

## CFD를 이용한 모바일기기용 고분자전해질 연료전지 성능해석

김병희\*(강원대 기계메카트로닉스공학부), 최종필(강원대 대학원 기계메카트로닉스공학과)  
강대철(인덕대 컴퓨터응용설계전공), 전병희(인덕대 컴퓨터응용설계전공)

### The Performance Analysis of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells for Mobile Devices using CFD

B. H. Kim (Mecha. Eng. Dept., KNU), J. P. Choi (Mecha. Eng. Dept., KNU),  
D. C. Kang (Computer. Design. Dept, INDUC), B. H. Jeon (Computer. Design. Dept, INDUC)

#### ABSTRACT

This paper presents the effects of different operating parameters on the performance of a proton exchange membrane (PEM) fuel cell by a three-dimensional computational fluid dynamics (CFD) model. The effects of different operating parameters on the performance of PEM fuel cell studied using pure hydrogen on the anode side and air on the cathode side. The various parameters are temperatures, pressures, humidification of the gas steams and various combinations of these parameters. In addition, geometrical and material parameters such as the gas diffusion layer (GDL) thickness and porosity as well as the ratio between the channel width and the land area were investigated.

**Key Words** : Proton exchange membrane fuel cells (고분자전해질연료전지), Computational fluid dynamics (전산유체역학), Gas diffusion layer (기체확산층), Porosity (기공도)

#### 1. 서론

초소형 정밀기계 기술 (MEMS)의 발전과 더불어 대부분의 전기, 전자 기기들이 더욱 소형화되고, 이에 따라 구동 에너지원도 경량화 및 소형화가 요구되고 있다. 이러한 소형 및 모바일용 기기들의 전원 장치로 가장 부합되는 차세대 동력 전원으로 연료전지 세계적인 관심을 불러일으키고 있다[1].

연료전지는 전기 화학 반응에 의해 연료가 가지고 있는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 장치로서 기존의 배터리와는 달리 연료를 제공하는 한 계속해서 전기를 발생할 수 있다. 특히, 고분자전해질 연료전지는 높은 출력 밀도, 낮은 작동 온도, 짧은 작동시간과 구조가 단순하고, 작동 안전성을 지니고 있어 기존 배터리의 대체 전원으로 높은 평가를 받고 있다. 그러나 고가의 재료와 비싼 가공비로 인하여 연료전지 제작 및 실험에 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 이유로 실제 실험을 통해 측정하기 힘든 전지 내 물질 반응 현상 해석, 다양한 구조적 변화와 공정조건의 변화에 따른 전지의 작동 특성을 효율적으로 평가하고 제어할 수 있는 장점을 지니고 있는 전산유체역학 코드를 이용한 시뮬레이션에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[2-4].

본 논문에서는 전산유체역학 상용 코드 (CFD-ACE+)를 이용하여 연료전지 내의 물질 전달현상과 전기화학적 반응에 대한 현상의 이해와 전지 온도, 압력 및 기체확산층 두께와 기공도, 유로 형상에 따른 고분자전해질 연료전지의 성능 해석을 수행하였다.

#### 2. 고분자전해질 연료전지

고분자전해질 연료전지의 발전 원리는 연료극 (Anode)에 공급된 수소가 촉매 표면에서 전해되어 수소이온과 전자를 형성한다. 수소이온은 전해질을 통하여 공기극 (Cathode)의 표면으로 이동하며, 전자는 외부회로를 통해 공기극으로 이동한다. 공기극에 공급된 산소와 연료극에서 이동되어 온 전자, 수소이온이 공기극 촉매 표면에서 반응하여 물을 생성한다. Fig. 1은 고분자전해질 연료전지의 개략도 및 작동원리를 보여주고 있다.

Fig. 2 는 연료전지의 3차원 모델링 형상으로 serpentine 형상의 유로판(bipolar plate), 기체확산층, 전극과 전해질 막을 포함하며, 유동, 전기·화학, 열전달을 고려한 다중물리 모델링을 수행하였다.

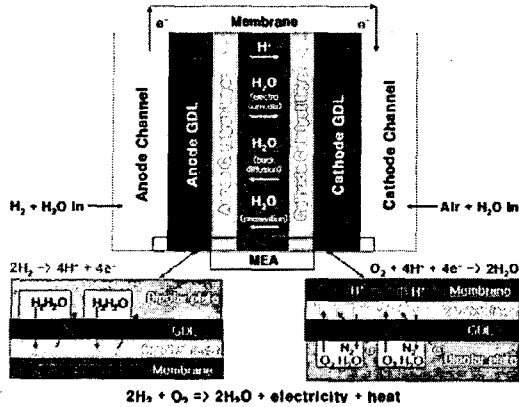


Fig. 1 Schematic diagram of a PEM fuel cell.

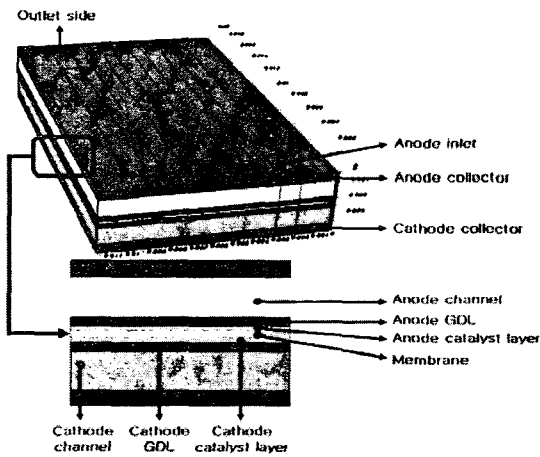


Fig. 2. Three-dimensional Modeling of PEM fuel cell

### 3. 결과 및 고찰

본 논문은 연료전지의 다양한 구동 변수인 온도, 압력, 가습 및 유로의 형상 변화와 기체확산층의 물성치 변화에 따른 연료전지의 성능해석을 수행하였다. 충분한 가습이 주어질 때 작동 온도 증가에 따라 연료전지의 성능이 향상되며, 압력이 증가함에 따라 내부 전류밀도 및 반응 가스의 분압이 증가하여 연료전지의 성능은 증가하게 된다. 또한 유로의 형상 변화를 통하여 반응가스의 균일한 유동장을 얻을 수 있었으며, 기체확산층의 두께 및 기공도 변화에 따른 성능특성을 파악하였다. Fig. 3은 CFD를 이용하여 얻은 시뮬레이션 결과들을 보여주며, Fig. 4는 1 기압, 70℃, 반응 기체의 상대습도가 100%일 때의 기체확산층의 기공도 변화에 따른 연료전지의 성능곡선을 보여주고 있다.

### 4. 결론

CFD를 이용하여 고분자 전해질 연료전지의 3차원 모델 해석을 통하여 다양한 구동 변수 및 형상 변화에 따른 연료전지의 성능평가를 수행하였다.

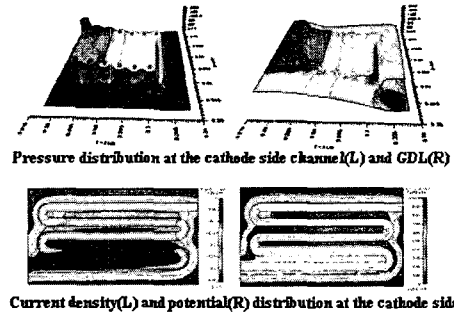


Fig. 4. The Simulation results of PEM fuel cell by CFD

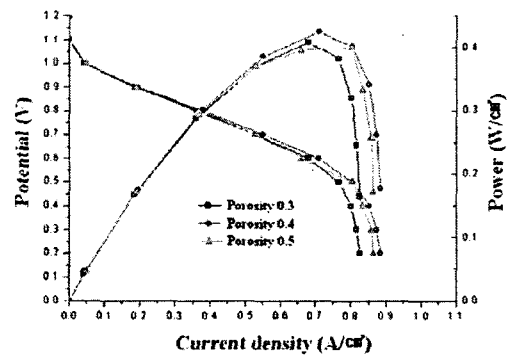


Fig. 5 Polarization curves for three different GDL porosities.

### 후기

본 연구는 산업자원부 성장동력, 중기거점/차세대신기술개발사업의 "마이크로 모바일 발전 기계 장치 개발"의 세부과제로 수행 중이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. H. Voss and J. Huff, "Portable fuel cell power generator", *Journal of Power source*, Vol. 65, pp. 155-158, 1997.
2. L. Wang, A. Husar, T. Zhou, H. Liu, "A parametric study of PEM fuel cell performance", *Int. Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 28, pp. 1263-1272, 2003.
3. P. T. Nguyen, T. Berning, N. Djilali, "Computational model of a PEM fuel cell with serpentine gas flow channels", *Journal of Power Source*, Vol. 130, pp. 149-157, 2004.
4. S. Dutta, S. Shimpalce, J. W. Van Zee, "Numerical prediction of mass-exchange between cathode and anode channels in a PEM fuel cell", *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 44, pp. 2029-2042, 2001.