

신속한 상정사고 해석을 위한 병렬 연산기반 멀티 에이전트 시스템 구현

박찬업, 이영혁, 이승철, 문운철
중앙대학교

An Implementation of Multi-Agent System based on Parallel Processing for Rapid Contingency Analysis

Chan-Eom Park, Young-Hyuck Lee, Seung-Chul Lee, Un-Chul Moon
Chung-Ang University

Abstract - 점차 대형화 및 복잡화되어 가고 있고 구조 개편에 따른 다양한 운용주체들의 참여에 따라 전력계통의 보다 신속하고 정확한 운용 상태의 파악과 효과적인 사고 대처의 필요성이 증대되고 있다.

전력계통의 운용 상태에 대한 정확한 판단과 특히 근래에 자주 발생되고 있는 광역정전에 보다 효과적으로 대처하기 위해서는 많은 경우의 상정사고들뿐만이 아니라 각 상정사고 후에 발생할 가능성이 큰 후속 고장들에 대해서 까지도 분석할 필요성이 있다. 이를 위해서는 발생 가능성이 큰 사고 및 사고 시 계통에 큰 영향을 줄 수 있는 사고들의 선정 및 이들의 해석 우선순위를 신속히 결정할 수 있고 사고 해석에 소요되는 시간을 대폭 감소시킬 수 있는 시스템의 구현이 요구된다.

본 논문에서는 많은 시간이 소요되는 상정사고 및 그로 인한 일련의 파급 가능 사고들에 대한 해석을 신속히 수행하기 위한 병렬연산 기반 멀티 에이전트 시스템을 제안한다.

1. 서 론

전력계통의 대형화, 복잡화 및 구조개편에 따른 다양한 운용주체들의 참여에 따라 정확히 계통 운용 상태를 파악하고 효과적으로 사고에 대처하는 것이 점차 어려워지고 있다. 특히 근래에 들어 자주 발생하고 있는 광역정전의 경우 복잡하고 다양한 발생 원인과 함께 그 파급양상 또한 예측하기 어렵기 때문에 기존의 주로 전력조류해석에 기반 한 단발적인 상정사고 해석을 이용하여 사고에 대처하는 데에는 한계가 있다.

상정사고 해석은 정상상태로 운전되고 있는 전력계통에서 발생 가능한 각종 사고를 선정하여 이들 사고의 발생 시 계통의 운전 상태를 예측하는 것으로써 그 목적은 해석결과로부터 계통운전상태의 이상 유무 즉, 계통 구성요소의 중 부하 상태나 취약부분을 검출하여 중 부하 상태를 해소하고 다른 2차사고(secondary outage)를 초래하지 않도록 사전에 대책을 수립하고자 하는 예방제어(preventive control)에 있다[1].

전력계통의 안전도는 분석대상 계통의 운용조건, 계통 구성 및 적용 상정 사고에 따라 각기 다르게 평가될 수 있기 때문에 각 계통의 운용 상태의 안전성 여부의 정확한 판단을 위해서는 많은 상정사고 및 후속 발생 가능 고장들의 해석을 필요로 한다. 이를 위해서 발생 가능성이 큰 사고 및 사고 시 계통에 큰 영향을 줄 수 있는 사고들을 선정하고 이들의 해석 우선순위를 신속히 결정하기 위한 해석기법에 대한 필요성이 요구된다. 근래에 들어 컴퓨터 기술이 급속히 발전함에 따라 많은 시간이 소요되는 각종 전력계통 해석을 병렬연산을 통해 해결하려는 연구가 수행되고 있다.[2-4]

본 연구실에서는 계통의 고장 발생 시 연관 고장들이 파급 발생되어 결국은 광역정전에까지도 이르는 근대의

광역정전 발생 양상을 고려하여 상정사고 해석 시 파급되어 발생될 수 있는 일련의 고장들을 함께 고려하는 고장시나리오 기반 상정사고 해석에 대한 연구를 수행하고 있으며 본 논문에서는 파급고장 시나리오 해석에 소요되는 시간문제의 해결을 위해 다 고장파급 시나리오를 별개의 PC에 담당시켜 분석 수행하고, 그 결과들을 취합하는 PC 클러스터 기반 병렬 연산 및 해석 기법에 대하여 논하고자 한다. 병렬연산 및 해석을 위하여는 병렬 처리를 위한 태스크의 분배 및 취합을 할 수 있어야 하며 이를 위하여 본 연구에서는 각각의 태스크를 담당하여 처리할 수 있는 에이전트들을 구성하여 이들이 상호 정보를 교환하며 각기 담당한 태스크를 수행하는 구조를 제안한다.

2. 본 론

2.1 병렬 연산을 위한 분산처리 환경

분산처리를 위한 시스템 환경은 크게 전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템들의 2단계 layer로 구성한다. 전체 관리 시스템은 대상 전력계통의 현 운영상태 해석과 해석을 할 필요가 있는 초기 상정사고들을 선정을 한다. 또한 수많은 상정사고들에 대한 해석을 신속히 수행하기 위해 개별 병렬처리 시스템들에게 각각의 초기 상정사고를 시작으로 하는 파급고장 시나리오 해석에 대한 명령을 내리고 각각의 개별 병렬처리 시스템들로부터 보고되어 올라오는 상정사고 해석결과를 취합해 전체 운영 상태에 대한 판단을 한다. 개별 병렬처리 시스템은 전체 관리 시스템으로부터 임무를 부여받은 상정사고 및 파급가능사고의 해석을 수행하여 그 결과에 대한 상태판단 내용을 전체 관리 시스템에 보고한다.

전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템들 간의 정보교환은 TCP/IP 프로토콜과 XML(eXtensible Markup Language)을 사용한다. 그림 3에 제안하는 병렬 연산을 위한 분산처리 환경을 나타내었다.

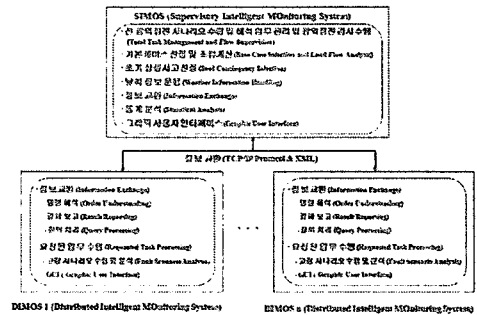


그림 1 병렬 연산을 위한 분산처리 환경

2.1 병렬처리를 위한 태스크 분배 및 감독을 위한 전체 관리 시스템

전체 관리 시스템은 다수의 에이전트들로 구성되어 있으며 이들 에이전트들은 각자 자기가 담당한 태스크를 처리하기 위해 필요한 지식베이스와 추론능력을 가진다. 그림 2는 전체 관리 시스템 구성도를 나타낸 것으로서 GUI를 위해 분석대상 계통과 운영상태를 선정하기 위한 Case Selection, 계통 안정도 해석 및 초기상정고장 선정과 병렬처리 시스템으로의 태스크 배분을 위한 Analysis, 그리고 계통도와 해석결과를 나타내기 위한 Display와 같은 메뉴들이 있고 선택된 메뉴를 실행하기 위한 여러 에이전트들로 구성되어 있다.

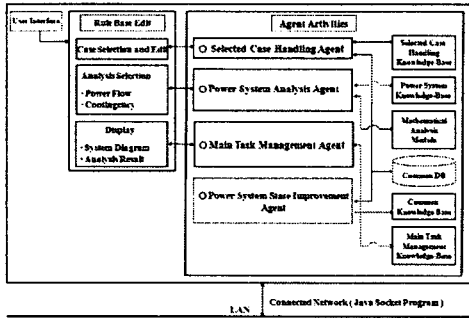


그림 2 전체 관리 시스템 구성도

2.1.2 상정사고 해석 분산 처리를 위한 개별 병렬처리 시스템

개별 병렬처리 시스템은 전체 관리 시스템으로부터 받은 정보를 분석하여 자율적으로 파급 상정사고 해석 태스크를 수행한다. 그림 3에 개별 병렬처리 시스템 구성도를 나타내었다.

개별 병렬처리 시스템을 초기화하면 전체 관리 시스템과의 통신을 위한 소켓을 생성하고 자신의 임무 수행가능 여부를 알리는 시스템정보를 전송한 후 전체 관리 시스템으로부터 상정사고 해석 명령을 기다린다. 시스템 정보에는 시스템의 사양, 즉 CPU속도, 메모리 용량, 디스크 용량 등의 내용이 포함되어 있다. 전체 관리 시스템으로부터 명령이 하달되면 개별 병렬처리 시스템 내의 태스크 매니저는 메시지를 분석하고 분석 결과에 따라 담당할 에이전트들을 생성하고 태스크를 부여한다. 에이전트들은 부여받은 상정사고의 내용에 따라 계통에 사고를 가하고, 계통해석 모듈을 이용하여 알고리즘 해석을 수행하고 그 결과를 이용하여 계통의 안정도 상태를 평가한다. 다시 그 평가 결과에 따라 후속발생 가능성이 높은 사고들을 발견하기 위한 추론을 하며 일련의 고장 파급 가능성을 평가하여 그 분석결과를 전체 관리 시스템에 전송한다.

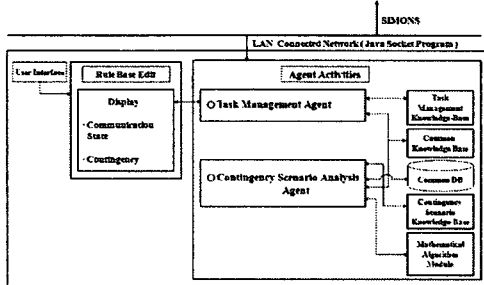


그림 3 개별 병렬처리 시스템 구성도

2.2 상호 시스템간의 정보교환

전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템들이 상호 협력하며 태스크를 분배 및 취합하기 위해서는 상호간 상위 추상레벨의 정보를 교환하여야 하며 본 연구에서는 전력 도메인에서 전송하고자 하는 정보의 자유로운 표현과 해석을 위해 XML과 DOM(Document Object Model) 방식을 사용하였다.

개별 병렬처리 시스템에서는 노드를 이용한 파싱을 통해 노드의 속성으로 정의되어 있는 정보의 내용을 파악하도록 하였으며 이를 위한 탐색방법으로는 넓이 우선 탐색(Breadth First Search)법을 이용하였다. 상정사고 해석을 위한 정보는 수행할 에이전트 ID, 즉 해당 개별 병렬처리 시스템의 태스크 매니저의 ID와 수행할 상정사고의 내용과 필요 정밀도 수준으로 구성된다. 그림 4에 상정사고 해석을 위한 정보를 개별 병렬처리 시스템에 전송할 경우 정보 구성과 탐색 예를 보였다.

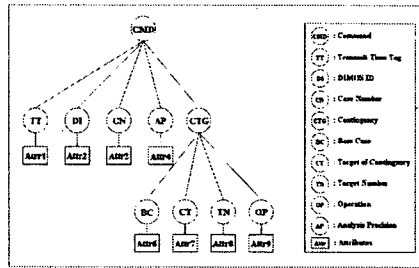


그림 4 상정사고 해석을 위한 정보구성

2.3 병렬연산 기반 시스템을 이용한 상정사고 해석

전체 관리 시스템은 상정사고 해석을 수행할 여러 개별 병렬처리 시스템들에게 현 계통 운영상태 정보 및 각각의 개별 병렬처리 시스템들이 해석해야 할 상정사고의 내용을 통보하고 임무 부여를 시작한다.

전체 관리 시스템으로부터의 태스크 배분은 병렬처리 시스템들의 성능과 통신 상 발생하는 트래픽 상황의 판단을 통해 이루어진다. 가능한 빠른 시간 내에 효율적으로 결과를 보고받기 위하여 전체 관리 시스템은 선택한 초기상정사고들을 각각의 병렬처리 시스템들에게 순차적으로 배분하고 결과보고가 올라오는 순서에 따라 다음 태스크를 분배한다.

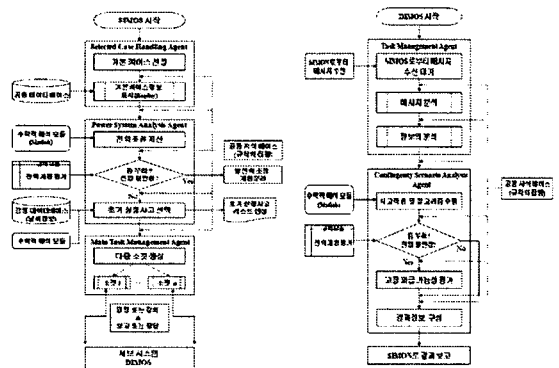


그림 5 전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템의 태스크 수행 흐름도

상정사고 해석명령을 접수한 개별 병렬처리 시스템의 태스크 매니저는 먼저 명령을 파싱하여 지시받은 상정사고 해석을 수행하게 된다.

개별 병렬처리 시스템의 태스크 매니저는 명령수령 시간을 마크하고 상정사고 해석을 수행한다. 이를 위하여 미리 생성되어 대기하고 있는 상정사고 분석 전문 에이전트에게 해당 상정사고 해석을 수행 시킨다. 전문 에이전트는 필요한 해석 프로그램을 구동하여 집행결과 데이터를 얻고 이를 기초로 하여 전력계통 상태 추론을 수행한 후 태스크 매니저에 보고한다. 수행종료를 보고받은 태스크 매니저는 수행종료시간(End Time Tag)를 붙여 보고 정보를 구성하여 전체 관리 시스템에 전송한다. 그림 5에 전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템의 태스크 수행 흐름도를 나타내었다.

3. 사례 연구

병렬연산 기반 지능 멀티에이전트 시스템의 테스트를 위한 계통 모델은 IEEE RTS-79[5]를 이용하였고 전체 관리 시스템 PC 1대와 개별 병렬처리 시스템 PC 10대로 구축하였다. 시스템은 자바 언어로 구현하였으며 GUI 환경 내에서 사용자 선택 메뉴에 따라 메뉴처리를 담당하는 규칙들의 집행에 의해 시스템이 실행하도록 구현하였다.

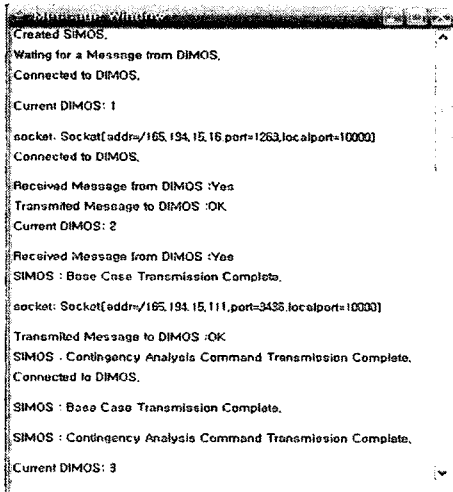


그림 6 전체 관리 시스템의 메시지 화면

그림 6은 전체 관리 시스템과 개별 병렬처리 시스템간의 정보교환 내용을 나타낸 것으로서 메시지 교환을 통하여 상정사고 해석을 수행할 개별 병렬처리 시스템들의 현재 상태를 확인하고 각 시스템들의 응답에 따라 상정사고 해석을 위한 기본 케이스 정보와 상정사고 정보를 전송하며 해당 상정사고의 해석을 명령하고 있다. 또한 전체관리 및 개별 시스템들은 서버 및 클라이언트 기능을 모두 수행할 수 있도록 쓰레드 기반 소켓을 구현하여 시스템 간 정보 교환이 원활하고 신속하게 이루어 질 수 있도록 함으로써 병렬처리 시스템들의 임무를 부여받기 위해 필요한 대기시간을 감소하였다.

전체 관리 시스템으로부터 받은 정보를 기반으로 상정사고 해석을 수행한 개별 병렬처리 시스템들의 보고결과를 그림 7에 보였다. 10대의 병렬 처리 시스템들에게 분배한 상정사고의 내용은 발전기 트립과 조류계산 결과 선로조류가 용량에 근접한 선로에 고장을 적용하는 것으로 하였으며 각각의 시스템들의 상정사고 해석 수행 시간에 따라 결과 보고가 올라오는 시간이 랜덤하게 나타

남을 보여주고 있다.

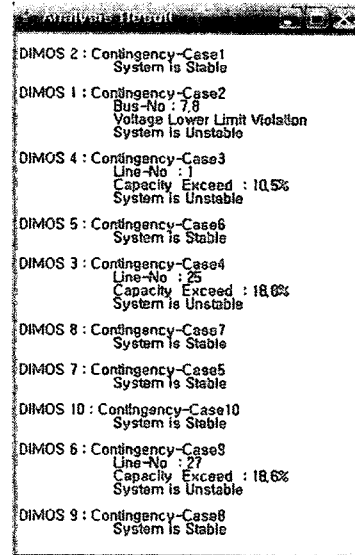


그림 7 개별 병렬처리 시스템들의 상정사고 해석결과

4. 결 론

전력계통의 운용 상태에 대한 정확한 판단을 위해 보다 많은 상정사고 및 후속 발생 가능고장들까지의 해석이 필요하다고 사료되며 본 연구에서는 개별 상정사고 해석에 소요되는 시간을 감소시키기 위하여 병렬연산 기반 지능형 멀티 에이전트 시스템을 제안하였고 모의 시스템구현 및 테스트를 통해 그 성능을 확인하였다.

현재 고장 발생 확률에 기초하여 초기 고장 및 파급 가능 고장들을 선정하는 연구와 보다 정확한 초기고장 및 파급고장 가능성을 산정하고 추론하기 위해 날씨정보와 안정도 해석결과를 반영하는 연구를 진행하고 있다.

[감사의 글]

본 연구는 산업자원의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-B-203)주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] 朴圭弘, “電力系統의 想定事故 解析 및 對策에 關한 研究”, 중앙대학교 박사학위 논문, 1986년 12월
- [2] 김중율, 문경준, 이화석, 박준호, “PC 클러스터 시스템 기반 병렬 PSO 알고리즘의 최적조류계산 적용”, Trans. KIEE, Vol. 56, No. 10, OCT, 2007
- [3] 최장훈, 김건중, “XML Web Service를 이용한 조류계산 프로그램의 분산처리”, 전기학회논문지 52A권 4호 2003년 4월
- [4] Quirino Morante, Nadia Ranaldo, Alfredo Vaccaro, “Pervasive grid for large-scale power systems contingency analysis”, IEEE Trans. Industrial Informatics, Vol. 2, No. 3, AUG, 2006
- [5] Cliff Grigg, Peter Wong, Paul Albrecht “The IEEE Reliability Test System-1996”, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 14, NO. 3, pp. 1010-1020, August 1999.