab의 Simulink를 사용하여 5×5 CNN을 설계하여 윤곽선 검출을 시뮬레이션 해보았다. 윤곽선 검출을 위해 사용된 템플릿은 그림 2에 나타내었으며, 그림 3은 윤곽선 검출을 위해 사용된 입력영상과 출력영상을 나타내며, 그림에서 백색은 -, 흑색은 +를 나타낸다. 그림 4는 시뮬레이션의 결과이다. 그림 4(a)는 cell11에서 cell15까지 출력값이 모두 +으로 나오는 것을 보여주며, 그림 4(b)는 cell21과 cell25는 +로 나오며, cell22에서 cell24는 -로 나온다. 그림 4(c)와 (d)는 그림 4(b)와 그림 4(e)는 그림 4(a)와 동일한 패턴이 나오는 것을 확인해 볼 수 있다. 따라서 윤곽선 검출이 정상적으로 되고 있음을 보여준다.

0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0

0.0	-0.5	0.0
-0.5	2.0	-0.5
0.0	-0.5	0.0

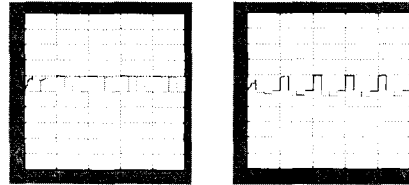
(a) A 템플릿 (b) B 템플릿

그림 2. 윤곽선 검출을 위한 템플릿

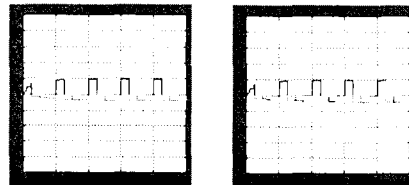


(a) 입력영상 (b) 출력영상

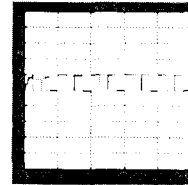
그림 3. 윤곽선 검출을 위한 입·출력영상



(a) cell11~cell15 (b) cell21~cell25



(c) cell31~cell35 (d) cell41~cell45



(e) cell51~cell55

그림 4. 5×5 CNN의 윤곽선 검출 특성

소규모의 셀 블록으로 대규모의 영상을 처리하는데 유용한 시다중화 기법을 적용하여 영상을 처리하기 위해 C프로그램을 이용하여 256×256 입력영상에 대해서 5×5 CNN 블록을 적용하여 윤곽선 검출에 대한 시뮬레이션을 해보았다. 윤곽선 검출을 위해 사용된 템플릿은 그림 1에 나타낸 것을 사용하였다. 그림 5는 시뮬레이션의 결과이며 윤곽선 검출이 정상적으로 되고 있음을 보여준다.

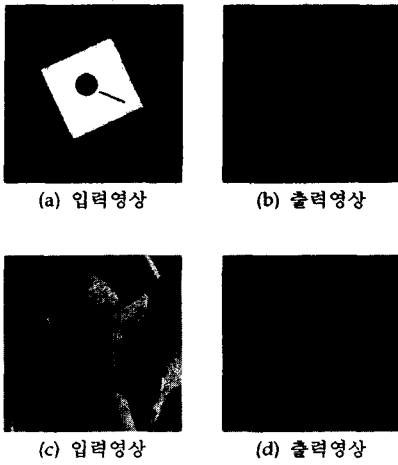


그림 5. 윤곽선검출을 위한 입·출력영상

동작됨을 확인해 볼 수 있었다. 윤곽선 검출에 관한 특성을 표 1에 요약하였다.

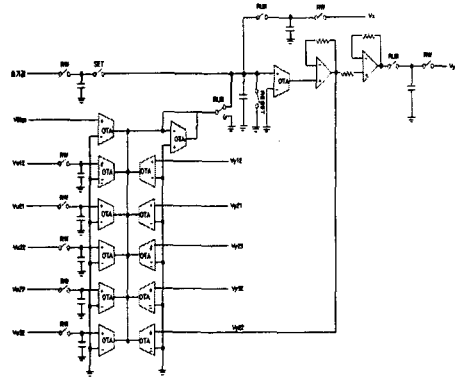


그림 6. 기본 셀 회로

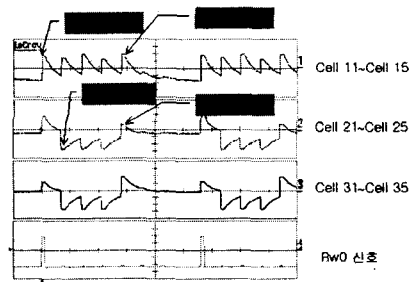
#### IV. 5X5 CNN 하드웨어 진·후처리기 설계

5x5 CNN 하드웨어의 기본 셀 회로는 그림 6과 같다. 이 논문에서 제시하는 CNN 셀 블록의 입력과 출력의 처리는 모든 셀의 입력과 출력을 공유하고, 직렬입력-직렬출력 구조의 병목현상을 최소화하기 위해서 행과 열을 직렬-병렬 입력과 출력구조를 가지도록 설계하여 입력과 출력 핀의 과다 문제를 해결하도록 하였다.

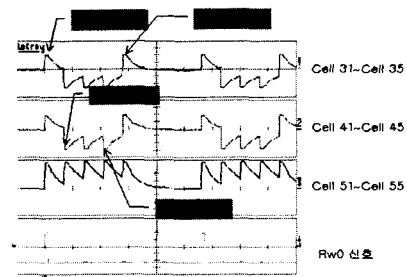
기본 셀의 동작은 RW → RESET → SET → RUN 순으로 반복적으로 동작을 하게된다. RW 스위치는 각 입력을 커패시터에 저장하도록 하고, 전 상태의 입력으로 연산한 최종 상태값을 출력하도록 한다. RESET 스위치는 캐패시터를 방전시켜 셀의 상태를 초기화시키며, SET 스위치는 캐패시터에 저장된 초기의 상태값을 셀에 로드시킨다.

단위 셀 회로를 바탕으로 5x5 CNN 하드웨어를 구성한 후에 하드웨어의 동작여부를 확인하기 위해서 단위 셀에 대한 템플릿의 기능, Bias의 기능들이 제대로 동작되는지를 확인해 보았다. 단위 셀에 대한 확인 후 실시간으로 영상을 처리하기 위해서 PC와의 인터페이스를 위한 제어보드를 설계 및 제작하였다. 그림 8과 같이 PC와의 인터페이스를 통해서 윤곽선 검출을 출력결과가 그림 7에 나타내었다.

그림 7(a)는 cell11~cell15에서는 RW 신호가 동작할 때 출력신호 모두가 High로 나왔다. cell21~cell25와 cell31~cell35의 출력은 High, Low, Low, High로 나왔다. 그림 7(b)는 cell31~cell35부터 cell51~cell55까지 출력신호를 나타내었는데 cell41~cell44는 High, Low, Low, High이고, cell51~cell55는 모두 High로 나왔다. 윤곽선 검출에 대한 결과가 시뮬레이션 결과와 일치하였음을 확인하였다. 결과적으로, 5x5 CNN 하드웨어가 정상적으로



(a) cell11~cell15에서 cell31~cell35



(b) cell33~cell35에서 cell51~cell55

그림 7. 윤곽선 검출에 따른 출력값

표 1. 5×5 CNN의 유평산 검출특성

행 \ 열	cell 1열	cell 2열	cell 3열	cell 4열	cell 5열
cell 1행	H/H	H/L	H/H	H/H	H/H
cell 2행	H/H	H/L	H/L	H/L	H/H
cell 3행	H/H	H/L	H/L	H/L	H/H
cell 4행	H/H	H/L	H/L	H/L	H/H
cell 5행	H/H	H/H	H/H	H/H	H/H
비고	입력/출력 (H : High, L : Low)				

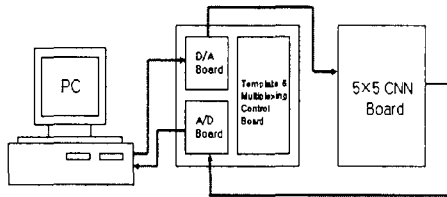


그림 8. PC 인터페이스 구성도

## V. 결론

본 논문에서는 대규모 영상의 영상처리에 적합한 직렬·병렬 파이프라인 구조를 갖는 5×5 CNN 하드웨어를 설계, 제작하고 유평산 검출에 관한 신호를 추출하였다. 또한 소규모의 CNN셀 블록을 적용하여 대규모의 입력영상을 블록으로 처리하는 실용적인 시다중화 영상처리 기법을 바탕으로 소프트웨어적으로 영상처리 실험을 하였다. 제작된 CNN 하드웨어는 대부분의 기능 즉, A 및 B 템플릿, Bias 기능, 경계값, 초기값등이 적절히 동작함을 확인하였다.

향후과제는 PC와의 인터페이스를 보강하여 셀보다 큰 입력영상에 대해서 영상처리를 함으로써 대규모 영상의 영상처리 및 다양한 영상처리에 응용할 수 있는 영상처리 시스템을 만드는 것이다.

## 참고 문헌

- [1] L. O. Chua and L. Yang, "Cellular neural networks: Theory", IEEE Trans. Circuits & Systems, vol. CAS-35, pp. 1257-1272, Oct. 1988.
- [2] L. O. Chua and L. Yang, "Cellular neural networks: Applications", IEEE Trans. Circuits & Systems, vol CAS-35, pp. 1273-1289, Oct. 1988.
- [3] C.C. Lee and J. Pineda de Gyvez, "Time

Multiplexing CNN Simulator", Proc. IEEE Int. Symposium on Circuits and Syst., pp. 407-410, Dec. 1994.

- [4] Bing J. Sheu. and Joongho Choi, "Neural Information Processing and VLSI", Kluwer Academic Publishers. 1995.