

GIS 부분방전 패턴의 프랙탈 해석

최호웅, 김은영, 민병운
기계전기연구소, 현대중공업주식회사

이동철, 김희수
한전KDN(주) 송변전IT연구그룹

Fractal Analysis of GIS PD Patterns

Ho-Woong Choi*, Eun-Young Kim*, Byoung-Woon Min*, Dong-Chul Lee**, Hee-Soo Kim**
*Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd.
**T&S IT RND Group, Korea Electric Power Data Network Co, Ltd.

Abstract - In prevention and diagnostic system of GIS, pattern classification is focused on the detection of unnatural patterns in PD(partial discharge) image data. Fractals have been used extensively to provide a description and to model mathematically many of the naturally occurring complex shapes, such as coastlines, mountain ranges, clouds, etc., and have also received increased attention in the field of image processing, for purposes of segmentation and recognition of regions and objects present in natural scenes. Among the numerous fractal features that could be defined and used for image data, fractal dimension and lacunarity have been found to be useful for recognition purposes. Partial discharge(PD)occurring in GIS system is a very complex phenomenon, and more so are the shapes of the various 2-d patterns obtained during routine tests and measurements. It has been fairly well established that these pattern shapes and underlying defects causing PD have a 1:1 correspondence, and therefore methods to describe and quantify these pattern shapes must be explored, before recognition systems based on them could be developed. The computed fractal features(fractal dimension and lacunarity) for standard library of PD data were analyzed and found to possess fairly reasonable pattern discriminating abilities. This new approach appears promising, and further research is essential before any long-term predictions can be made. .

순하며, "통계적인" 자기 유사성을 가지고 있는데, 확대할 때마다 자기 자신의 모습이 변형된 형태로 나타난다. 프랙탈은 보통 컴퓨터 프랙탈 소프트웨어를 사용해서 계산된다. 프랙탈은 실용적인 목적으로 많이 사용되며, 현실 세계의 매우 불규칙한 물체들을 표현하기 위해서 쓰일 수 있다. 구름, 산, 난류, 해안선 및 나뭇가지들이 여기에 해당된다. 프랙탈 기법은 이미지압축과 과학의 여러 분야에서 사용된다.

만델블로는 해안선의 실제길이 $N(L)$ 과 막대 길이(L)사이에서 식(1)과 같은 관계를 발견하였다. 여기서 K 는 상수이고 D 는 프랙탈 차원이다.

$$N(L) = KL^{-D} \tag{1}$$

식(1)과 같은 정의는 자기유사성의 프랙탈이나 통계적으로 자기유사성이 있는 프랙탈의 경우에 유효하다.

2.2 프랙탈 차원 및 Lacunarity의 계산

만델블로는 프랙탈 차원만으로 자연현상의 패턴분류를 제대로 하기가 곤란하기 때문에 이미지의 농도를 나타내는 특성인 Lacunarity ($\Lambda(L)$)을 식(5)와 같이 도입하였다.

$$M(L) = KL^D \tag{2}$$

$$M(L) = \sum_{m=1}^N mp(m, L) \tag{3}$$

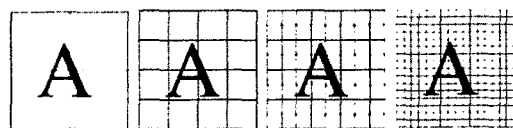
$$M^2(L) = \sum_{m=1}^N m^2 p(m, L) \tag{4}$$

$$\Lambda(L) = \frac{M^2(L) - [M(L)]^2}{[M(L)]^2} \tag{5}$$

여기서 $p(m, L)$ 은 m 개의 점이 크기가 L 인 박스 내에 존재할 확률을 나타낸다.

2.3 패턴인식용 프랙탈 특성의 계산

Box count방법을 예를 들어 설명한다. 격자의 길이를 변동시키면서 무늬가 나타난 격자 조각의 개수를 세면 되는 것이다. 그림 1a는 4개의 조각 모두에서 A 문자가 걸쳐서 나타나고 그림 1b는 5개, 그림 1c는 12개, 그리고 그림 1d는 A문자가 256개의 조각 중에서 35개의 조각에 걸쳐 나타난다.



〈그림 1〉 (a-d)Box count 알고리즘

그리고 격자의 단위길이 L 과 무늬가 발생한 개수 n 의 값을 로그로그 스케일로 표시를 한 후에 선형 직선보간을 통해서 나온 직선의 기울기가 A문자무늬의 프랙탈 차원이 된다.

1. 서 론

본 논문은 GIS(Gas Insulated Switchgear)의 고장을 사전에 예방진단하는 알고리즘의 향상을 위한 부분방전 패턴형상을 분류하는 알고리즘에 대한 내용을 서술하고 있다.

과거 전력제어 기술은 전력계통에 고장이 발생되면 얼마나 신속하고 정확하게 고장을 감지하느냐의 연구와 그와 병행하여 고장 발생 후 얼마나 적절하게 고장을 복구하느냐에 따른 연구가 주도되었다. 그러나 2003년 미국 대정전 이후 영국, 러시아 등 세계적으로 대정전 사태가 발생되고 그에 따른 대규모의 물적 인적 피해를 겪음에 따라 사람들의 인식변화가 생겼다. 즉, 고장이 일어나기 전에 고장에 대한 징후를 측정 판단하여 고장을 사전에 막아보자는 예방진단 분야가 많이 연구되기 시작하였다. 예방진단시스템 중 가장 많은 진보를 진행 중인 것은 예방진단 알고리즘이다. 본 논문에서는 부분방전의 패턴을 인식하는 기법으로 프랙탈 해석 기법을 사용하여 방전원인의 정량적인 분류를 수행하였다. 고장진단 시스템의 예방진단의 신뢰성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

2. 본 론

2.1 프랙탈의 개요

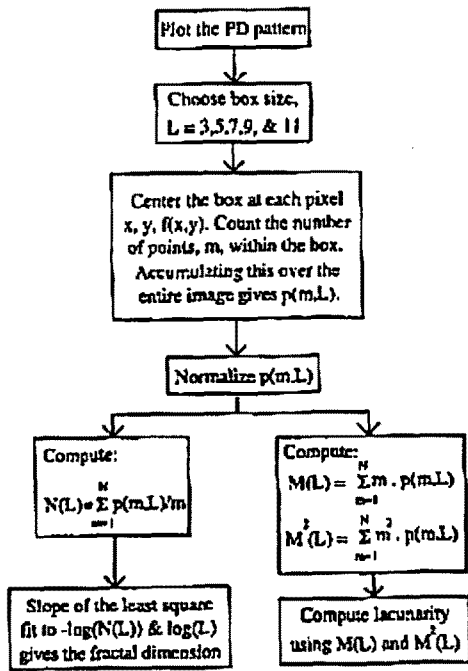
프랙탈(fractal)은 철저히 "조각난" 도형을 뜻한다. "프랙탈"이라는 말은 만델브로가 만들었는데, "조각난"이란 뜻의 라틴어 형용사 "fractus"에서 왔다.

많은 경우에 프랙탈은 컴퓨터의 재귀적이거나 반복적인 작업에 의한 반복되는 패턴으로 이루어진다. 이 도형의 두드러진 특징은 자기 닮음성과 무한히 확대를 해도 도형의 세부적인 것이 없어지지 않는다는 점이다. 프랙탈은 구조와 불규칙성을 같이 가질 수 있다.

프랙탈은 수학적 도형으로도 연구되고 있다. 수학자들은 프랙탈의 여러 가지 정의를 만들었다. 프랙탈 기하학은 프랙탈의 성질을 연구하는 수학 분야의 하나이다. 이는 과학, 공학, 컴퓨터 예술에 적용되기도 한다.

프랙탈은 deterministic하거나 stochastic할 수 있다. 기하학적 프랙탈만이 완벽한 자기유사성을 가지고 있다. 반면 만델브로 집합은 느

박스카운트 기법과 식(1)-(5)를 사용하여 특정 방전패턴에 대한 프랙탈 차원과 Lacunarity를 결정하게 된다.

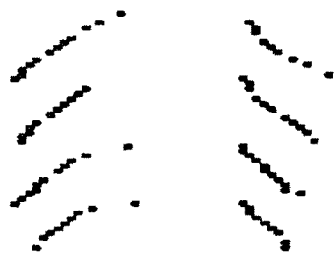


〈그림 2〉 프랙탈 차원과 Lacunarity를 계산하는 절차

그림 (2)는 PD 패턴의 프랙탈 특성을 구하는 절차를 정리하여 나타내고 있다.

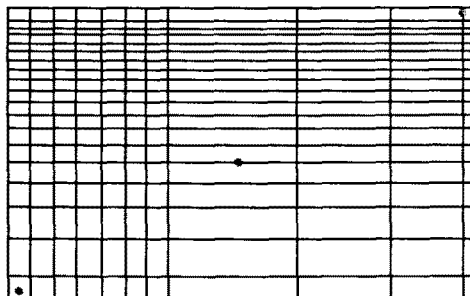
2.4 수치실험 및 결과

그림 (3)은 부분방전 원인 중의 일부인 플로팅 방전 패턴을 나타내고 있다.



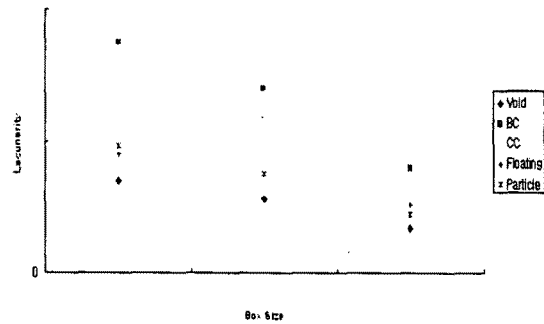
〈그림 3〉 플로팅 방전패턴

그림 (4)에서 점들을 가장 잘 나타내는 직선의 기울기가 플로팅 방전패턴의 프랙탈 차원이 된다..



〈그림 4〉 박스 사이즈(L) vs 박스카운트의 LogLog선도

같은 방식으로 5가지 부분방전 원인별 PD패턴들을 그림 6과 같이 박스 크기 변화에 따른 여백도(Lacunarity)의 변화를 표시하였다.



〈그림 5〉 박스 사이즈(L)에 대한 Lacunarity의 변화

3. 결 론

본 논문에서는 2차원 PD패턴 인식을 위한 프랙탈 특성을 이용하는 연구를 수행하였다. 프랙탈 특성인 프랙탈 차원과 Lacunarity를 도입하여 GIS 부분방전패턴의 정량화를 시도하였고 패턴인식의 가능성을 확인하였다. 보다 정밀한 패턴인식을 위해서는 3차원 방전 패턴에 대한 프랙탈 해석 연구가 요망된다.

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업인 전력IT 기술개발 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. B. Mandelbrot, The Fractal geometry of Nature, Freeman, New York, 1983.
- [2] R. F. Voss, "Random Fractals: Characterisation and Measurement", in Scaling Phenomena in Disordered Systems, eds. Roger Pynn and Arne Skjeltrop, New York: Plenum press, pp. 1-11, 1985.
- [3] F.H. Kreuger, Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment, Butterworths 1989
- [4] D. Oliver, Fractal Vision: Put Fractals to Work for You, Sams Publishing, Indiana, 1992..
- [5] A Krivda, E. Gulski, L. Satish and W.S. Zaengl, "The Use of Fractal Features for Recognition of 3-D Discharge Patterns", IEEE Transaction Dielectris and Electrical Insulatin, Vol. 2, No. 5, pp. 889-892, 1995