

병렬처리 안전도평가를 위한 계통축약 연구

장세환, 김진호, 박준호
부산대학교, 경원대학교, 부산대학교

A Network Reduction for Parallel Assessment of Power System Security

Se-hwan Jang, Jin-ho Kim, June Ho Park
Pusan National University, Kyunwon University, Pusan National University

Abstract - 전력산업의 구조개편에 따라 현재 전력시스템은 안전도의 위협수준에 가깝게 운영되어지도록 강요받고 있다. 이러한 시대적 흐름에 의해 안전도(security)해석에 대한 보다 빠르고 정확한 연구가 중요시 되고 있다. 본 연구는 전력시스템의 안전도 해석에 있어 상정사고(contingency)를 고려할 때 클러스터링 기법을 이용한 송전 네트워크의 축약 알고리즘을 제안한다. 또한 PC 클러스터 시스템을 이용한 병렬처리 기법을 이용한 상정사고의 분할연산을 수행하고자 한다. IEEE 39 모선시스템을 통해 제안된 알고리즘을 평가할 것이다.

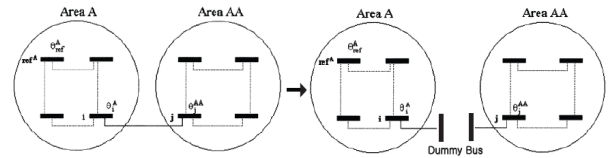
그림으로는 symantec PC-anywhere를 사용하였고 병렬알고리즘은 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다.

2.3 네트워크 등가화

송전네트워크의 클러스터화를 통한 상정사고 해석에 있어서 클러스터 외부시스템에 대한 등가화가 필요하다. 시스템을 최적으로 등가화하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.[8-10] 본 연구에서 아래 그림 1을 통해 알 수 있듯이, 더미모션(dummy bus)을 이용한 기본적인 네트워크 등가화를 이루었다.

1. 서론

전력시스템에서 중요한 요소로 고려되어지는 것 중 하나는 안전도이다. 안전도는 송전설비 고장, 발전기 탈락 또는 대형부하 탈락과 같은 외란 발생시 계통이 동기화력을 유지할 수 있는가를 관장하는 것이다. 최근 시장경제의 도입에 따른 전력산업의 개편에 따라 전력시스템은 안전도 경계에 가깝게 시스템이 운영되어지도록 강요되고 있다. 이로 인해 안전도해석(Security Analysis)에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 이루어지고 있다.[1] 또한, 전세계적으로 전력시스템의 규모가 증대되고, 전력시스템간의 상호연계가 서서히 이루어짐에 따라, 실시간(On-line) 안전도 해석에 대한 연구가 진행되고 있다.[2]



<그림 1> 네트워크 등가화

본 연구는 전력시스템의 안전도 해석에 있어 상정사고(contingency)를 고려할 때 클러스터링 기법을 이용한 송전 네트워크의 축약 알고리즘을 제안한다. 또한 급격한 컴퓨터시스템의 발달로 인해 더욱 향상된 병렬처리 기법(Parallel Process Methods)의 하나인 PC 클러스터 시스템을 통해 상정사고의 분할연산을 수행하고자 한다. IEEE 39 모선시스템을 통해 제안된 알고리즘을 평가할 것이다.

2.4 송전축약을 이용한 상정사고 해석 알고리즘

본 연구는 송전네트워크 등가화를 통해 축약된 네트워크를 병렬처리 기법인 PC클러스터 시스템을 통해 N-2 상정사고 해석 알고리즘을 제안한다. 아래 그림2는 일련의 알고리즘 과정을 나타내고 있다.

2. 병렬처리 안전도 평가

2.1 Advanced Fuzzy C-means 알고리즘

앞 선 연구에서, 송전 네트워크를 클러스터링하기 위해 유사성 정의를 만족시키는 변형된 유사 측도를 도출하고[3], 다음과 같은 결합된 비유사 측도를 제안하였다.

$$s(A, B) = \omega_1 s_1(A, B) + \omega_2 s_2(A, B) \quad (1)$$

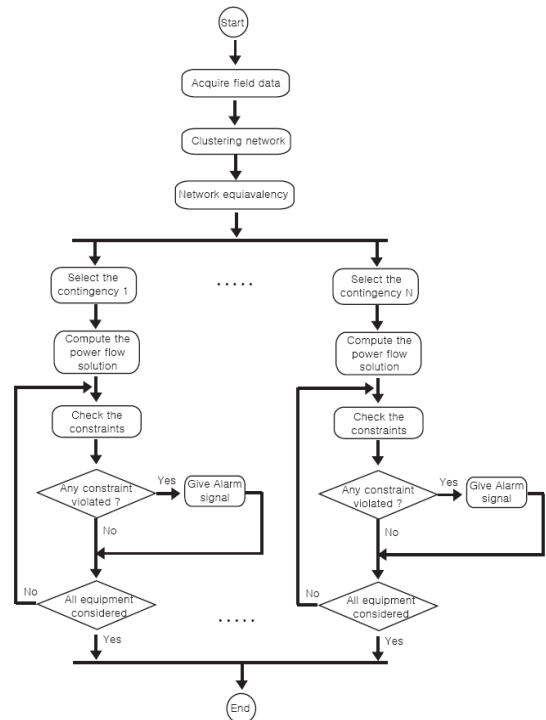
이 때, $s_2(A, B)$ 기하학적 거리를 나타내고, w_1 과 w_2 는 가중치값이다. 또 $s_1(A, B)$ 는 아래와 같이 정의하였다.

$$S_1(A, B) = \frac{1}{4 - 2d((A \cap B), [1]) - 2d((A \cup B), [0])}$$

(1)식, 즉 결합된 비유사측도와 FCM알고리즘[4]을 이용하여 개선된 FCM 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 네트워크 특성에 따라 모선별 고유값인 LMP(loactional marginal price)와 모선의 위치정보를 지닌 모선을 클러스터링하기 위해 AFCM을 사용한다.

2.2 PC 클러스터 시스템

컴퓨터 기술의 발달로 인해 다양한 병렬처리시스템들이 개발되어지고 있다.[5-7] 본 논문은 가격대 성능비가 뛰어난 PC 클러스터시스템을 기반으로 한다. 클러스터 시스템이란 다수의 PC 또는 워크스테이션을 고속 네트워크로 연결하여 하나의 컴퓨팅 시스템으로 사용함으로써 고성능 또는 고가용성을 얻을 수 있는 기술을 말한다. 본 연구에서 구현한 PC 클러스터 시스템은 ethernet switch 기반 fast ethernet 방식의 8-노드로 구성하였다. 운영체제는 master 노드에는 Windows 2000 server, 나머지 노드들에는 Windows 2000 pro를 사용하였으며, PC 상호연결하기 위해 fast ethernet card와 스위칭 허브를 사용하였고, 데이터 전송과정에서는 TCP/IP를 이용한 메시지 전달(message-passing)방식을 이용하는 MPI 라이브러리를 이용하였다. 각 노드의 원격 관리를 위한 프로

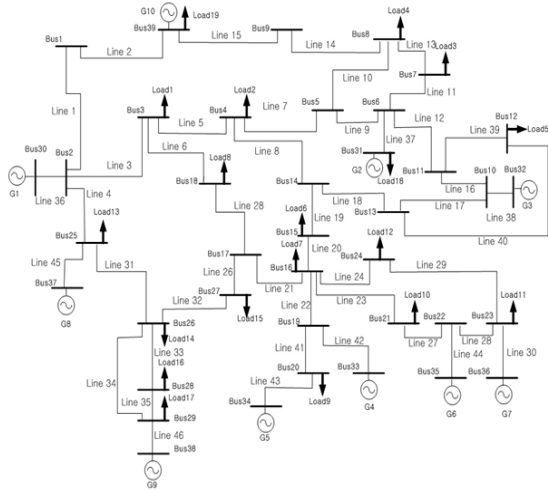


<그림 2> 안전도 해석 알고리즘

3. 사례연구

이 절에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 39모선과 10개의 발전기를 가지고 있는 IEEE RTS 시스템을 사용하여 입증하고자 한다.[11]. 그리

고 시스템의 각 모션들은 고유의 Locational marginal price(LMP)와 위치정보(Locational information)를 지니고 있다. 아래 그림3은 IEEE 39모션 시스템을, 표1은 각 모션의 LMP와 위치정보를 나타낸다.

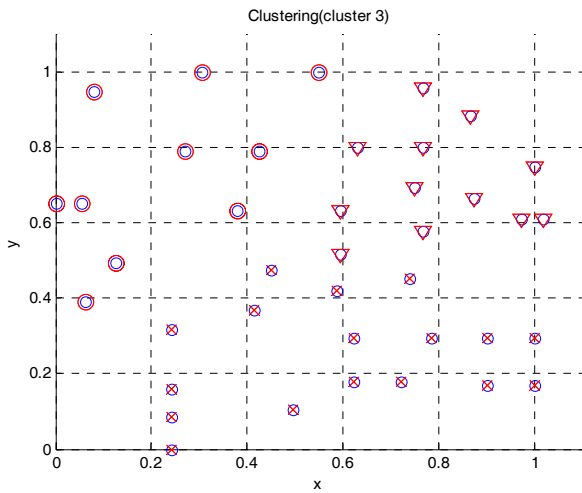


<그림 3> 39 모션 시스템

<표 1> 각 모션의 위치적 가격과 위치 정보

BUS	LMP (\$/kWh)	Location(per unit)
BUS1	29.21	(0.9 , 9)
BUS2	28.53	(0.6, 6.2)
BUS3	31.40	(3, 7.5)
BUS4	32.78	(4.7, 7.5)
BUS5	37.57	(7, 7.6)
...
BUS35	45.84	(10, 1.6)
BUS36	45.84	(11.1, 1.6)
BUS37	24.98	(0.7, 3.7)
BUS38	55.00	(2.7, 0)
BUS39	29.88	(3.4, 9.5)

우선, AFCM 알고리즘을 이용하여 테스트 시스템을 3개의 클러스터로 모션을 클러스터링한다. 아래 그림 4와 같이 전 모션이 3개의 클러스터 'O', 'X', '▽'로 분류되었다.



<그림 4> AFCM에 의한 클러스터링($\omega_1 = 0.7, \omega_2 = 0.3$)

클러스터 결과를 바탕으로 상대 클러스터를 등가화하여 제한한 알고리즘을 통해 N-2 상정사고에 대한 안전도 해석을 시행하였다. 더미 모션에 의한 전체 모션 수는 증가한다. 하지만 한 모션에 대한 전체 위반여부 확인 과정이 줄어든다.

3. 결 론

본 연구에서는 전력시스템의 안전도 해석에 있어 상정사고(contingency)를 고려할 때 클러스터링 기법을 이용한 송전 네트워크의 축약 알고리즘을 제안하였다. 컴퓨터시스템의 발달로 인해 향상된 병렬 처리기법(Parallel Process Methods)의 하나인 PC 클러스터 시스템을 통해 상정사고의 분할연산을 수행하였으며, IEEE 39 모션시스템을 통해 제안된 알고리즘을 평가하였다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 기초전력연구원 선행기술 연구과제(과제번호: R-2005-7-064) 지원에 의해 수행되었음

[참 고 문 헌]

- [1] Mohammad Shahidepour, "Impact of Security on Power Systems Operation", Proceedings of the IEEE, Vol.93, No.11, Nov. 2005
- [2] Rovert Schainker, "Real-Time Dynamic Security Assessment", IEEE Power & energy magazine March/April 2006
- [3] S.H. Lee, J.M. Kim, and Y.K. Choi, "Similarity measure construction using fuzzy entropy and distance measure", LNAI Vol.4114, 952-958, 2006.
- [4] J.C. Bezdek, *Fuzzy Mathematics in Pattern Classification*, Ph.D Thesis, Applied Math. Center, Cornell University, Ithaca, 1973.
- [5] Chung. S. H., Ryu K. R., O S. C. and Park S. H., "Parallel processing system for high speed information retrieval," Parallel Processing System Newsletters, vol. 7, No. 2, pp. 3-19, 1996.
- [6] 김형수, "병렬적용 진화알고리즘을 이용한 발전기동정지계획에 관한 연구", 대한전기학회논문지:전력기술부문A, 1229-2443, 제55권9호, pp.365-375, 2006
- [7] Jorge Ariel Hollman, "Real Time Network Simulation with PC-cluster", IEEE Transactions on Power Systems, vol.18, No.2, May 2003
- [8] 김진호, "상정사고 제약조건을 고려한 분산 최적조류계산 알고리즘의 구현 및 복상조류 문제의 적용", 대한전기학회논문지:전력기술부문A, 1229-2443, 제49권6호, pp.298-304, 2000
- [9] Shahidepour Wang, "Communication and control in electric power systems" wiley inter-science, book
- [10] Fangxing Li, "Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability-Based Network Reconfiguration in Power Distribution Systems", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.20, No.1, Feb. 2005
- [11] The IEEE Reliability Test System-1996, A report prepared by the Reliability Test System Task Force of the Application of Probability Methods Subcommittee, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, Issue 3, 1999