

코딩 모드 영상 특성기반의 고속 직접모드 결정 알고리즘

A Coding Mode Image Characteristics-based Fast Direct Mode Decision Algorithm

최영호* · 한수희* · 김낙교†
(Yungho Choi · Soo-Hee Han · Lark-Kyo Kim)

Abstract - H.264 adopted many compression tools to increase image data compression efficiency such as B frame bi-directional predictions, the direct mode coding and so on. Despite its high compression efficiency, H.264 can suffer from its long coding time due to the complicated tools of H.264. To realize a high performance H.264, several fast algorithms were proposed. One of them is adaptive fast direct mode decision algorithm using mode and Lagrangian cost prediction for B frame in H.264/AVC (MLP) algorithm which can determine the direct coding mode for macroblocks without a complex mode decision process. However, in this algorithm, macroblocks not satisfying the conditions of the MLP algorithm are required to process the complex mode decision calculation, yet suffering a long coding time. To overcome the problem, this paper proposes a fast direct mode prediction algorithm. Simulation results show that the proposed algorithm can determine the direct mode coding without a complex mode decision process for 42% more macroblocks and, this algorithm can reduce coding time by up to 23%, compared with Jin's algorithm. This enables to encode B frames fast with a less quality degradation.

Key Words : Image, Characteristics, Direct mode, B frame coding, Macroblock, H.264

1. 서 론

다양한 다중매체 서비스를 제공하는데 있어 영상 압축 기술은 적은 자원으로 영상 데이터를 전달하고 저장하기 위한 핵심 기술이다[1,2,3]. 이러한 목적으로 개발된 영상 압축 기술 중 하나인 H.264[4]는 기존의 MPEG4 대비 두배 이상의 압축 효율을 갖고 있는 최신의 영상 압축 기술이다. 이렇게 압축 효율을 높이기 위하여 H.264는 쌍방향 예측 기법기반의 B 프레임[5]과 움직임벡터를 예측하여 부가정보를 줄이는 직접모드[6]를 포함한 여러 압축 도구들을 제공한다. 이러한 도구들의 높은 압축 효과에도 불구하고 H.264는 복잡한 압축관련 연산으로 인하여 코딩하는데 많은 시간을 필요로 하게 된다. 특히나 B 프레임 코딩은 다중 방향으로 예측을 가능하게 하지만 그와 관련하여 다중의 움직임 벡터와 참조 프레임 인덱스정보를 전송해야만 하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 움직임 벡터를 예측하고 관련 부가정보를 줄이는 직접모드를 H.264는 제공하는데 만약 이를 B 프레임 코딩작업 초기에 결정할 수 있다면 움직임 벡터를 구하기 위한 연산이나 다양한 모드결정 연산들을 생략할 수 있게 되어 코딩 시간을 줄일 수 있게 된다.

이러한 이유로 여러 고속 직접 모드 결정 알고리즘들이 제안되어져 왔다[7,8,9]. 그중에 하나인 적응적 직접모드 결정 알고리즘 (MLP)[9]은 현재 코딩하고 있는 매크로블록과 그 블록과 동일 좌표를 갖고 있는 이전 프레임들의 매크로

블록간의 비트율-왜곡 비용 (RDcost)의 높은 연관관계를 이용하여 직접모드를 예측 적용하는 기법이다. 이를 통하여 복잡한 모드 결정 연산을 생략하고 직접모드로 해당 매크로블록을 코딩할 수 있도록 한다. 하지만 MLP 알고리즘은 직접 모드를 예측할 때 특정 조건을 만족하는 블록에 대해서만 적용할 수 있어 그렇지 않은 매크로블록의 경우 모든 연산을 해야만 하는 성능 제한 조건을 갖고 있다.

이를 해결하기 위하여 본 연구는 MLP 알고리즘을 확장한 새로운 고속 직접 모드 결정 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 MLP 알고리즘 조건을 만족하는 매크로블록에 대해서는 MLP 알고리즘을 적용하고 그렇지 못한 매크로블록에 대해서는 이전 프레임에서 현재 코딩하고 있는 매크로블록의 영상특성을 분석하고 이를 이용하여 직접모드 코딩 여부를 결정하도록 하는 기법이다. 이로써 제한적으로 직접모드를 예측 하는 MLP 알고리즘을 개선하고 보다 많은 매크로블록을 복잡한 모드 결정 연산 없이 코딩할 수 있도록 하여준다.

본 논문은 다음 장에서 MLP 알고리즘을 요약 설명하고 3장에서 본 논문에서 제안된 알고리즘을 설명한다. 그리고 4장에서 제안된 알고리즘의 성능을 측정 분석하고 MLP 알고리즘의 성능과 비교한다. 끝으로 5장에서 본 연구의 결론을 정리한다.

2. MLP 고속 직접모드 결정 알고리즘

H.264는 다양한 모드로 영상을 코딩하여 RD 비용을 최소로 하는 모드를 최적 코딩 모드로 결정하고 이를 이용하여 영상을 코딩한다. 이러한 코딩방법은 압축 효율을 최적화할 수 있으나 많은 모드로 코딩을 함으로써 코딩 복잡도가 높

* 정 회 원 : 건국대학교 전기공학과 교수

† 교신저자, 펠로우회원 : 건국대학교 전기공학과 교수

E-mail : lkkim@konkuk.ac.kr

접수일자 : 2012년 4월 25일

최종완료 : 2012년 7월 16일

아지게 된다. 이러한 코딩 복잡도를 줄이기 위하여 MLP 알고리즘 [9]은 다음의 조건을 만족하는 매크로블록에 대하여 직접모드(DIRECT mode)로 코딩하는 기법이다. 직접모드는 모션벡터를 코딩할 필요가 없으므로써 압축효율을 높이기도 하지만 무엇보다도 모션 벡터를 찾기 위한 연산을 하지 않아도 됨으로써 상당한 코딩시간을 절약할 수 있게 한다.

$$\text{모드} : (\text{MD}_{\text{PCO,MB}} \leq 1 \ \&\& \ \text{MD}_{\text{NCO,MB}} \leq 1) \ \parallel \ (\text{MD}_{\text{BCO,MB}} = 0) \quad (1)$$

$$\text{RD 비용} : \text{J}_{\text{CURRENT_MB}} < \alpha \times \text{J}_{\text{PCO_MB}} \ \parallel \ \text{J}_{\text{CURRENT_MB}} < \beta \times \text{J}_{\text{NCO_MB}} \quad (2)$$

$\text{MD}_{\text{PCO,MB}}$, $\text{MD}_{\text{NCO,MB}}$, $\text{MD}_{\text{BCO,MB}}$ 는 각각 이전장의 P 프레임, 앞장의 P 프레임, 이전장의 B 프레임에 있어서 현 매크로블록과 같은 위치좌표에 있는 매크로블록의 최적 모드 번호이다. 그리고 $\text{J}_{\text{CURRENT_MB}}$, $\text{J}_{\text{NCO_MB}}$, $\text{J}_{\text{PCO_MB}}$ 는 각각 현 매크로블록, 다음장의 P 프레임과 이전장의 P 프레임에 있어서 현 매크로블록과 같은 위치좌표에 있는 매크로블록의 비트율-왜곡 비용을 의미한다. α 와 β 는 실험을 통하여 얻어진 비례상수이다.

식 (1)의 의미는 이전과 다음 P 프레임에서 현재 코딩되고 있는 매크로블록과 같은 위치에 있는 매크로블록들의 코딩모드가 직접모드 또는 16x16모드이거나 이전 B 프레임에서 현재 코딩되고 있는 매크로블록과 같은 위치에 있는 매크로블록의 코딩모드가 직접모드이면 현재 매크로블록의 코딩모드가 직접모드일 가능성이 높다는 것이다. 이는 동영상의 경우 각 프레임간의 시간적 거리가 가까움으로써 영상의 특징이 급격히 변하지 않는다는 점에 착안을 한 것이다. 식 (2)는 식 (1)의 조건을 만족할 경우에 예측 정확성을 높이기 위하여 직접모드 매크로블록들의 평균 RD 비용을 연산하고 이 평균 비용보다 현 매크로블록의 직접모드 RD 비용이 적어서 직접모드 매크로블록들의 평균 RD 비용의 추세를 만족하는지를 확인하는 조건이다. 이로써 보다 정확히 직접모드를 결정할 수 있도록 한다.

위의 (1), (2)의 조건을 만족하는 매크로블록의 경우 MLP 알고리즘은 그 매크로블록의 최적 모드가 직접모드라고 예측하고 코딩함으로써 복잡한 모드 결정 연산을 생략할 수 있게 한다. 하지만, (1)의 조건을 만족하지 않는 매크로블록의 경우도 최적모드가 직접모드인 경우가 많을 수 있다. 특히나 움직임이 빠르거나 영상이 복잡하여 이전 프레임에서 같은 자리에 있는 매크로블록이 현재 매크로블록과 같은 영상 객체에 속하지 않는 경우에 많이 발생한다. 이런 경우 MLP 알고리즘은 모든 모드 결정 연산을 수행함으로써 긴 코딩 시간을 소요하게 된다. 이를 해결하기 위하여 본 논문은 다음 장에서 새로운 고속 직접 모드 결정 알고리즘을 제안한다.

3. 코딩 모드 영상 특성기반의 고속 직접모드 결정 알고리즘

본 연구는 MLP 알고리즘을 개선하여 보다 높은 코딩 속도를 가능케 하는 새로운 고속 직접 모드 결정 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 핵심원리는 MLP 알고리즘조

건 (1)을 만족하지 않고도 직접모드로 코딩되는 매크로블록이 많다는 점에 두고 있다. 즉, MLP 알고리즘의 경우에, 조건을 만족하지 않는 매크로블록들은 직접모드로 코딩될 수 있음에도 불구하고 복잡한 모드 결정 연산을 통하여 코딩모드를 결정하게 되고 그 결과 코딩 시간이 늘어나는 문제점을 갖게 된다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서 제안한 알고리즘은 (1)의 조건을 만족하지 않은 매크로블록에 대해서도 코딩 모드기반 영상 특성을 사용하여 직접모드로 코딩할 수 있는지를 결정할 수 있도록 한다. 이로써 보다 많은 매크로블록들을 복잡한 모드결정 연산 없이 직접모드로 코딩하여 B 프레임 코딩 시간을 줄일 수 있게 한다.

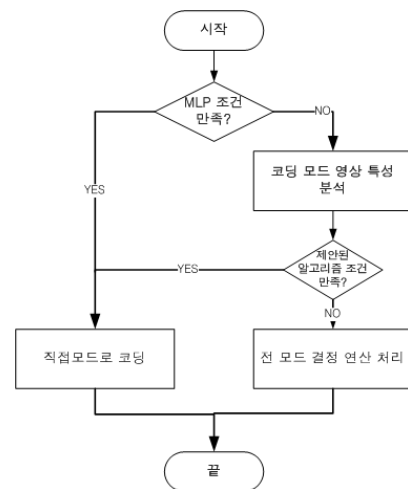


그림 1 제안된 알고리즘 흐름도
Fig. 1 Flowchart of the proposed algorithm

그림 1은 제안된 알고리즘의 흐름도이다. 흐름도를 보면, 제안된 알고리즘은 MLP 알고리즘조건을 만족할 때에는 MLP 알고리즘과 같이 직접모드로 코딩을 하고 그렇지 않은 매크로블록들에 대해서는 코딩 모드 기반의 영상 특성을 이용하여 직접모드 코딩여부를 결정하게 된다. 이렇게 함으로써 MLP 알고리즘 조건을 만족하지 못하는 매크로블록에 대해서도 복잡한 모드 결정연산 없이 직접모드로 코딩할 수 있도록 하여 B 프레임 코딩속도를 향상시킬 수 있도록 한다. 코딩 모드 기반의 영상 특성을 이용하기 위하여 그림 2와 같이 현재 코딩하고 있는 매크로블록, M과 동일한 위치에 자리 잡고 있는 매크로블록, MC를 바로 이전 B프레임에서 찾고 그 주변 8개의 매크로블록 (M1 ~ M8) 중 직접모드로 코딩된 매크로블록의 수를 계산한다. 이는 비록 그림 2의 MC가 직접모드로 코딩되어있지 않더라도 그 주변의 많은 매크로블록들이 직접모드로 코딩되어있다면 영상의 특정 부분이 직접모드로 코딩가능한 특성을 갖고 있거나 또는 영상 움직임에 의해 직접모드로 코딩된 매크로블록이 현재 매크로블록 위치로 이동하여 직접모드로 코딩될 가능성이 높을 수 있다는 가설을 이용한 것이다. 이는 다음 장에서 실험을 통하여 검증할 것이다.

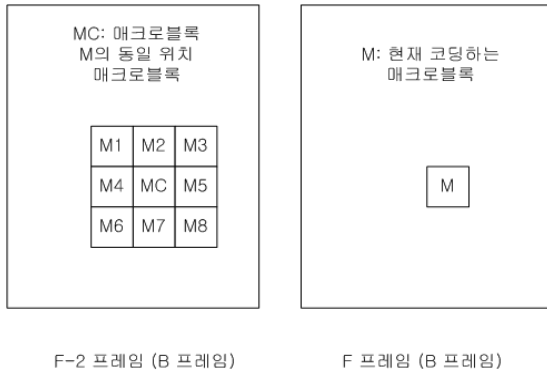


그림 2 코딩 모드기반 영상 특성 분석
Fig. 2 Coding mode-based image characteristics analysis

코딩 모드기반 영상 특성 분석은, 그림 2에서와 같이, F 프레임 (B 프레임)의 매크로블록, M과 같은 위치에 있는 F-2 프레임의 매크로블록, MC 주변의 8개 매크로블록 중 직접모드로 코딩된 블록수를 계산하여 그 수가 N보다 크면 그 경우 부분 영상의 특성상 또는 영상 움직임에 의하여 현재 매크로블록, M이 직접모드로 코딩될 가능성이 높다고 결정하는 것이다. 이때 F는 영상 재생 시 프레임 재생 순서이고 N은 실험에 의해서 적응적으로 설정되는 값이다. 그러나 이러한 조건을 만족하는 모든 매크로블록들이 직접모드로 코딩되는 것은 아니기에 예측 정확도를 향상하기 위하여 다음과 같은 조건을 추가적으로 만족시켰을 때 현 매크로블록의 최적모드가 직접모드임을 결정한다.

M1 ~ M8의 8개의 매크로블록 중 직접모드로 코딩된 매크로블록들의 평균 비트율-왜곡 비용값 (RDcost) 보다 현 매크로블록, M의 RDcost가 작다 (3)

이렇게 MLP 알고리즘과 제안된 알고리즘의 조건 (1), (2), (3)을 모두 만족하지 않는 매크로블록의 경우엔 복잡한 모드 결정연산을 수행하여 최적 모드를 결정하게 된다. 다음 장에서 본 논문에서 제안한 알고리즘과 MLP 알고리즘의 성능을 나타내고 비교한다.

4. 실험 결과

표 1은 MLP 알고리즘과 본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능 비교 결과를 보여준다. 이 성능 비교 결과를 위하여 MLP 알고리즘과 제안된 알고리즘을 JM 14.2 [10]을 수정하여 구현하였고 다음과 같은 조건하에서 실험하였다: high complexity mode (RDOptimization=1), GOP=IBPBP, encoding frames including I,B,P=199, MV search range=32, resolution=(qcif, cif). 본 실험에서 얻은 결과 내용은 다음과 같다. 우선 DM총수는 200프레임안에서 직접모드로 코딩된 매크로블록의 총수이고, DM률은 총 매크로블록 중 직접모드 매크로블록의 비율이며, DM수, 정확도, 예측비용에러는 각각, 각 알고리즘이 직접모드로 결정한 매크로블록의 수, 정확하게 예측한 비율, 그리고 예측이 잘못되었을 때 잘못됨으로써 발생된 비트율-왜곡 비용의 에러를 계산하여 표 1에

정리 하였다. 마지막으로 CTR은 MLP 알고리즘 B 프레임 코딩시간대비 제안된 알고리즘의 코딩시간 비율이다.

표 1에서 보여지듯 제안된 알고리즘이 MLP 알고리즘에 비하여 최대 42%까지 높은 정확도로 직접모드를 예측할 수 있었다(Foreman, 정확도: MLP(46%), 제안된 알고리즘 (65%)). 특히나 직접모드 매크로블록의 비율이 낮을 때 (예, Foreman, QCIF) 제안된 알고리즘이 높은 정확도를 보여주었는데 이는 MLP 알고리즘의 경우 복잡한 영상 또는 빠르게 움직이는 영상에서는 정확도가 떨어지는 것을 보여준다. 이는 이럴 경우 위의 2장에서 언급된 식 (1)을 만족하면서 직접모드로 코딩되는 매크로블록의 수가 적게 되고 따라서 많은 매크로블록들이 복잡한 연산을 통해 코딩 모드를 결정하게 됨으로써 예측정확도도 떨어지고 성능도 떨어지게 되는 것이다. 반면에 본 연구에서 제안된 알고리즘은 식 (1)을 만족하지 않는 경우에도 직접모드를 결정할 수 있으므로 MLP 알고리즘을 효과적으로 보완할 수 있고 이러한 내용을 표 1의 결과를 통해 확인할 수 있다.

더불어 표 1에서 직접모드 매크로블록의 비율이 높은 경우는 (예, Container, QCIF) 두 알고리즘 모두 높은 정확도를 보여줌을 알 수 있다. 이는 대부분의 영상 매크로블록들의 코딩 모드가 직접모드라면 알고리즘 종류에 관계없이 쉽게 직접모드로 예측을 할 수 있음을 의미한다. 하지만 이러한 경우에도 제안된 알고리즘이 MLP 알고리즘에 비해 낮은 정확도를 보여주는 경우는 없음을 알 수 있다. 이는 본 알고리즘이 MLP 알고리즘의 장점을 유지하면서 예측이 어려운 경우에 대해서도 추가적인 예측 정확도를 얻을 수 있음을 보여주고 있다.

또한 표 1에서, 예측이 틀렸을 경우의 비트율-왜곡 비용에 대한 예측에러는 제안된 알고리즘의 경우가 MLP 알고리즘의 경우에 비해 큼을 알 수 있다. 그러나 이 경우는 식 (1)을 만족하지 않아 본 알고리즘에 의해 예측된 매크로블록들 중 예측이 틀린 경우만 고려하였기에 그 해당 매크로블록의 수가 극히 적어 전체 코딩 성능에 영향을 미치지 않는다. 이로써, 제안된 알고리즘이 코딩 모드 영상특성 분석을 사용하여 영상의 질 저하 없이 높은 정확도로 직접모드를 예측 코딩할 수 있음을 보여주었다.

마지막으로, 표 1의 실험 결과 중 CTR은 제안된 알고리즘이 최대 23%의 B 프레임 코딩시간을 줄일 수 있음을 보여 주고 있다. 이는 본 알고리즘이 MLP 알고리즘에 비해 보다 많은 매크로블록들을 복잡한 모드 연산 없이 직접 모드로 예측 코딩하고 있음을 나타낸다. 즉, 본 알고리즘은 MLP 알고리즘에 비해 높은 예측 정확도와 낮은 비트율-왜곡 비용 에러값을 통한 높은 영상화질과 압축 효율을 유지하면서도 영상 압축 코딩시간을 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 H.264의 B 프레임 코딩 시간을 줄이기 위하여 직접모드 매크로블록을 예측하고 복잡한 모드 결정 연산 없이 코딩할 수 있는 고속 직접모드 결정 알고리즘을 제안하였다. 이 제안된 알고리즘은 MLP 알고리즘으로 예측가능한 직접모드 매크로블록뿐만 아니라 MLP 알고리즘 조건을 만족하지 못하는 매크로블록에 대해서도 직접모드를 예측할

표 1 MLP 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능 비교

Table 1 Performance comparison of the MLP algorithm and the proposed algorithm

영상이름	크기	DM 총수	DM률	MLP 알고리즘			제안된 알고리즘			
				DM수	정확도	예측비용 에러	DM수	정확도	예측비용 에러	CTR
News	QCIF	7142	74%	7805	82%	152	7983	89%	369	0.91
Foreman	QCIF	2913	30%	3407	46%	240	3863	65%	465	0.96
Hall_monitor	QCIF	5617	58%	6827	61%	112	7575	67%	139	0.81
Container	QCIF	7976	82%	8486	84%	55	9117	88%	80	0.77
Carphone	QCIF	2727	28%	3354	51%	191	3520	67%	541	0.98
Bus	CIF	4932	33%	5571	53%	263	6148	74%	580	0.97
Tempete	CIF	16888	44%	18365	59%	249	20623	75%	427	0.96
Paris	CIF	20361	52%	27139	63%	225	28313	76%	348	0.88
Stefan	CIF	8044	47%	8891	64%	175	9705	79%	369	0.94
Waterfall	CIF	21383	55%	23194	59%	144	26949	78%	299	0.91

수 있도록 하여 MLP 알고리즘에 비하여 최대 42%까지 높은 정확도로 직접모드를 예측할 수 있었다(Foreman, 정확도: MLP(46%), 제안된 알고리즘(65%)). 더불어, 직접모드 매크로블록의 비율이 높은 경우에도 (예, Container, QCIF) 본 알고리즘은 MLP 알고리즘의 장점은 유지하면서 예측이 어려운 경우에 대해서도 추가적인 예측 정확도를 얻을 수 있음을 보여주었다. 따라서, 본 연구는 제안된 알고리즘이 화질의 열화 없이 효과적으로 B 프레임 코딩시간을 줄일 수 있고 그 결과 고성능 H.264 코덱 구현하는 핵심 기술로 사용되어질 수 있음을 보여주었다.

감사의 글

이 논문은 2010학년도 건국대학교의 연구년교원 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] Ayra Panganiban, Noel Linsangan and Felicito Caluyo, "Wavelet-based Feature Extraction Algorithm for an Iris Recognition System", Journal of Information Processing Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 425-434

[2] Jung-Hee Seo, and Hung-Bog Park, "Data-Hiding Method using Digital Watermark in the Public Multimedia Network", Journal of Information Processing Systems, Vol. 2, No. 2, pp. 82-87

[3] Y. Im, E. Kang, "MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain", the Journal of IWIT (2011), Vol. 11 No. 1, pp.81-86

[4] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. (2003), vol. 13, no. 7, pp. 560 - 576

[5] M. Flierl and B. Girod, "Generalized B pictures and the draft H.264/AVC video-compression standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. (2003), vol. 13, no. 7, pp. 587 - 597

[6] A. M. Tourapis, F. Wu and S. Li, "Direct Mode Coding for Bipredictive Slices in the H.264 Standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. (2005), vol. 15, no. 1, pp. 119-126

[7] J. Lee, I. Choi, W. Choi, B. Jeon, "Fast Mode Decision for B slice", Proceedings of JVT-K021 (2003), Antalya, Turkey

[8] I. Choi, J. Lee, and B. Jeon, "Fast Coding Mode Selection With Rate-Distortion Optimization for MPEG-4 Part-10 AVC/H.264", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. (2006), vol. 16, no. 12, pp. 1557-1561

[9] X.Jin, J.Sun, J.Zhou, Y.Huang, J.Su, T.Ikenaga, "Adaptive Fast Direct Mode Decision Algorithm using Mode and Lagrangian Cost prediction for B Frame in H.264/AVC", Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. (2011) July, pp. 1-6

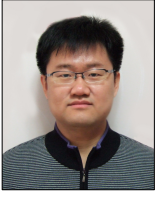
[10] H.264 Reference Software JM14.2 [Online] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old-jm>

저 자 소 개



최영호 (崔榮鎬)

1968년 9월 6일생. 1991년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업. 2001년 12월 University of Southern California 졸업 (공학). 2001년~2004년 인텔 선임 연구원. 2004년~현재 건국대학교 전기공학과 교수



한 수 희 (韓 水 熙)

98.02. 서울대학교 전기공학부 학사
00.02. 서울대학교 전기공학부 석사
03.08. 서울대학교 전기공학부 박사
09.03.~건국대학교 전기공학과 조교수
관심분야: 모델예측제어, CACSD



김 낙 교 (金 洛 敎)

73.02. 한양대학교 전기공학과 학사
77.08. 연세대학교 전기공학과 석사
85.08. 연세대학교 전기공학과 박사
78.01.~80.08 한국원자력연구원 연구원
80.09~ 건국대학교 전기공학과 교수
관심분야: 최적제어, 적응제어, 퍼지제어