

## 뉴런의 기능을 모사한 3x3배열구조의 디지털 회로에서의 오류위치 확인 및 복구 알고리즘

김석환\*

### An Error position detection and recovery algorithm at 3x3 matrix digital circuit by mimicking a Neuron

Seok-Hwan Kim\*

Department of Electronics Engineering, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

#### 요 약

본 연구에서는 뉴런이 지니는 기능 및 결합구조를 모사하여 3x3 배열의 기능별로 분리시킨 후 디지털 회로에서 동작 중 발생할 수 있는 일시적 또는 영구적인 오류 위치를 정확히 찾아내어 복구 시키는 알고리즘을 제안한다. 결합된 세포에서 어느 특정 일부분이 문제가 발생할 경우 그 기능을 다른 세포로 분화되어 동일 기능을 수행하며 오류가 발생한 세포는 주변 세포에 의해 사멸시키는 단계를 거친다. 이런 세포가 지니는 기능 및 구조를 디지털 회로내부에 기능 블록구조로 설계하여 알고리즘을 제안하였다. 본 연구에서 고려한 1번 블록의 4번 모듈이 오류가 발생했을 경우 가로 방향에 대한 전체 모듈번호에 대한 합, 세로 방향에 대한 전체 모듈 번호 합, 대각선 방향에 대한 전체 모듈 번호의 합을 이용하여 쉽게 그 위치를 찾을 수 있었다.

#### ABSTRACT

In this study, we propose an algorithm to simulate the function of the coupling structure and having two neurons to find out exactly recover the temporary or permanent position errors that can occur during operation in a digital circuit was separated by function, a 3x3 array. If any particular part in the combined cells are differentiated cells have a problem that function to other cells caused an error and perform the same function are subjected to a step of apoptosis by the surrounding cells. Designed as a function block in the function and the internal structure having a cell structure of this digital circuit proposes an algorithm. In case of error of module 4 of block 1 considered in this study, sum of all module numbers for horizontal direction, total module number sum for vertical direction, and sum of all module numbers for diagonal direction, We were able to find the location.

**키워드** : 뉴런, 오류검출, 이중화 구조, 복구 알고리즘

**Key word** : Neuron, Fault Detection, DMR, Repair Algorithm

Received 30 October 2016, Revised 04 November 2016, Accepted 10 November 2016

\* Corresponding Author Seok-Hwan Kim(E-mail:ksh63045@naver.com, Tel:+82-42-829-7650)

Department of Electronics Engineering, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.11.2193>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

생명체의 생성과정과 유지 능력은 생물의 유전 정보를 저장하고 해석하는 세포의 건강상태에 좌우 된다. 초기 유전 생명공학이 발전 단계에서는 유전자를 구성하는 물질을 알아내는 것에 연구의 방향을 두었다[1].

한 세포에서 지닌 유전정보는 복제하여 다음 딸세포에게 전달하는 과정을 거치며 이 과정이 반복되며 생존 과정을 유지하게 한다[2].

20세기 후반 생명체에 대한 유전부분의 연구는 세포가 지니는 기능을 공학적으로 모사, 여러 분야의 모델에 적용하는 다른 학문의 분야로 발전하게 되었다. 디지털 시스템의 구성은 우리 인체구조와 마찬가지로 하나의 시스템이면서 각각 기능별로 구분이 가능하다. 이 각 기능별로 나누어지는 모델은 세부 역할 단위의 블록으로 나누게 되고 각 세부 블록은 모듈단위별로 나눌 수 있게 된다. 생명체의 최소 단위는 세포와 같이 공학 시스템도 생명체와 같이 최소단위인 게이트(Gate)수준까지 나눌 수가 있다.

본 연구에서 제시하는 알고리즘은 세포가 지니는 기능을 모사하여 오류 위치를 찾아내고 복구시키는 알고리즘을 제시한다. 세포의 결합은 복잡하게 서로 연결되어 있으나 어느 한 부분에서 문제가 발생하면 그 위치를 정확히 찾아내고 사멸 시키거나 주변 세포가 그 기능을 대신 할 수 있다. 이런 세포가 지니는 기능 및 구조를 디지털 회로내부에 기능 블록구조로 설계하여 3x3 배열의 기능별로 분리시킨 후 디지털회로에서 동작 중 발생할 수 있는 일시적 또는 영구적인 오류 위치를 정확히 찾아내어 복구 시키는 알고리즘을 제안한다.

## II. 본 론

### 2.1. 생명체에서의 DNA의 결합

DNA 시슬 구조는 화학적 극성을 띠며 이중나선 구조를 이루게 된다. 염기쌍들은 임의대로 결합이 이루어지는 것이 아니라 아데닌(A)은 티민(T)과 구아닌(G), 시토신(C)과 결합하여 염기쌍을 이루가 된다[3].

결합을 이룬 염기쌍들은 복제 및 생성 사멸과정을 거치게 되고 하나의 생명체로서 기능을 유지한다[4]. 어느 한 부분에서 문제가 발생 시 생명체의 복구 과정을 모

사하여 알고리즘을 제시한다.

### 2.2. 공학모델

공학모델에 적용한 오류위치를 찾는 것은 인간의 뇌에서 여러 가지 명령과 신경전달물질을 문제가 발생한 부분에 전달하는 과정을 모사해야 한다.

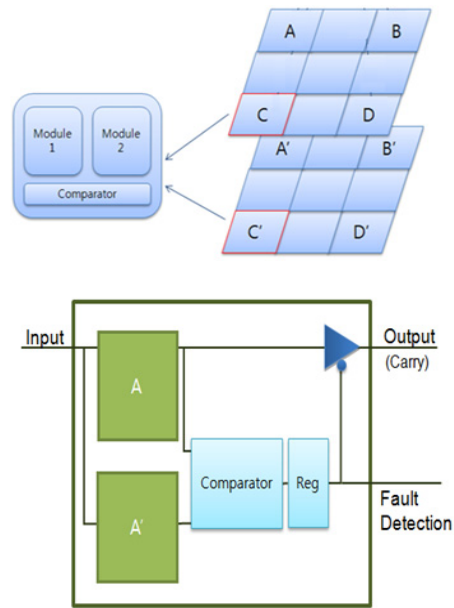


Fig. 1 Double Modular Block Structure

공학 모델에서 오류위치를 찾는 방법은 기존과 같이 이중화(Double Modular Redundancy, DMR)방법을 많이 사용하고 있다[5]. 본 연구에서 제시하는 오류위치를 찾는 방법도 이 방법을 이용하여 제시한다. 그러나 세포 구조가 복잡하게 이루어진 상태에서는 위치를 찾아내어 복구하는 과정을 표현하기 위해서는 더 많은 복잡한 구조의 복구 알고리즘이 필요하다. 공학 모델에서 오류 위치를 찾아내는 방법은 그림 1과 같이 이중화 구조의 블록구조를 이용한다.

본 연구에서 각 디지털 회로에 대한 모듈의 구조는 이중화 구조로 설계가 되며, 오류가 발생하면모듈에서는 검출 알고리즘에 따라 오류 출력 비트를 생성시켜 상위 프로세서에 전달하고 오류로 판단된 모듈에 대하여 상위 프로세서는 오류 모듈의 출력을 바로 차단시켜 예비 모듈이 이 기능을 수행하는 구조의 알고리즘이다.

### III. 3x3 배열 구조의 디지털 회로

#### 3.1. 기본 디지털 회로의 기능별 분류

본 연구의 공학모델에 대한 기본 블록구조, 그림 2는 기 제시한 구조와 동일하다. 디지털회로를 세부적으로 9개의 기능별 모듈을 나눈 뒤 각 모듈의 위치에 대한 고유 번호를 부여한다. 각 모듈에 대한 번호를 가로와 세로 대각선을 기준으로 합하면 15가 된다.

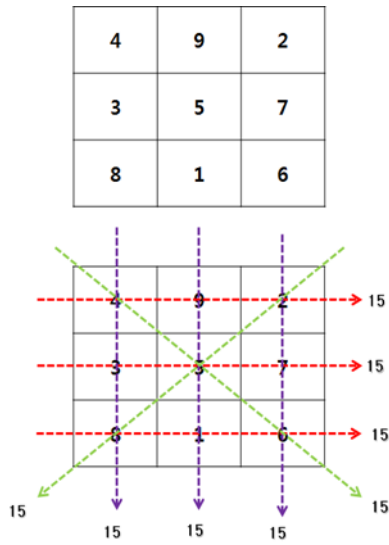


Fig. 2 Functional Classification Digital Circuit

#### 3.2. 3x3 배열 디지털 회로

기 제시한 디지털 회로의 배열구조를 적용, 그림 3은 본 연구에서 제시하는 3x3결합된 뉴런의 구조를 나타내었다. 복잡한 디지털 회로를 기능별로 나눈 뒤 세포를 최대한 모사하기 위한 최소단위로 나눌 수 있도록 한다. 9개의 블록 속에는 각 세부적인 9개의 모듈을 나누었으며 각 한 개의 모듈의 번호는 가로, 세로, 대각선의 번호는 합계가 모두 15이다. 디지털 회로 모듈에 대한 번호 부여 방법을 그대로 유지하고 행렬구조의 단위로 결합시킨다[6]. 3x3배열의 기준은 하나 시스템 구성에 필요한 디지털 회로를 최소한의 단위로 각각 기능이 모두 다른 모듈을 기준으로 나눈 것이다.

그림 4는 각 위치에 대한 모듈에 대한 번호를 가로, 세로, 대각선으로 더하게 되면 모두 합이 45가 된다. 이 값을 기준으로 오류 위치에 대한 모듈의 번호는 모듈의

고장난 위치를 정확히 찾아내어 복구시키는 방법에 있어서 블록에 대한 모듈의 번호 합계를 이용한 데이터로 활용하게 된다.

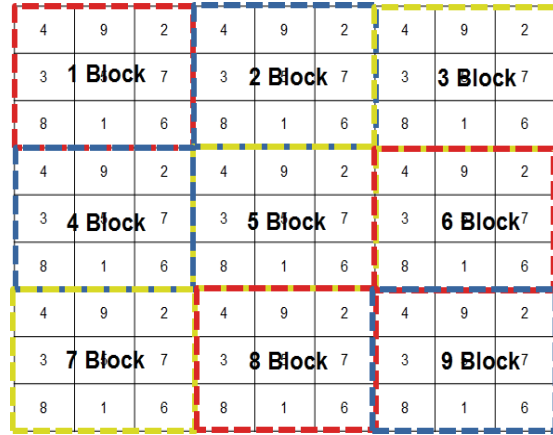


Fig. 3 Functional Classification Digital Circuit on 3x3 matrix

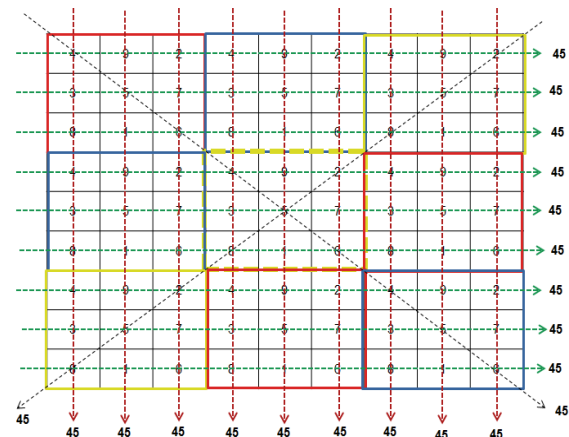


Fig. 4 module number sum Functional Classification Digital Circuit on 3x3 matrix

### IV. 오류 검출 구조 및 설계방법

세포가 가지는 기능을 모사하여 디지털 회로에 적용한 구조이므로 생물학적 기능이 가지는 차이를 고려하여 그림 5는 디지털 회로에서 오류 검출 방법이다. 모듈의 하나에 대하여 가로의 한 예로 모듈 4,9,2의 한 예를



그림 7은 정상적인 디지털 회로에 대한 블록에 대한 제어 비트들을 나타내며 이 모듈들은 모두 합하면 45이었으나 1번 블록의 4번 모듈이 오류가 발생한 경우, 설계된 모듈 제어 구조의 비트에 따라 모두 더하면 했으므로 오류난 모듈과 관련된 부분 가로 방향에 대한 전체 모듈번호에 대한 합, 세로 방향에 대한 전체 모듈 번호 합, 대각선 방향에 대한 전체 모듈 번호의 합은 41이 됨을 알 수 있다.

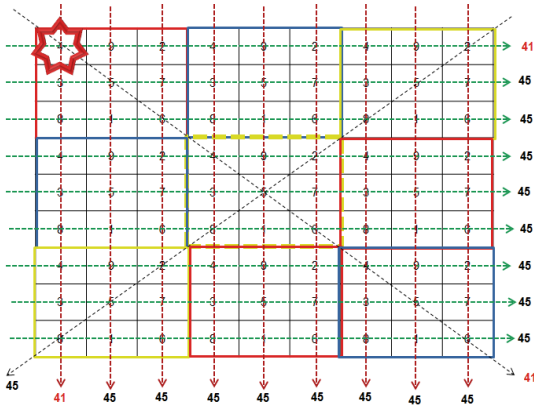


Fig. 7 Fault for 1 Block Module No. 4

상위 프로세서는 오류가 발생한 모듈에 대하여 우선적으로 출력을 차단시키고 예비(Redundancy)로 구현된 모듈에 기능을 부여하여 정상적으로 회로를 동작하도록 제어 한다.

표 3부터 6까지 그림 7의 경우에 대한 비트에 대하여 설명하는 것이다. 1번 블록내의 모듈4가 정상일 경우, 비트로 표현 하면 State = Normal, Block Number = “0001”, Module Number = “0100”를 의미한다. 표 4에서는 1번 블록의 모듈4가 오류이기 때문에 Self Test 확인 후 완전히 출력에 대하여 차단한 것을 의미한다. 정상상태의 Status = “00”이 오류상태 출력 차단 “11”로 바뀌었다.

표 5에서 1번 블록의 모듈 4,9,2에 대한 모듈 번호의 합계는 정상상태에서 합계가 15이며, 표 6과 같이 오류가 발생한 경우 출력이 차단되며 모듈 번호를 “0000”로 변경되면 모듈번호 4가 출력이 차단되므로 결국, 전체 모듈 번호의 합계는 11이 된다. 이때, 모듈 번호 4에 해당되는 것은 각 9개의 블록이 모두 해당되지만 오류난 부분의 블록의 라인에서 합계가 41이므로 1번 블록 4번

모듈이 오류라는 것을 정확히 찾아 낼 수 있다.

Table. 3 Bit Expression for Normal state Module No.4

Status		Block Number			Module Number				
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Table. 4 Bit Expression for Fault state module No.4

Status		Block Number			Module Number				
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Table. 5 Bit Expression for Normal state module No.4, 9,2

Module name	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Sum			
					S4	S3	S2	S1
Module 4	0	1	0	0				
Module 9	1	0	0	1	1	1	1	1
Module 2	0	0	1	0				

Table. 6 Bit Expression for Fault state module No.4,9,2

Module name	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Sum			
					S4	S3	S2	S1
Module 4	0	0	0	0				
Module 9	1	0	0	1	1	0	1	1
Module 2	0	0	1	0				

## V. 결 론

본 연구에서는 세포가 지니는 기능을 모사하여 디지털 회로에서 오류위치를 정확하게 검출하고 세포의 주요 기능인 자가 치료를 위한 알고리즘 방법을 제안했다.

기본적인 전체 회로에 대한 오류 검출 방법은 이중화 모듈 구조이며 각 세부 모듈의 출력이 다를 경우 상위 프로세서에 오류검출 비트가 전달되도록 하였다. 디지털 회로는 블록단위 별로 구조를 설계 하여 연결을 하였고 각 블록은 세부적으로 모듈을 나누었다.

정상적인 디지털 회로에 대한 블록에 대한 제어 비트들은 모두 합하면 45이며 본 연구에서 고려한 1번 블록의 4번 모듈이 오류가 발생했을 경우 가로 방향에 대한 전체 모듈번호에 대한 합, 세로 방향에 대한 전체 모듈 번호 합, 대각선 방향에 대한 전체 모듈 번호의 합은 41

이 됨으로 쉽게 그 위치를 찾을 수 있었다.

전체 블록 수와 각 블록별로 모듈의 수가 같게 구성하여서 오류 난 모듈에 대한 본 연구에서 제안한 알고리즘 방법을 통해서 복잡하게 연결된 디지털 회로라도 세부적으로 나누어 오류에 대한 위치를 쉽게 찾을 수 있음을 알 수 있다.

## REFERENCES

- [1] A.J. Greensted and A. M. Tyrell "RISA : A hardware platform for evolutionary design," in Proc. IEEE Workshop Evolvable Adapt Hardware, pp. 1-7, 2007.
- [2] S. H. Kim, C. W. Hur, "A Study of Error Detection and Repair on DNA Duplicate Structure," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 11, pp. 255-362, Dec. 2011.
- [3] H. Shayani, P. Bentley, A.M. Tyrrel "A Cellular Structure for Online Routing for Digital Spiking Neuron Axons and Dendrites on FPGAs," in *8th International Conference on Evolvable Systems*, vol. 5216, pp. 273- 284, 2008.
- [4] T.J. Koickal, L.C. Gouveia, A. Hamilton, "A Programmable spike-timing based circuit block for reconfigurable neuromorphic computing," *Neurocomputing*, vol. 72, no. 16, pp. 3609-3616, Oct. 2009.
- [5] A. Avizienis and J. P. Kelly, "Fault tolerance by design diversity: Concepts and experiments," *IEEE Computer*, vol. 17, no. 8, pp. 67-80, Aug. 1984.
- [6] S. H. Kim, "An Error Detection and Recovery Algorithm in Digital Circuit Mimicking by Self-Repair on Cell," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 2745-2750, Nov. 2015.



김석환(Seok-Hwan Kim)

목원 대학교 전자공학과 공학박사  
한국과학기술원 박사 후 과정  
이화여자대학교 연구교수  
(주)동인광학 수석연구원  
현)목원 대학교 전자공학과 시간강사  
※관심분야 : Biomedical Engineering, Bio-inspired engineering, Laser Range Finder