

## LabVIEW에 의한 Tracking 신호 분류 및 인식

김대복\*, 오성권\*  
수원대학교\*

### Classification and Recognition of Tracking signal System by means of LabVIEW

Dae-Bok Kim\*, Sung-Kwun Oh\*  
Suwon University\*

**Abstract** - 사회가 발전할수록 관련된 화재사고도 많이 발생하게 된다. 화재 사고로 인하여 많은 재산손실과 인명의 피해를 본다. 화재 중에서 가장 많이 발생하는 화재는 전기로 인한 화재이다. 본 논문에서는 여러 가지 전기 화재 발생원인중에서 절연 열화에 의해 일어나는 발화의 한 형태인 트래킹 신호 패턴 인식 시스템을 구현하고자 한다. 트래킹을 인식 시스템을 설계하는데 현재 제어 및 계측분야에서 사용되고 있는 LabVIEW 프로그램을 사용하여 데이터를 획득하고 획득한 데이터에서 유전자 알고리즘을 사용하여 입력 데이터 및 학습률과 모멘텀 계수와 은닉층의 수를 결정하고 결정된 데이터를 패턴인식 알고리즘의 한 형태인 신경망을 이용하여 학습시켜서 트래킹 발생 유무를 판단한다.

#### 1. 서 론

빌딩 및 공장에서의 분전반에서 전기화재의 주요 원인은 단락에 의해 출화된 것으로 알려져 있다. 이러한 단락은 통상적으로 탄화(흑연화)가 발생할 수 있는 피복류에서 일어날 위험이 큰 것으로 알려져 있다.[1] 전압이 인가되어 있는 고체 절연물 표면에 수분을 함유한 먼지 등 전해질의 미소 물질, 전해질을 함유한 액체의 증기 또는 금속가루 등의 미세한 도체 성분이 부착하면 그 절연물 표면에 부착되어 있는 부착물간에 미세한 불꽃 방전이 발생하며 이 불꽃 방전이 무기질 절연물에서 지속적으로 이루어지면 절연물이 탄화되어 도전성 물질이 생성된다. 도전성 물질이 생성되면 미세한 불꽃방전의 원인을 제공한 전해질이 소멸하여도 불꽃방전은 지속되어 이극의 전극 간에는 도전로(track)가 형성되어 절연물 자체를 파괴 시키는 것을 트래킹(tracking)이다. 트래킹 파괴에 의한 전류의 크기는 수십 mA에서 수 A이기 때문에 배선용 차단기 정격 전류(20A)나 퓨즈 정격전류(15A)에 의해 검출할 수 없다. 누전차단기는 5mA 이상에 전류를 차단하기 때문에 누전(지락)에 의한 발화현상은 거의 없지만 전선 상호간의 누설전류는 검출하지 못하고 있다.[2] 유기절연재료 표면 및 옥내 배선에서 발생하는 트래킹 현상에 의한 발화과정에 관한 연구는 많이 있으나 트래킹 신호 인식 및 방지장치의 개발에 관한 연구는 부족한 실정이다.[3] 본 논문을 통하여 트래킹 현상을 검출할 수 있는 트래킹 화재 감지기와 경보기 개발의 연구 자료에 도움이 될 것이며, 부하의 트래킹 신호를 인식하여 트래킹으로 인한 전기화재를 미연에 방지하여 재산과 인명을 보호 할 수 있을 것이다.

#### 2. 트래킹 현상 및 트래킹 발생 시스템 설계

##### 2.1 트래킹 현상

트래킹은 전기 제품 등의 내적 충전부사이의 절연체에 먼지나 습기 등의 영향으로 양극사이에서 불티방전을 일으켜 절연물이 그래파이트(Graphite = 탄화현상 또는 흑연화)화로 절연체 표면에 전류의 경로 즉 도전로가 형성되어 발열단락으로 발화하는 현상을 말한다.

트래킹 현상은 다음의 3단계로 진행된다.

[1단계] 표면의 오염에 의한 도전로의 형성

절연재료 표면의 침식은 습기와 해안 지방의 염분 또는 무기질, 섬유질과 같은 침식 인자들에 의하여 절연체 표면이 오염되어 도전로를 형성

[2단계] 도전로의 분단과 미소발광방전의 발생

침식된 표면(절연체에 형성된 도전로)을 통하여 누설전류가 흐르고 이때 줄열로 인해 건조대가 생겨나 도전로가 분단된다. 분단된 도전로 사이의 전위차로 인하여 미소발광방전이 발생하고 이 시점은 방전에 의한 도전성 물질이 형성된다.

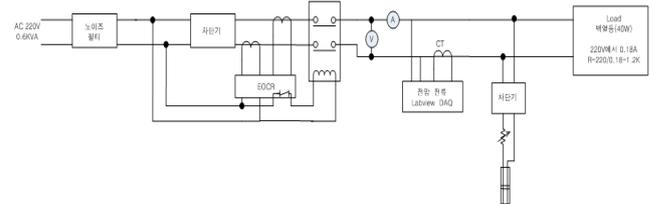
[3단계] 방전에 의한 표면의 탄화개시 및 트래킹의 형성

도전로 분단점에서 미소발광방전이 반복되면 방전의 열에너지 의해 재료 표면이 탄화되거나 열화되며 도전성 트래킹이 지속적으로 형성되어 단락 또는 지락이 된다.

##### 2.2 트래킹 발생 시스템 설계

일반 저압 옥내배선이나 전기기기용 배선의 피복 손상부에 습기에 의해 오손되어 표피 누설전류의 줄열에 의한 건조대가 생성된다. 본 논문에서는 가정에서 사용하는 백열전구를 부하로 선택하여 옥내배선에 트래킹 현상이 발생하였을 경우 과형을 측정 분석하고자 한다.

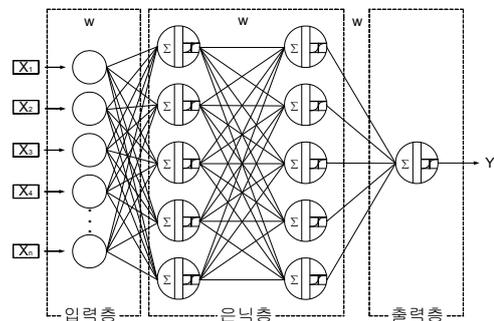
트래킹 발생 시스템 및 실험은 IEC 60112 "Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulation materials under moist condition"에서 규정한 실험 장치와 방법에 따라 설계하였다.[4] 트래킹 발생 시스템에서 전원부에는 노이즈 필터로 외부의 노이즈를 제거하고 차단기와 EOCR 및 릴레이를 연결하여 트래킹이 발생하였을 경우 과전류에 의한 사고 및 부하 보호를 위하여 설계하였다. 또한 전압과 전류를 확인하기 위하여 전류계와 전압계를 각각 직렬과 병렬로 연결하였다. CT센서를 통하여 누설전류를 변화하여 측정하며 측정된 전류값은 NI-DAQ 장비를 사용하여 컴퓨터에 실시간으로 저장된다. 트래킹 시스템 설계 구성도는 그림 1과 같이 구성하였다.



<그림 1> 트래킹 시스템 구성도

#### 3. 신경망이론

신경망에서 사용되는 오류역전파 알고리즘[6]은 1983년 롬베르트에 의해 만들어진 학습규칙으로 일반화된 델타 규칙이며 신경회로망 학습규칙 중의 하나이다. 오류에 대한 연대 책임을 묻기 위해 뉴런의 활성 값이 아래층에서 위층으로 전파되었던 것과는 반대로, 출력층에서 발생한 오차를 아래층으로 역전파 시키게 된다. BPNN(Back Propagation Neural Network)의 일반적인 구조는 그림 2와 같다.



<그림 2> BPNN의 일반적인 구조

신경망은 다음의 4단계로 진행된다.

[1단계] 입력층과 은닉층 사이, 은닉층과 출력층 사이의 연결가중치들을 랜덤함수를 통해 초기화 한다.

[2단계] 입력패턴에 대한 전방향 전파를 계산한다.

[3단계] 오차를 역방향 전파한다.

[4단계] 새로운 입력패턴을 통해 위의 과정을 반복한다.

오류 역전파 알고리즘의 현재 층 뉴런의 활성화함수(Sigmoid 함수) 및 출력 값은 식 1과 식 2로 정의되어진다.

$$o_{pj} = f(net_{pj}) = \frac{1}{1 + e^{-net_{pj}}} \quad (1)$$

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (t_k - y_k)^2 \quad (2)$$

여기서,  $O_{pj}$  : 입력패턴 p에 대한 현재 층 j 뉴런의 활성화 값  
 $N$ : 입력 데이터 패턴수,  $t_k$ : 목적패턴,  $y_k$ : 출력패턴

### 3. 유전자 알고리즘(Genetic Algorithms)

유전자 알고리즘[6]은 자연 선택과 유전학에 기반으로 하는 확률적인 탐색방법으로써 탐색과 해의 가능영역들을 균형 있게 이용하기 위하여 생산, 교배, 돌연변이의 과정을 수행하는 일반성 있는 탐색방법으로 비선형 최적화 이론에 탁월한 성능을 발휘하고 있다. 기존의 다른 탐색방법들과 달리 유전자 알고리즘은 해가 될 가능성이 있는 개체집단을 유지하면서 그들 모두가 동시에 최적 값을 찾거나 가기 때문에 지역 극소에 빠질 위험을 어느 정도 해결할 수 있다는 점과 더불어 모델의 성능지수가 최소가 되는 전역 극소 영역을 찾는 능력을 갖고 있으며, 또한 기존의 방법들과는 달리 선형, 연속, 미분가능 등의 제한이 없기 때문에 다양한 분야에 별다른 제한 없이 적용할 수 있다는 장점을 가진다는 것이 중요한 특징이다. 유전자 알고리즘은 총 5단계로 구성되어진다.

[1단계] 초기 유전자 집단 생성

적용할 목적함수와 유전자로 이용할 변수를 결정하는데 개체수가 너무 적으면 유전자 알고리즘의 장점이 발휘되지 않고 반대로 너무 많으면 한 세대당 연산량이 많아지기 때문에 적절한 개체의 수를 결정해야한다.

[2단계] 적합도 계산

생성된 초기 군집에 대한 적합도를 계산하며 주어진 시스템의 목적함수에 따른다.

[3단계] 재생산

주어진 유전자 집단에 대한 적합도를 바탕으로 다음세대를 생성하는데 재생산과정은 선택, 교배, 돌연변이 연산자를 이용하여, 개체의 생존 분포를 결정하고, 2개의 개체사이에서 염색체를 바꾸어 넣고 새로운 개체를 생성시킨다. 돌연변이 연산으로 유전자의 어떤 부분의 값을 강제적으로 바꾸고 유전자 집단으로서의 다양성, 흠여짐을 크게한다. 이따므로 보다 좋은 해를 가지는 개체의 발생을 기대한다.

[4단계] 적합도 계산

재생산을 통해 새롭게 생성된 유전자 집단에 대해 각 개체의 적합도를 계산한다.

[5단계] 평가

계산된 적합도를 기준으로 만족하는 개체의 유무를 판단하고 만족한 결과를 보이면 알고리즘을 종료하고, 그렇지 않으면 [3단계] 단계로 돌아가 위의 과정을 반복한다.

주어진 시스템의 입력변수, 학습률 모멘텀의 수, 은닉층의 수를 유전자 알고리즘을 통해 최적의 값을 찾아낸다, 그림 5는 유전자 염색체 구성을 보여준다. 1번째 염색체는 입력변수의 수, 2번째부터 9번째는 염색체는 선택된 데이터 번호, 10번째 염색체는 학습률, 11번째 염색체는 모멘텀 계수를 나타낸다. 구성된 염색체는 그림 5와 같다.

Number of input	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	DATA 8	Number Of Hidden Layer	Number of Iteration	Coefficient Of momentum

<그림 3> 유전자 염색체 구성도

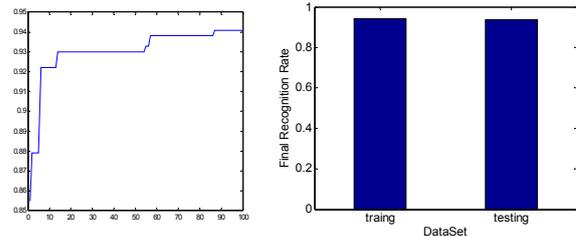
### 4. 시뮬레이션 및 결과 고찰

시료는 폴리에틸렌 비닐 케이블(F cable)을 사용하고 피복재의 외경을 3mm 정도 절취하여 심선을 노출시켜서 심선간의 교류 220V를 인가한 상태에서 노출된 전선에 0.1(%) 농도의 염화암모늄 수용액(NH<sub>4</sub>CL)을 30초 간격으로 떨어뜨리면 심선간의 누설전류를 측정한다. 트래킹 실험을 통해 트래킹 발생한 경우와 정상 상태인 경우의 전류파형을 측정하고 이 파형 측정 관련 장비는 최근 제어 및 계측 분야에서 사용되고 있는 National Instruments사에서 만든 LabVIEW 소프트웨어를 사용하였다. LabVIEW 소프트웨어는 Graph 기반의 언어로 구성되어 있으며, 함수와 연산을 Icon과 Wire로 구성하여 수행하게 되어있다. 데이터 수집 장비는 National Instruments사에서 만든 NI-cDAQ-9172와 전압과 전류를 측정할 수 있는 NI-9239 module을 사용하였다. 신호는 50kHz/s의 샘플링 주기로 1초 동안 50000개의 샘플 데이터를 입력받아 트래킹 발생

유무를 판단하기 위해 실제 전류의 실효값, 실제 전류의 최대값, 실제 전류의 최소값, 실제 전류의 첨도, 실제 전류의 비대칭도1kHz의 대역폭으로 지역 통과된 전류의 8개의 특징점을 추출하였다. 특징 데이터를 추출하여 60% 학습데이터로 40% 평가데이터로 사용하였다. 반복회수는 500회 사용하였다. 성능지수를 MSE(Mean Square Error)를 사용하였다. 패턴인식의 구조 동정을 위해서 유전자 알고리즘의 초기 파라미터 설정은 표 1과 같이 설정하였고, 실수코딩을 사용하였으며, 선택 방법은 순위에 기초로 한 선택을 사용하였고, 교배율은 단순교배, 돌연변이는 동적돌연변이를 사용하였다.

<표 1> 유전자 알고리즘의 초기 파라미터

파라미터	값
세대수	200
집단 크기	100
교배율	0.65
돌연변이율	0.05



<그림 3> 세대 수에 따른 인식률 변화 및 최종 인식률

<표 2> BPNN의 최적화 파라미터와 성능분석

입력변수	학습률	모멘텀 계수	은닉층수	학습데이터 인식률	평가데이터 인식률
1,2,3,6,8	0.0102	0.0327	9	0.9409	0.9355

### 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 전기로 인한 화재 중에서 절연 열화로 의해 발생되는 트래킹 신호를 발생 시스템을 설계하고 패턴인식 알고리즘인 신경망을 사용하여 패턴 인식을 하였고, 구조를 동정하기 위해서 유전자 알고리즘을 하였다. 트래킹 형태는 부하의 종류에 따라 달라지기 때문에 이번에 실험한 백열전구 대신 다른 부하를 사용하여 트래킹 인식 시스템이 트래킹 패턴을 인식할 수 있는지 인식률을 비교하고 다른 패턴인식 알고리즘을 사용하여 신경망 패턴인식과 비교·분석하여 성능을 평가해 야겠다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임[KRF-2008-314-D00376]. 그리고 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임[KRF-2009-0074928].

### [참 고 문 헌]

- [1] 지승욱, 이춘하, 윤대회, 송현직, 심광열, 박원주, 이광식, "전압파형을 이용한 트래킹 진전과정 분석방법에 관한 연구", 조명·전기설비학회논문지, Vol. 20, No. 8, pp. 30-35, 2006
- [2] N. Yoshimura, M. Nishida, F. Noto, "Influence of Electrolyte on Tracking Breakdown of Organic Insulating Materials", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol EI-16, No. 6, pp.510-520 Dec. 1981
- [3] 최충석, 송길목, 김형래, 김향곤, 김동욱, 김동우, "트래킹에 의해 열화된 누전차단기 외함의 특성분석", 2002 한국화재 소방학회 추계학술논문, pp. 47-52
- [4] IEC 60112, "Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials", 2004
- [5] Robert hecht-Nielsen, "Theory of the Back propagation Neural Network", IJCNN Conference No. 1, pp. 593-605, 1989. 6
- [6] D. E. Goldberg, "Genetic Algorithm in search, Optimization & Machine Learning," Addison wesley, 1989.