

# Energy Plus 부하 해석 프로그램

- 출처: ASHRE Journal, 2000년 4월호
- Drury B. Crawley  
(DOE의 Team Leader 및 Program Manager)
- Linda K. Lawrie  
(Engineer Research and Development Center의 선임 연구원)
- Curtis O. Pedersen  
(Ph. D, Univ of Illinois의 기계공학부 교수)
- Frederick C. Winkelmann  
(Ph. D, Lawrence Berkeley National Lab.의 Simulation Group Leader)



공 성 훈

## 개요

세계 도처에는 다양한 빌딩에너지 시뮬레이션 프로그램이 사용되고 있다.

이러한 발달과정에서 DOE(The U.S Department of Energy: 미국 에너지성, 이하 DOE로 약함)에서는 시뮬레이션 도구의 새로운 개발을 위해 1995년에 3단계 프로세스의 계획을 착수했다.

프로그램의 개발과정의 기본방향을 살펴보면,

- DOE 프로그램과 관련된 기존의 자료조사
- 에너지 시뮬레이션에 대한, 사용자와 개발자로부터의 지지를 얻기 위한 워크샵 홍보
- 이 워크샵에서 얻어진 지지를 바탕으로 새로운 프로그램개발을 확정하고 BLAST (BLAST지원 사무소, 1992)와 DOE-2(Winkelmann 등, 1993)의 개발 경험을 활용한다.

개발을 위해 3개의 조직은 DOE-2프로그램을 개발한 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory), CERL(US. Army Construction Engineering Laboratory) 그리고 DOS의 BLAST 프로그램을 개발한 University of Illinois이다.

여기서 개발하는 에너지 해석 프로그램 명은

Energy Plus이며, Energy Plus는 그 자체의 새로운 기능들과 BLAST와 DOE-2에서의 장점만을 조합한 것이다. Energy Plus는 FORTRAN 90으로 구성되어졌다.

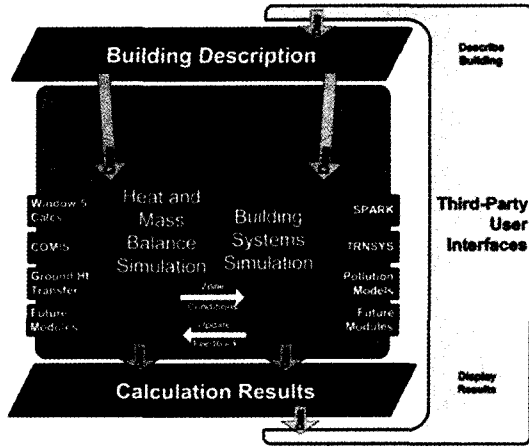
## Energy Plus 프로그램의 구조

건물의 기본 데이터(열관류율, 창면적비 등)를 입력시키면, 열유체에너지 계산 부분에서는 창부분 계산, 지중으로의 열전달, 실제적인 시스템 컨트롤, 존별 기류, 방사열과 냉각시스템, 건축요소들의 수분 흡착성과 탈착성등을 고려한다. 그리고 건물시스템 해석부분에서는 기존의 TRNSYS, SPARK등을 활용하며, 건물시스템 해석부분과 열유체에너지 해석부분은 상호 update가 가능하다(그림 1. 참조).

## 열유체 해석부분 알고리즘의 기본개념

Energy Plus의 기본적인 가정은 일관적인 표면온도와 방사, 복사열의 확산과 표면의 반사, 내부 열 전도에 대한 것이다. 프로그램은 건물외피의 표면과 공기 열 균형상태를 관리하고, 열 평형과 건축시스템 시뮬레이션간의 인터페이스 역

공 성 훈 | 계명대학교 건축공학과(ksh@kmucc.keimyung.ac.kr)



〈그림 1〉 Energyplus의 종합적인 구조도

할을 한다. 표면열 평형모듈은 내외표면 열평형, 경계조건, 전도, 대류, 방사, 습기 효과들의 상호관련들을 나타낸다.

공기부분은 통풍, 배기공기, 침기와 같은 다양한 질량의 흐름을 다룬다. 그리고 IBLAST의 기본적인 열 평형에 첨가하여, DOE-2의 기능에 근거한 3가지 새로운 모듈을 개발했으며, 이것은 일광 시뮬레이션, 윈도우4에 기초한 계산법, 그리고 ANISOTROPIC기후조건이 사용된다. 자연채광 모듈은 매시간 내부일광조명도, 창문의 발광 표면, 발광조절, 전등 빛의 조절을 고려하고, 열 균형 모듈을 위해 전광의 감소 등을 계산한다.

윈도우모듈은 윈도우5를 이용하여 태양복사와 가시광선에 대한 흡수와 전도를 고려하여 통합 계산한다. 차양부분은 가변식 차양과 블라인드, 그리고 전기크롬 창 유리 구조도 고려한다. 일사 모델은 비균등 복사와 태양위치, 운량을 고려한 Perez(1990, 1991)기상자료에 바탕을 둔다.

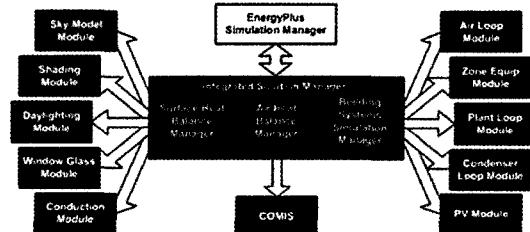
가스 연구소(Gas Research Institute)와 플로리다 태양에너지 센터(Florida Solar Energy Center)의 지원으로 효율적인 습기 침투깊이(Effective Moisture Penetration Depth : EMPD)로 알려진, 간소화된 수증기 모델을 대기와 내부표면과 설

〈표 1〉 타 프로그램과의 비교

일반 종류	DOE-2	BLAST	IBLAST	Energy Plus
통합된 시뮬레이션 해석 • 통합된 부하/시스템/플랜트 • 쌍방향해석	No	No	Yes	Yes
다중 시간대 접근 • 상호반응을 고려한 15분 단위의 해석 • 공기층과 HVAC시스템 간의 상호반응에 대한 다양한 시간대 접근	No	No	Yes	Yes
입력 기능 • 사용자가 재 편집없이 코드를 사용할 수 있음	Yes	No	No	Yes
새로운 리포트 메카니즘 • 표준화된 리포트형식 사용 • 사용자의 활용이 편리하게 된 그래프	No	No	No	Yes

비기들 사이에 수증기의 상호작용을 분석하기 위해 사용하고 있다.

Energy Plus 프로그램의 또 다른 중요한 특징은 이것이 본질적으로 ASHRAERP-987의 UI에 의해 개발된 LOADS TOOLKIT과 기능면에서 본질적으로 동일하다는 것이며, UI는 LOADS TOOLKIT를 개발하기 위해 EnergyPlus 프로젝트에서 개발된 프로그램을 이용하고 있다.



〈그림 2〉 통합화된 시뮬레이션의 관계

## 입출력 및 기상 데이터

사용자들이 쉽게 저장하고 첨가할 수 있는 Energy Plus의 입출력 데이터를 기본적으로 계획했다. 그리고 BLAST나 DOE-2에서 쓰였던 것과 유사한 프로세서를 사용했으며 현재의 BLAST나 DOE-2 사용자들이 Energy Plus로의 전환이 용이하게 BLAST나 DOE-2의 입력 유틸리티를 그대로 사용했다. 시뮬레이션 하는 동안 Energy Plus는 출력 데이터 구조의 시간대별 결과 값을 저장하고 열 조절 시간을 선택할 수 있다.

〈표 2〉 부하 종류별 비교

일 반 종 류	DOE-2	BLAST	IBLAST	Energy Plus
열평형 산출 • 시간대별로 복사와 대류의 계산	No	Yes	Yes	Yes
내표면 대류 • 온도와 공기흐름의 영향 • 내부측 열용량	No Yes	Yes Yes	Yes Yes	Yes Yes
습기 현상 • 건물외피의 열과 물질이동의 합성	No	No	No	No
천공 일사 • 경사면 해석, 산란광 및 태양의 위치 고려	Yes	No	No	Yes
창문의 해석 • 창문 블라인드의 조절	Yes	No	No	Yes
WINDOW 5의 계산 • 창문의 형태가 200개 이상가능	Yes	Yes	Yes	Yes
주광 일사와 조절 • 창문이나 하늘로부터 내부일사 • 변화하는 조명 세기의 시뮬레이션과 조절 • 냉방과 난방에 밝기조절의 효과	Yes	No	No	Yes
열적 쾌적감 • 건구온도, 복사, 습도, 환동량에 기반을 둔 모델	No	Yes	Yes	Yes

날씨 데이터 형식은 18개의 기본위치 정보(위치(주/지방/지역, 나라), 데이터의 근거, 위도, 경도, 시간대, 고도, 최고 난방과 냉방 디자인 상태, 공휴일, 주광을 등이 있다.

Energy plus는 TMY2와 WYEC2같은 평균 1년 기후 파일과 TD1440과 DATSAV2과 같은 표준기후의 자료를 활용하고 있다. Energy plus의 세부적인 기후 데이터 형태를 참고하려면 Crawley et al 1999를 참조하면 된다.

## 요약

Energy plus의 첫 작업버전인 알파 버전은, 작업 팀에 의한 내부 테스트가 1998년 12월에 이루어 졌으며, 외부 사용자들이 1999년 말에 테스트를 하여 2001년 초에는 Energy plus 버전 1.0을 개발할 예정이며 향후에도 지속적인 개발을 계획하고 있다.


Energy plus는 BLAST와 DOE-2의 장점과 많은 새로운 시뮬레이션 성능을 지닌 에너지 시뮬레이션 프로그램이 될 것으로 기대한다.

Energy plus 프로그램의 주요기능은 다음과 같다.

- 열평형 부하 계산
- 동일 시간대에서 통합된 부하, 시스템, 플랜트 계산
- 사용자 위주의 HVAC 시스템 해석
- 다른 개발자가 새로운 시뮬레이션 모듈을 첨가하기 용이한 모듈구조
- 그래픽 작업이 용이한 간단한 입력과 출력 데이터 양식

## 〈참 고 문 헌〉

1. BLAST Support Office, 1992, BLAST 3.0 Users Manual, Urbana-Champaign, Illinois: BLAST Support Office, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois.

- 
2. Crawley, D.B., J.W. Hand, and L.K. Lawrie. 1999. "Improving the weather information available to simulation programs," in Proceedings of Building Simulation '99, September 1999, Kyoto, Japan, IBPSA.
  3. Fisher, D.E., et al. 1999. "A modular, loop-based approach to HVAC energy simulation and its implementation in EnergyPlus," in Proceedings of Building Simulation '99, September 1999, Kyoto, Japan, IBPSA.
  4. Huang, J., et al. 1999. "Linking the COMIS multi-zone airflow model with the EnergyPlus Building Energy Simulation Program," in Proceedings of Building Simulation '99, September 1999, Kyoto, Japan, IBPSA.
  5. Perez, R., et al. 1990. "Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance," in Solar Energy, Vol. 44, pp. 271 - 289.
  6. Perez, R.R., et al. 1991. "Dynamic models for hourly global-to-direct irradiance conversion," in 1991 Solar World Congress: Proceedings of the Biennial Congress of the International Solar Energy Society, Vol. 1, Part II, pp. 951 - 956.
  7. Strand, R., et al. 1999. "Enhancing and extending the capabilities of the building heat balance simulation technique for use in EnergyPlus," in Proceedings of Building Simulation '99, September 1999, Kyoto, Japan, IBPSA.
  8. Taylor, R.D, C.O. Pedersen, and L.K. Lawrie. 1990. "Simultaneous simulation of buildings and mechanical systems in heat balance based energy analysis programs," in Proceedings of the 3rd International Conference on System Simulation in Buildings, December 1990, Liege, Belgium.
  9. Winkelmann, F.C., B.E. Birdsall, et al. 1993. DOE - 2 Supplement, Version 2.1E, LBL-34947, November 1993, Lawrence Berkeley National Laboratory. Springfield, Virginia: National Technical Information Service. 

Translated by permission from ASHRAE Journal, copyright Vol. 42, No. 4, 2000, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. The original English language version of this translation is available from ASHRAE, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329 USA ([www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)). sarak is solely responsible for the accuracy of this translation.