

# LCD TV 백라이트 기술 동향 및 전망

한 상 규\*, 장 두 희\*\*, 노 정 욱\*\*\*, 홍 성 수\*\*\*

(국민대 \*전자정보통신공학부 조교수, \*\*전자공학과 박사과정, \*\*\*전자정보통신공학부 부교수)

## 1. 서론

디지털 멀티미디어 시대를 맞이하여 Flat Panel Display (FPD)시장은 하루가 다르게 성장하고 있다. 다양한 FPD중에서도 Liquid crystal display(LCD)는 편의성과 가격 대비 효율이 매우 우수하여 가장 많이 사용되고 있으며 휴대폰, PDA, navigation, 노트북 PC, LCD TV 등과 같이 다양한 분야에 계속적으로 응용시장을 넓혀가고 있다.

LCD는 비(非)자발광 디스플레이로서, LCD 전 영역에 걸쳐 균일한 밝기의 빛을 공급하는 역할을 하는 백라이트 유닛 (Backlight Unit, BLU)사용이 필수적이다. 그러나 BLU는 패널의 가격에 있어서 가장 큰 부분을 차지함과 동시에 LCD 패널에서 사용되는 소비전력의 약 90%를 소모한다. 이에 따라 LCD TV의 고화질화, BLU의 효율 향상 및 가격 경쟁력 확보 등에 관하여 다양한 연구가 이루어지고 있다.

LCD TV용 백라이트에 사용되는 광원으로는 현재 Cold Cathode Fluorescent Lamp(CCFL) 이 90% 이상을 점유하고 있으나, 각종 환경규제와 소비전력문제, 고화질 등을 위하여 CCFL을 대체할 수 있는 LED(Light Emitting Diode)나 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT) 등의 신광원에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

LED는 수명이 거의 10만 시간으로 수명이 매우 길고, 소

비전력 또한 CCFL대비 절반 수준으로 저 전력으로 구현이 가능하며, 풍부한 색 재현성과 높은 명암 비를 얻을 수 있다. 기존 CCFL을 사용한 경우에는 NTSC 기준으로 70%불과하던 Color Gamut이 LED RGB 3색을 혼합하여 백색을 구현하는 경우에는 100%이상에 달하여 현존하는 모든 디스플레이를 통틀어 가장 우수한 색 재현성을 얻을 수 있다. 또한 LED BLU는 그 동적 특성이 CCFL에 비해 매우 빠르므로 이를 이용하여 화면 내 어두운 곳은 더 어둡게, 밝은 곳은 더 밝게 하는 직하형(Direct Lit) 방식인 Local Dimming을 구현함으로써 소비전력의 감소와 더불어 화질을 크게 개선할 수 있다. 또한 LED BLU의 가격 저감을 위한 노력으로 직하형 방식에서 에지형(Edge Lit)방식으로 전환하여 LED 소자 수를 크게 감소하였고, 기존의 RGB LED BLU를 백색 LED BLU로 교체하여 제품 가격을 기존 대비 약 30%의 가격 저감을 이루었다. 그러나 아직 LED 소자의 가격이 고가이므로, LED BLU의 고성능 및 다양한 기능을 장점으로 내세운 고급형 LCD TV 제품이 주를 이룰 것으로 판단된다.

차세대 광원으로 최근 각광받고 있는 CNT는 모든 면적에서 균일하게 발광돼 LCD 백라이트에 적절하게 만들어진 평면 광원으로, CCFL과 같은 가스 방전등과 달리 극저온에서 안정적이며 On/Off 반응과 안정화 시간이 매우 짧아 LCD BLU로 적용될 경우 동화상 재생 시의 화질 문제를 해결할

수 있는 장점을 갖는다. 또한 수은 등의 유해물질이 전혀 함유되어 있지 않아 각종 환경 규제에 저촉되지 않는 장점을 갖는다. 현재는 연구 개발단계로 수명에 문제가 있으므로, CNT BLU의 조기 상용화를 위하여 규격화된 전계 방출용 맞춤형 CNT 소재와 극 미세 공정기술 확보에 관한 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 고에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 CCFL을 적용한 LCD TV 백라이트의 기술 동향 및 전망에 대하여 고찰하도록 한다.

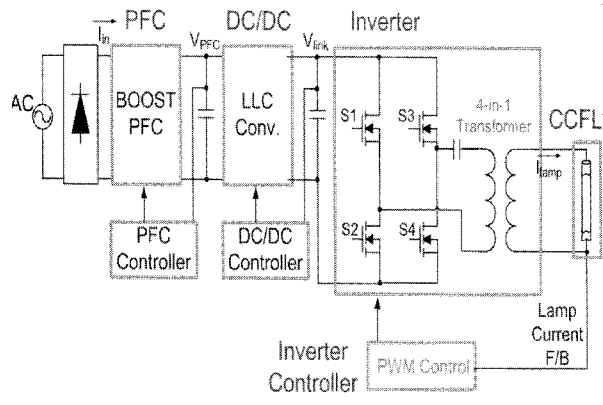
## 2. CCFL을 적용한 LCD 백라이트 구동 시스템 기술 동향

### 2.1 LCD TV용 백라이트 시스템

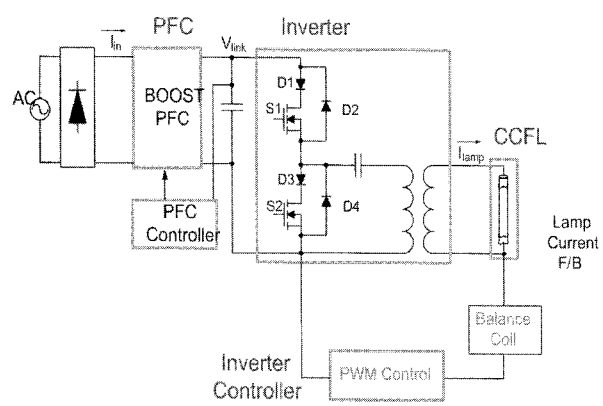
LCD TV 백라이트를 구동하기 위한 인버터 구동 시스템은 그림 1과 같이 크게 2가지 방식으로 나뉘어진다. 첫 번째 방식으로는 그림 1. (a)와 같이 Phase Shift Full Bridge Inverter

가 채용된 Power Separated Drive(PSD) 시스템이다. PSD 시스템은 인버터단의 모든 스위치들의 영전압스위칭(Zero Voltage Switching)이 가능하고 작은 크기의 턴 오프 전류를 가지므로 EMI성능이 우수하고, 인버터단의 효율이 우수한 장점을 가진다. 그러나 LCD TV 구동 전원 시스템은 안전 규격 및 LCD TV전원에 필요한 전압들을 공급하기 위하여 DC/DC단이 추가로 들어가므로 시스템이 3단 구성으로 효율이 낮아지고 제작원가가 상승하는 단점을 지닌다.

두 번째 방식으로는 그림 1. (b)와 같이 Symmetrical Half Bridge Inverter가 채용된 Power Integrated Drive(PID) 시스템이다. PID 시스템의 인버터단은 순간 정전 시에도 램프 Flickering 현상이 나타나지 않아야 하므로, 정상상태에서 시비율이 마진을 가지기 위하여 0.35로 동작 한다. 이로 인하여 큰 순환구간이 존재하여 도통 손실이 심하고, 스위치들이 영전압스위칭 하지 못하므로 효율 및 EMI특성이 좋지 못하다. 또한 스위치의 턴 온시 FET body diode의 느린 역회복 특성으로 인한 순간적인 단락 전류발생을 방지하기 위하여 그림 1(b)와 같이 역 회복 특성이 우수한 다이오드를 반드시 삽입하여야 하므로 제품 제작단가가 상승하는 문제점을 갖는다.



(a) PSD 시스템



(b) PID 시스템

그림 1 LCD TV Backlight 구동 전원 종류

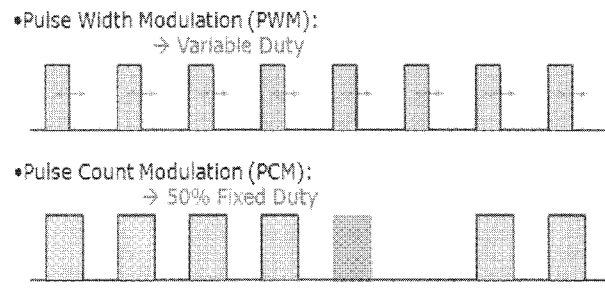


그림 2 PWM 및 PCM 제어 개념

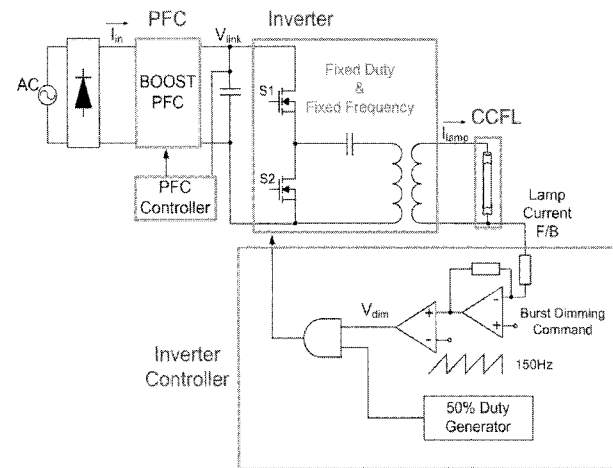


그림 3 PCM 제어기법을 사용한 LCD Backlight Inverter

다. 그러나 제안 시스템은 간단한 2단 구성이므로 PSD 시스템 대비 제품 제작 단가가 낮아지는 장점을 가진다.

램프의 휘도를 제어하기 위한 방법으로는 아날로그 디밍, 디지털 디밍 2가지 방법이 사용되고 있다. 아날로그 디밍은 인버터 스위치의 시비율을 가변 하여 램프에 인가되는 전압의 크기를 조절하게 된다.

그러나 이러한 제어기법은 작은 램프 휘도를 내어야 할 경우에 램프에 인가되는 전압이 작아지게 되어 램프가 소등되는 단점을 지니므로 현재는 많이 사용되지 않고 있다.

디지털 디밍 방식은, 저주파의 디밍 주파수를 이용한 방식으로 저주파 디밍 주파수의 시비율 가변을 통하여 램프의 휘도를 제어하는 제어기법이다. 램프의 휘도 변화에 관한 디밍 범위가 아날로그 디밍 방식에 비하여 넓으므로 현재 많이 사용하고 있다.

최근에는 인버터 시스템의 효율을 개선하기 위하여 "Pulse Count Modulation(PCM)"이라는 새로운 제어기법이 제안되었다. PCM제어 기법은 그림 2와 같이 기존 PWM방식의 램프 휘도 제어를 위하여 시비율을 가변 하던 것을 스위치의 시비율을 0.5로 고정하고 램프의 pulse 개수를 조정하여 램프 휘도를 제어한다. 그림 3은 PCM제어기법이 적용된 새로운 구조의 LCD 백라이트 인버터이다. 시비율을 0.5로 고정함으로써 인버터 단의 모든 스위치들을 영전압스위칭 할 수 있고, 순간단락전류가 발생되지 않으므로 기존 PID 시스템의

역병렬 다이오드를 제거 할 수 있으며 상당히 작은 크기에서 스위치가 오프 되므로 턴 오프 손실이 최소화되어 효율이 매우 우수하다. 또한 Total Harmonic Distortion(THD)가 매우 낮으므로 램프의 기본파 성분을 크게 가져갈 수 있다.

### 2.2 CCFL의 병렬 구동

인버터 효율 개선연구와는 별도로 LCD TV인버터 구동 회로의 부피 저감 및 가격 저감을 위한 다양한 연구들이 진행되어 오고 있다. 기존의 경우에는 평판 디스플레이의 높고 균일한 휘도를 얻기 위하여 다수개의 CCFL을 사용하였고, 램프에서 나오는 빛의 효율적인 이용을 위하여 패널의 바로 밑에 균일한 간격으로 띄어 배치시키는 직하형 방식을 채택하고 있다. 램프의 휘도는 점등상태에서 램프에 흐르는 전류의 RMS 값에 의해 결정되기 때문에 램프 휘도의 균일성을 유지하기 위해서는 각 램프 전류의 RMS값이 같아야 한다. 이와 같이 각 램프의 균일한 휘도를 얻기 위하여 그림 4와 같이 인버터를 병렬로 연결하여 CCFL 1개당 1개의 인버터회로 및 제어IC 그리고 트랜스포머 1개가 필요로 하여 원가상승의 요인으로 작용하였다.

따라서, 인버터 원가 저감을 위하여 그림 5 (a)와 같이 기존

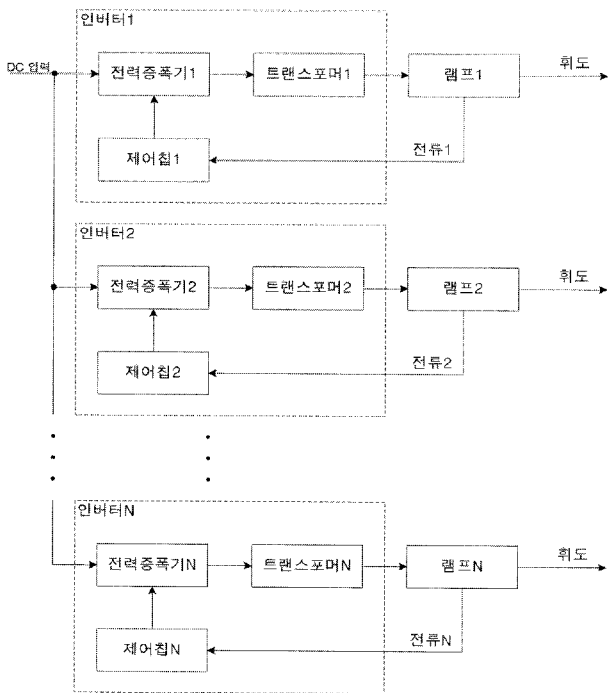
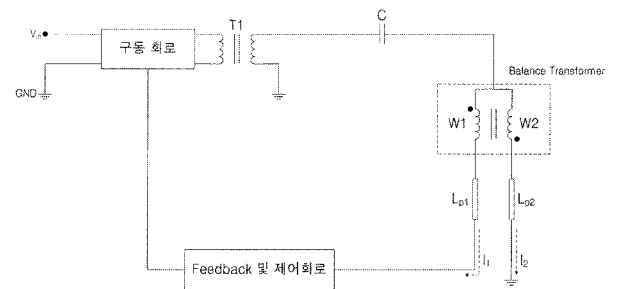
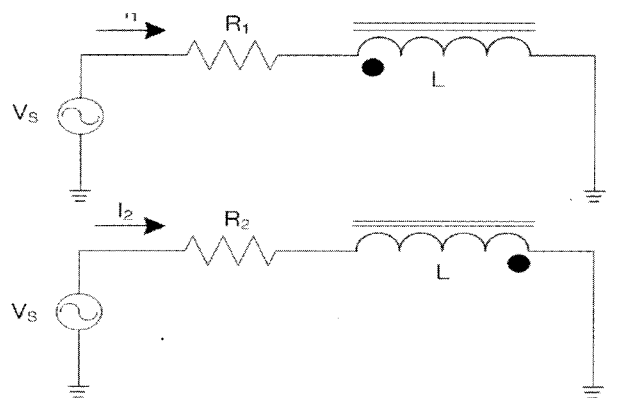


그림 4 기존 CCFL 병렬 구동 회로



(a) 램프의 전류 평형을 위한 회로



(b) 등가회로

그림 5 O2Micro사의 다등 점등 회로

과 같이 동일한 램프 전류 값은 유지하면서도 인버터 및 트랜스포머 수를 저감할 수 있는 전류평형 트랜스포머를 삽입한 새로운 구조의 다등 점등 회로가 제안된 바 있다. 본 회로는 O2Micro사의 다등 점등 회로로서 램프와 램프를 전류 평형 트랜스포머로 자기 결합시켜 다등 점등 및 전류 평형이 이루어진다. 제안 회로의 동작 원리는 그림 5 (b)와 같이 등가적으로 표현할 수 있고, 이를 이용하여 전류 평형의 원리를 설명할 수 있다. 그림 5 (b)의 등가회로를 이용하여 램프 1과 램프 2의 전류는 식 (1)과 식 (2)로 나타낼 수 있다.

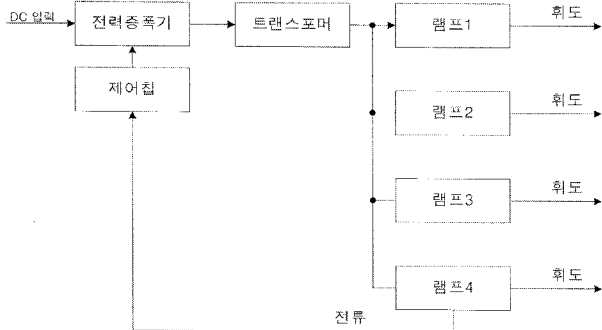
$$I_1 = V_s \times \frac{1}{R_1} \times \frac{1 + 2j\omega L / R_2}{1 + j\omega L(R_1 + R_2) / R_1 R_2} \quad (1)$$

$$I_2 = V_s \times \frac{1}{R_2} \times \frac{1 + 2j\omega L / R_1}{1 + j\omega L(R_1 + R_2) / R_1 R_2} \quad (2)$$

상기의 (1), (2)식을 연립하여 L값을 구하면 전류 평형을 위한 L값이 존재하는 것을 확인할 수 있고, 전류 평형을 위한

L값을 사용하면 램프 1과 램프 2의 전류 평형을 이룰 수 있다. 따라서 본 다등 점등 회로를 사용함으로써 기존의 CCFL 1개당 인버터 및 제어 IC를 1개씩 사용 하던 것을 인버터 1개, 트랜스포머 1개, 전류 평형 회로 1개만을 사용하여 CCFL을 구동할 수 있으므로 제작 원가를 획기적으로 줄일 수 있다.

최근에는 LCD TV 백라이트 인버터의 가격 저감을 위하여 별도의 전류 평형 회로마저도 사용하지 않고 다수개의 램프 전류 평형이 가능한 트랜스포머가 제안된 바 있다. 본 트랜스포머는 그림 6 (a)와 같이 4개의 CCFL을 1개의 트랜스포머로 병렬구동 하여도 램프의 전류 평형을 이룰 수 있으므로, 별도의 전류평형회로가 필요치 않는 장점을 갖는다. 본 트랜스포머의 등가 회로는 그림 6 (b)에 나타내고 있으며 전류 평형 원리는 앞서 제시되었던 전류 평형회로의 전류 평형원리와 마찬가지로 각 램프간의 저항 오차가 존재하더라도 트랜스포머 2차측의 큰 등가 인덕턴스로 인해 전류 평형을 이룰 수 있다. 이를 LCD TV 백라이트 인버터에 적용할 경우 인버터 1개, 제어 IC 1개, 트랜스포머 1개만을 사용할 수 있으므로 LCD BLU의 제작 단가를 상당부분 낮출 수 있어 현재 거의 대부분의 LCD BLU에 채용되고 있다.



(a) 4-In-1트랜스포머가 적용된 인버터 개념도

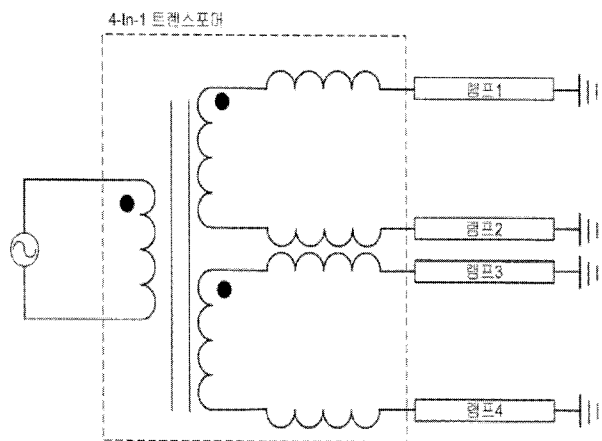
### 3. 결론

최근에는 LCD TV의 고화질화, BLU의 효율 향상 및 가격 경쟁력 확보를 위하여 다양한 방법들이 제시되었다. LCD TV를 위한 광원으로는 다양한 광원들이 제시되었으나, 현재까지는 가격대비 효율이 매우 우수한 CCFL이 시장의 90% 이상을 차지하고 있다. LCD TV의 제품 가격 인하를 위해서는 전체 시스템의 큰 부를 차지하는 BLU의 원가저감이 필수적이며 이를 위하여 새로운 제어 방법 및 CCFL 병렬 구동, 고압 트랜스포머 등에 관한 다양한 연구가 활발히 진행되어 왔다.

최근에는 친환경 및 저 소비전력, LCD TV의 화질 개선을 위한 차세대 광원에 관한 연구가 이뤄지고 있으며, LED 및 CNT가 친환경 광원으로 주목 받고 있다. LED의 경우에는 아직 LED 소자의 가격이 고가이므로, LED BLU의 고성능 및 다양한 기능을 장점으로 내세운 고급형 LCD TV 제품이 주를 이루고 있다. 그러나 향후 LED BLU의 가격적 경쟁력이 확보 될 경우 충분히 CCFL을 대체할 것으로 기대되고 있다.

CNT의 경우에는 아직은 연구 단계이지만, CCFL의 문제점인 극저온 문제 및 화질 문제를 해결할 수 있는 우수한 장점을 가지고 있으므로 CCFL을 대체하기 위하여 지속적인 연구들이 이루어지고 있다.

결국 LCD TV의 고화질화, BLU의 효율 향상 및 가격 경쟁력을 갖춘 광원과 구동 시스템 기술을 확보한 BLU가 LCD TV시장에서 주류를 이룰 것으로 판단된다.



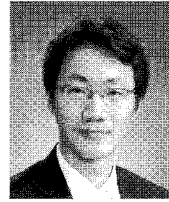
(b) 4-In-1 트랜스포머의 등가회로

그림 6 전류평형회로가 필요치 않는 4-In-1트랜스포머

### 참고 문헌

- [1] 노정욱, "대화면 LCD TV 응용을 위한 Backlight 구동 시스템 기술 동향", 전력 전자 학회지, pp. 28-35, 2005. 6.
- [2] 한국과학기술정보연구원, "2005 미래유망 사업화아이템 이슈분석(LED)", p. 32, 2005. 11.
- [3] 이관국, "Display 분야의 탄소 나노 튜브를 이용한 차세대 FED(Field Emission Display)연구 기술 동향", 대한설비관리학회지, pp. 113-119, 2005. 1.
- [4] Yu-Kang Lo, Kai-Jun Pai, Shang-Chin Yen, "A High-Voltage Input Backlight Module Driver for Multi-Lamp LCD Panels", Power Electronics and Drives Systems, 2005. International Conference on Vol. 1, pp. 16-18, pp. 663-665, Jan. 2006.
- [5] 장두희, 이재광, 노정욱, 홍성수, 김진욱, 이효범, 한상규, "LCD TV를 위한 새로운 구조의 고성능 및 저가형 Backlight 구동 전원 통합 시스템", 전력전자학회 논문지, pp. 23-30, 2009. 2.
- [6] 장영수, 윤석, 한상규, 홍성수, 사공석진, 노정욱, "대화면 LCD TV용 CCFL 병렬 구동에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, pp. 454-462, 2006. 10.
- [7] 조상호, 한상규, 홍성수, 사공석진, 권기현, 이효범, 노정욱, "LCD Backlight를 위한 CCFL 구동용 인버터 트랜스포머의 설계와 응용", 전력전자학회 논문지, pp. 96-102, 2008. 4.

### < 필자 소개 >



#### 한상규(韓翔圭)

1973년 12월 13일생. 1999년 2월 부산대 전기공학과 졸업. 2001년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 졸업(석사). 2005년 2월 동 대학원 전자전산학과 졸업(공학). 2005년 3월~2005년 8월 한국과학기술원 정보전자연구소 박사후연구원.

2005년 9월~현재 국민대 전자정보통신공학부 조교수.



#### 장두희(張斗熙)

1982년 2월 13일생. 2007년 국민대 공과대학 기계자동차공학부 졸업. 2009년 국민대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2009년~현재 동 대학원 전자공학과 박사과정.



#### 노정욱(盧政煜)

1971년 9월 10일생. 1993년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기 및 전자 공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 2000년~2004년 삼성전자(주) 영상디스플레이사업부

책임연구원. 2004년~현재 국민대 전자정보통신공학부 부교수.



#### 홍성수(洪成洙)

1961년 1월 25일생. 1984년 서울대 전기공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1984년~1999년 현대전자(주) 정보통신연구소 책임연구원. 1999년~현재 국민대 전자정보통신공학부 부교수.