

## 광자소자 분석을 위한 시뮬레이션 툴 개발 (*mPARC* 을 중심으로)

### Development of Simulation Tool for Analysing Integrated Photonic devices

이승걸

인하대학교 정보통신공학부, micro-PARC

sglee@inha.ac.kr

최근 들어 인터넷의 급속한 확산과 함께 초고속, 대용량 광통신의 중요성이 증대되고 있으며, 가까운 미래에 수 Terabit 혹은 수십 Terabit 급 광통신 시스템을 상용화하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서의 연구 개발이 활발히 수행되고 있다. 이러한 연구 개발에 있어 광통신 시스템용 개별 광자소자나 광집적회로의 고속, 소형화, 경량화, 다 기능화 및 신 기능화는 매우 중요한 과제가 아닐 수 없다.

광통신 시스템의 처리속도 및 처리 용량 등을 향상하기 위해 소자의 측면에서 신 개념의 소자 고안, 신물질 개발, 공정기술의 개선 및 개발, 패키징 및 집적화 기술의 개선 등이 끊임없이 추구되어 왔다. 만일, 광자소자나 광집적회로의 소자 및 전파 특성을 수치해석적으로 분석하고 평가할 수 있다면, 개발 과정의 비용과 시간을 크게 줄일 수 있을 것이다. 이러한 측면에서 개별 광자소자의 특성을 전산 시뮬하기 위한 수치해석 방법에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 대표적인 것으로 모드 해석법 (mode analysis), 광속전파방법 (beam propagation method, 이하 BPM이라 함), Finite difference time domain (FDTD), 유한요소법 (finite element method, 이하 FEM이라 함), 모드전파법 (mode propagation analysis, 이하 MPA 라 함) 등이 제안되어 활용되어 왔다. 물론 이러한 수치해석 방법을 상용화한 tool들도 개발 판매되고 있는데, 대표적인 예로 Rsoft사의 BeamPro, Optiwave사의 BPM\_CAD, BBV사의 Prometheus 등이 있다. 그런데 이들 방법은 나름의 장단점과 적용 한계를 가지므로, 분석될 광자소자의 종류나 특성에 따라, 적절한 방법들이 선택되어야 한다.

최근 고속화, 소형화, 다기능화의 방안으로 광집적회로에 대한 관심이 높아지고 있으므로, 개별 광자소자뿐만 아니라 광집적회로에 대한 전산시뮬이 동시에 필요하게 되었다. 그러나, 개별 광자소자의 전산 시뮬과 달리, 광집적회로의 전산 시뮬에는 하나의 수치해석 방법이 공통적으로 적용할 수 없거나, 있다고 하더라도 컴퓨터의 용량 한계로 인해 실제로 적용될 수 없다는 문제점이 발생한다. 이에 대한 해결 방안으로 광집적회로를 구성하는 각 소자에 적합한 수치해석 방법을 소자별로 적용하여 계산 결과를 결합하거나, 서로 다른 수치해석 방법들을 접목하는 것을 생각해 볼 수 있을 것이다. 그러므로, 광집적회로의 전산시뮬을 위해 여러 가지 방법들을 통합한 통합 시뮬레이터가 필요하다.

본 논문에서는 수동형 광자소자 및 이들 소자로 구성된 광집적회로에 적용될 수 있는 통합 시뮬레이터의 개발 개념, 구성을 다룰 것이다. 특히, 소자 분석에 적용되는 각종 수치해석 방법의 원리, 구현 과정, 장단점, 및 적용 한계 등을 살펴보고, 통합 시뮬레이터를 개발하는 과정 및 이에 관련된 내용을 다룰 것이다.

본 연구를 통해 개발되고 있는 광집적회로 분석용 통합 시뮬레이터의 명칭은 **mPARC** 이며 그 구성은 그림 1과 같다. **Layout Editor**는 광집적회로의 제작에 필요한 mask pattern을 생성하는 엔진이며, 이 결과와 입력 파일을 통해 입력된 광집적회로 형태 및 분석 방법에 대한 정보는 **Input Parser**에 의해 해석된 후 필요한 token table을 생성한다. 생성된 token은 차후 어떤 수치해석적 연산이 수행될 것인가를 결정하는 것이다. **Profile Generator**에서는 정의된 mask로 실제 소자나 광집적회로를 제작했을 때 그 3차원 형상을 계산하는 엔진이며, **Mesh Generator**는 소자 분석을 위한 grid 생성이나 mesh 생성을 담당하는 엔진이다. **mPARC**에서 가장 핵심적인 부분은 **Maxwell engine**으로 Mode solver, BPM, FDTD, FEM, MPA 등의 수치해석 방법으로 광집적회로를 분석하는 부분이다. 마지막으로 사용자의 요구에 따라, 계산된 결과를 처리하고 출력하는 **Post-Processor** 및 **Output/Plot** 엔진이 있다.

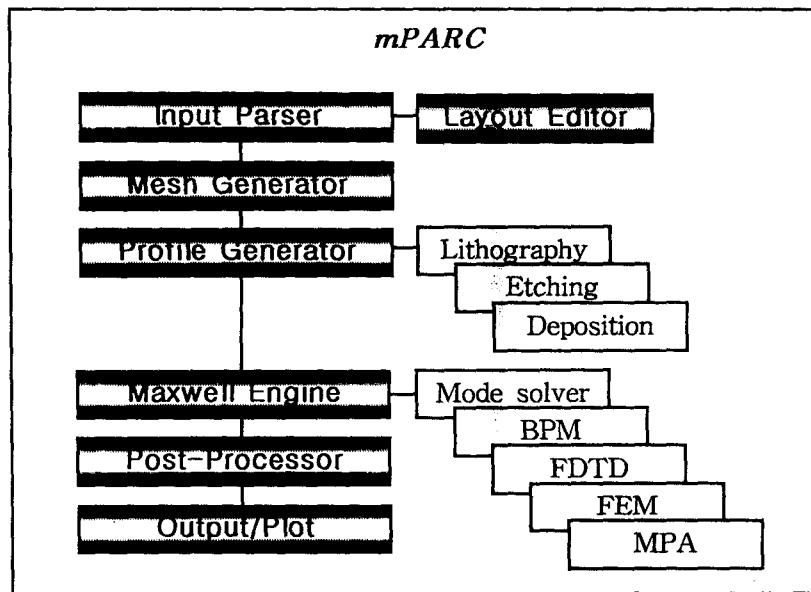


그림 1. 통합 simulator의 구성.

그림 1의 각종 엔진 및 모듈은 하나의 frame 속에 통합되어 있으며 공통의 data format를 유지하고 있으므로, 서로 다른 수치해석 방법으로부터 계산된 결과들은 서로 공유될 수 있다. 즉, 한 방법의 결과는 특별한 data 변환과정 없이 다른 수치해석 방법의 입력으로 활용되거나, 다른 수치해석 방법의 결과와 결합될 수 있는 장점을 가진다. 또한, 공통의 post-Processor로 모든 계산 결과를 가공하고 처리할 수 있다는 장점을 가진다.

현재 통합 시뮬레이터의 전체 frame과 관련 엔진 및 모듈이 일부 개발되었으며, 상용 tool과의 비교를 통해 계산의 정확도를 검증 중에 있다. 앞으로 나머지 모듈의 개발이 진행될 것이며, 각 모듈의 수치해석적 안정성 확보, 사용자 편의성을 높이기 위한 GUI 환경 구현, 계산의 효율성을 높이는 연구도 병행될 것이다.