

전자기과도현상 프로그램의 전력계통 모의능력 향상에 관한 연구

오세승* 이한상** 장길수** 문승일*
 서울대학교* 고려대학교**

On Enhancement of EMT Simulation capability in Distributed Computing

Sea-seung Oh* Hansang Lee** Gilsoo Jang** Seung-il Moon*
 Seoul National University* Korea University

Abstract - 전력계통에 FACTS, HVDC 등의 전력전자 설비들이 도입되면서 실효치기반의 모의중심이었던 계통해석에 순시치기반의 모의를 사용하고자 하는 노력이 계속되어 왔지만 짧은 적분간격과 소자단위 모델링, 초기화의 어려움 등으로 인해 전력계통해석 중심의 어플리케이션에 적용하기에는 상대적으로 제약이 많았다. 본 논문에서는 상용 전자기과도현상 모의프로그램을 이용해 전력전자설비를 포함하는 전력계통을 보다 상세히 모델링하여 모의할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

1. 서 론

EMTP나 PSCAD/EMTDC와 같은 순시치기반의 전자기과도현상 모의 프로그램은 소자단위의 설비 모델링과 μs 단위의 적분간격을 사용하기 때문에 전자기과도현상의 정밀한 모의에 큰 강점을 가진다. 순시치기반의 전자기과도현상 모의는 매우 짧은 시간동안 나타나는 현상 모의를 위한 것이기 때문에 모델링한 설비 이외의 전력계통은 하나의 임피던스와 전압원으로 모델링해왔다.

전력계통에 FACTS, HVDC 등 응동이 빠른 전력전자설비들이 설치되고 이들의 역할이 커지면서 계통해석 시 이러한 설비들의 모델링의 중요성이 증대되어 왔다. 실효치 기반의 상용계통해석 프로그램들의 경우 범용 모델들이 제공되고 있지만 개별기기의 특성을 반영하지 못하는 경우가 많고 사용자가 모델을 작성하고자 하는 경우 모델링, 구현, 성능검증에 매우 많은 시간과 노력이 요구된다. 또한 Smart grid 등과 같이 다수의 전원을 포함하고 IT기술과의 융합을 통해 높은 전력품질을 유지하고자 하는 시스템의 경우 순시치기반의 전자기과도현상모의가 중요해진다.

전자기과도현상모의의 경우 모의간격이 μs 단위로 매우 짧고 3상평형을 가정한 실효치기반의 모의와는 달리 3상을 모두 계산하기 때문에 모의하고자 하는 시스템의 크기에 따라 계산량이 급격하게 증가한다. 계산량의 증가는 계산속도를 감소시키고 시스템의 불안정을 야기할 수 있기 때문에 일정한 크기 이상의 전력시스템을 전자기과도현상모의 프로그램에 이용하여 모의할 때는 계통축약 등의 기법을 사용하여 계통을 단순화 한다.

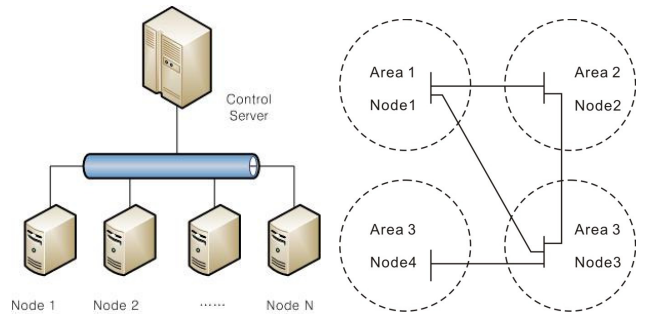
계통분할과 범용 통신protocol을 이용한 분산모의를 이용하여 이러한 계통축약기법을 사용하지 않고 전력시스템의 전자기과도현상모의를 수행할 수 있다면 계통축약의 필요성이 크게 줄어들기 때문에 보다 정밀한 모의를 빠르게 수행할 수 있는 장점이 있다.

2. 본 론

2.1 전자기과도현상 프로그램의 분산환경 적용

분산모의를 위해서는 계통을 적절한 크기로 분할하고 이를 각 연산노드에 할당하여야 한다. 이를 위한 모의 시스템은 하드웨어적으로 그림 1과 같이 구성된다. 각각의 연산노드들은 범용PC로 구성되며 네트워크를 통해 연결되어 있다. 모의의 동기화를 Control server가 전체 노드의 모의절차를 제어하게 된다.

분산모의의 시 가장 중요한 것은 개별 노드들 간의 모의가 모두 동기화되어 수행되어야 한다는 점과 데이터의 교환이 신뢰성 있는 방법으로 이루어져야 한다는 점이다. 통신상의 문제로 인해 데이터가 신뢰성 있게 교환되지 않는다면 이는 모의의 신뢰성을 보장할 수 없게 되기 때문에 데이터 교환을 위한 신뢰성 있는 통신기법이 가장 중요하게 고려되어야 할 요소이다.



<그림 1> 분산 모의를 위한 시스템 구조 <그림 2> 계통분할과 노드할당

2.1.1 계통분할

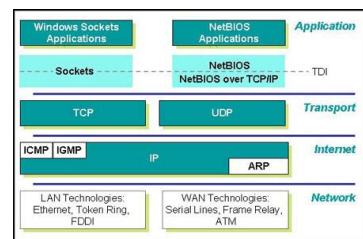
계통분할을 통해 전력시스템을 연산노드에 할당하기 위해 전력시스템을 다수의 서브시스템으로 분할하며 분할된 서브시스템은 각각의 연산노드에 할당되어 다른 연산노드들과 데이터를 주고받으며 모의가 진행된다.

계통분할에는 여러 가지 고려해야 할 요소들이 있지만 모든 연산노드의 연산시간이 최소가 되도록 계통을 분할하는 것이 연산속도를 높이는 방법이 될 것이며 데이터의 교환이 필수적인 특성상 전체 시스템의 연산속도는 가장 느린 노드의 연산속도와 통신에 필요한 시간을 합한 시간에 비례하게 된다.

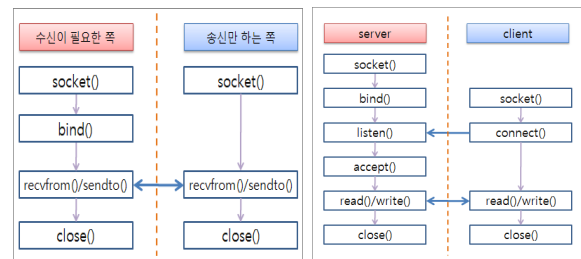
$$t_{comp\ total} \propto f(t_{comp\ max} + t_{comm\ max})$$

2.1.2 통신

노드간 통신을 위해 현재 가장 널리 사용되고 있는 UDP protocol과 TCP/IP protocol을 테스트하였다.



<그림 3> TCP/IP protocol suite

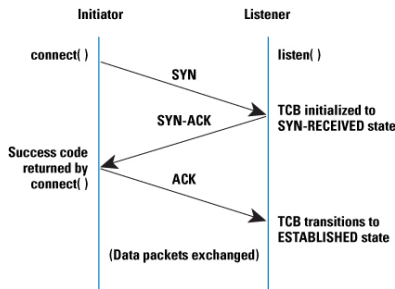


<그림 4> UDP 통신함수를 이용한 통신 <그림 5> TCP 통신함수를 이용한 통신

UDP 프로토콜의 경우 IP를 이용하여 흐름 제어를 하지 않고 데이터 송/수신에 필요한 연결설정과 해제 과정이 없기 때문에 TCP/IP protocol에 비해 매우 빠른 성능을 나타낸다. 그러나 protocol 자체적으로 데이터 전달의 신뢰성을 보장하지 않기 때문에 history 데이터를 사용해야 하는 적분알고리즘같은 경우에는 특별한 로직을 구현하지 않는한 사용하기 어렵다.

이에 반해 TCP (Transmission Control Protocol)은 보통 큰 사이즈의 데이터를 전송하는 데 사용되며 Session, Sequence number, ACK signal을 사용하여 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장한다.

- 3-way handshaking : 실제 데이터를 전송하기 전에 TCP session을 맺는 과정
- Sequence Number : 여러개의 데이터를 한꺼번에 전송해도 뒤섞이지 않도록 해 주며 수신측의 호스트에서는 그 순서대로 재조합을 할 수 있는 방법을 제공
- Acknowledgements : 송신측의 호스트로부터 수신측의 수신 확인메시지를 의미.

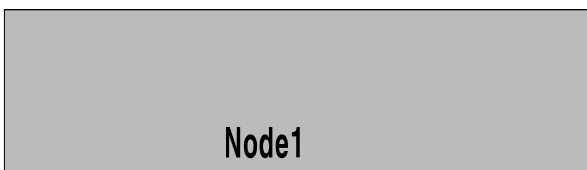


<그림 6> 3way-Handshaking

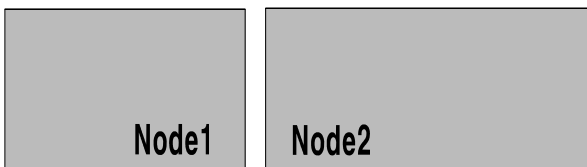
TCP/IP protocol을 이용할 경우 데이터교환의 신뢰성은 보장되지만 전자기과도현상 모의 특성상 session이 작고 잦은 연결이 발생하기 때문에 데이터 교환에 필요한 시간이 매우 커지는 현상이 발생한다. 따라서 분산 모의 시스템의 연산속도를 증가시키기 위해서는 TCP/IP 수준의 데이터전송 신뢰성을 보장하면서 연결/해제과정이 필요 없거나 시간이 적은 protocol을 사용해야 한다.

2.2 모의

제안한 분산 모의 시스템의 개념을 테스트하기 위해 그림 6의 계통을 그림 7과 같이 두 개의 노드에 할당하여 모의를 수행하였으며 모의 시간은 0.5초, 모의 간격은 50μs로 설정하였다.

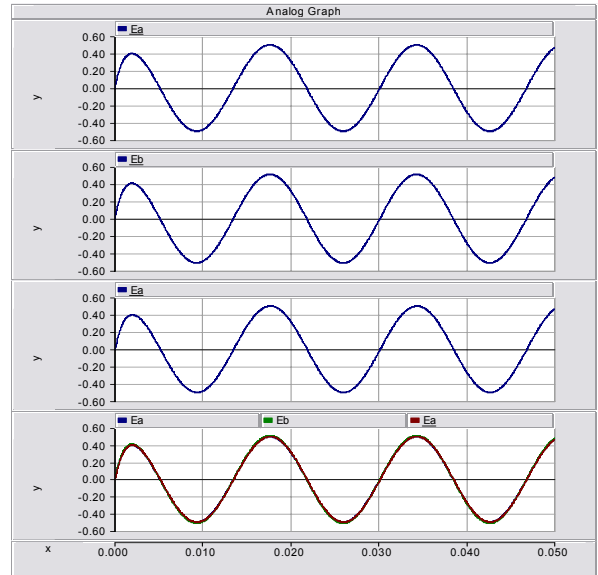


<그림 7> 모의계통

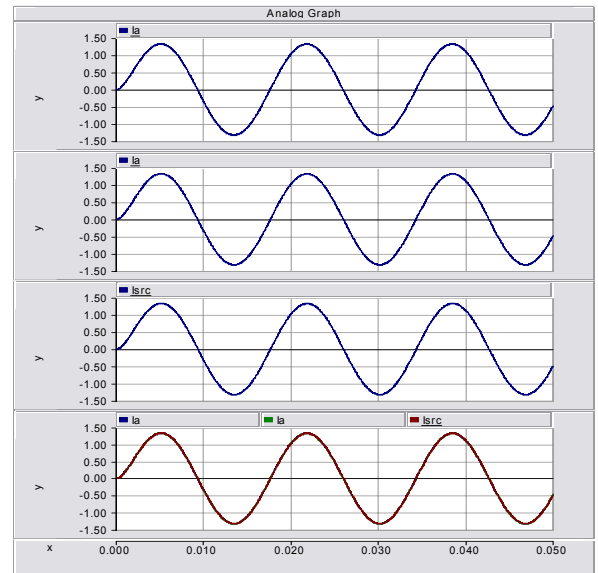


<그림 8> TCP/IP 통신모듈을 이용한 계통 분할

그림 8의 모의 결과는 그림 9, 그림 10과 같다. 그림 7과의 비교를 통해 Node 1, Node 2에서의 전압과 전류가 일치함을 할 수 있다.



<그림 9> 모의 결과 비교 - 전압



<그림 10> 모의 결과 비교 - 전류

3. 결 론

본 논문에서는 TCP/IP protocol을 이용하여 전자기과도현상 모의 프로그램의 성능을 향상시키기 위한 가능성을 검토하였다. 전자기과도현상 모의프로그램을 이용하여 계통을 모의할 경우 모의계통의 크기에 따라 모의속도는 급격히 감소하며 단일PC환경에서 범용 PC 하드웨어의 연산능력으로 이를 보상하기는 불가능하다. 따라서 모의계통을 적절하게 분할하여 다수의 컴퓨터가 각각의 분할된 계통에 대한 모의를 네트워크를 통해 데이터를 주고받으며 모의를 수행하는 분산환경이 적절한 대안이 될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. ROA-2008-000-20107-0)

[참 고 문 헌]

[1] PSCAD/EMTDC User's Guide