

동영상 부호화 성능 개선을 위한 새로운 움직임 벡터 부호화 기법

기대욱* · 김현태** · 문용호***

A New Motion Vector Coding Scheme for Improving Video Coding Efficiency

Dae-Wook Ki* · Hyun-Tae Kim** · Yong-Ho Moon***

요약

동영상 부호화의 성능을 더욱더 향상시키기 위해서는 효과적인 움직임 벡터 부호화 기법의 개선이 요구된다. 본 논문에서는 양자화 크기에 따른 MVD의 확률 분포 특성과 기존 부호어의 구조 특성의 분석을 통하여 혼합 부호어 및 결합 부호어를 개발한다. 그리고 부호화 환경에 따라 혼합부호어와 결합 부호어를 선택하여 적용하는 새로운 MVD 부호화 기법을 제안한다. 모의실험은 제안하는 부호화 기법이 화질의 저하없이 부호화 성능을 향상시킴을 보여준다.

ABSTRACT

It is necessary to develop an efficient MVD coding scheme to improve the video coding performance. In this paper, combined codeword and joint codeword are suggested from analyses on statistical distributions of MVD according to the quantization steps and the conventional codeword structure. Based on these codewords, we propose new MVD coding scheme where one of the suggested codewords is employed to encode the MVD according to the coding environment. Simulation results show that the proposed scheme enhances the coding performance without the quality degradation.

키워드

Video coding, Motion vector difference, Entropy coding, Joint coding
동영상 부호화, 움직임 벡터 차, 엔트로피 부호화, 결합 부호화

1. 서론

오늘날 IT 산업의 근간을 형성하는 다양한 멀티미디어 서비스들은 동영상 부호화 기술에 기초하여 발전하여 왔다. 이 같은 서비스들에 있어서 경쟁력 확보는 대량의 동영상 데이터를 어떻게 효율적으로 압축하여 저장, 전송하느냐에 좌우된다. 이와 같은 이유

로 지금까지 동영상 부호화 기술의 성능 향상을 위한 연구들이 지속적으로 수행되어왔다.

MPEG-1표준에서부터 H.264/AVC표준[1]으로 동영상 부호화 기술의 발전은 주로 움직임 예측 및 보상 기법[2-4], 변환 부호화 기법, 양자화 방식 등에서 이루어졌다. 이 같은 기법들의 발달은 전체 부호화 효율을 개선시키는 성과를 가져왔다. 반면에 이것은 전체

* (주)픽셀플러스 부설연구소(kdw@pixelplus.com)

** 동의대학교 멀티미디어공학과(htaekim@deu.ac.kr)

*** 교신저자 : 경상대학교 정보과학과(yhmoon5@gnu.ac.kr)

접수일자 : 2013. 02. 25

심사(수정)일자 : 2013. 03. 25

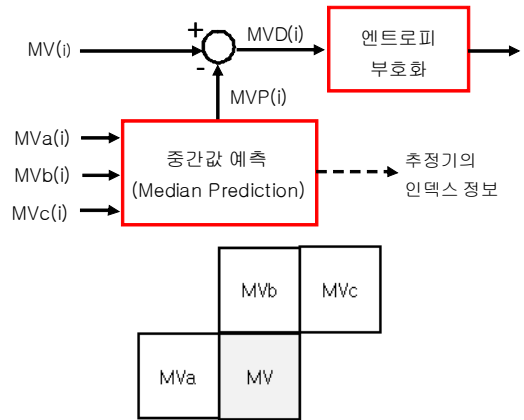
게재확정일자 : 2013. 05. 20

비트량에 대한 움직임 벡터의 비트량 비중을 상대적으로 증가시키는 결과를 가져왔다. 즉, 전체 비트량에서 움직임 벡터의 비트량이 상대적으로 매우 큰 비중을 차지하게 되었다. 따라서 부호화 효율의 지속적인 향상을 위해서는 무엇보다도 움직임 벡터 부호화 기법의 개선이 이루어져야만 한다.

최근에 움직임 벡터 부호화의 성능 개선을 위한 연구들이 수행되었다. 이 연구들에서는 움직임 벡터 차(MVD)성분을 감소시키기 위하여 움직임 벡터 추정기를 효과적으로 생성, 부호화하는 방식이 제시되었다[5]. 그러나 움직임 벡터 부호화의 효과적인 성능 개선을 위해서는 MVD를 효율적으로 부호화할 수 있는 엔트로피 부호화 기법의 개발이 필요하다. 본 논문에서 양자화 크기에 따른 MVD의 확률분포 특성을 분석하고 이에 기초한 효과적인 MVD 부호화 기법을 제안한다. MVD의 가로방향 성분과 세로방향 성분을 독립적으로 부호화하는 기존 부호화 방식과는 달리 제안 방식에서는 MVD의 가로방향 성분과 세로방향 성분을 결합하여 부호화함으로써 부호화 성능을 보다 더 개선한다.

II. 기존 움직임 벡터 부호화 방식

일반적으로 움직임 벡터 부호화는 움직임 추정 및 보상 과정에서 생성된 움직임 벡터(MV)를 예측하고 이때 얻어진 움직임 벡터 차(MVD)를 엔트로피 부호화하는 과정으로 구성된다. 그림 1은 기존 움직임 벡터 부호화 방식을 도식화한 것이다. 그림 1의 기존 부호화 방식에서는 현재 블록 주변에 존재하는 블록들의 움직임 벡터들로 구성되는 움직임 벡터 예측 후보군(MVa, MVb, MVc)에 대하여 중간값 예측 기법을 적용하여 움직임 벡터 추정기(MVP)를 결정한다. 그리고 MV와 MVP간의 차이로부터 MVD를 구한 후 가로, 세로 방향 성분 각각에 대하여 독립적으로 엔트로피 부호화를 수행한다. 이 과정에 있어서 예측 후보군의 구성과 MVP의 결정 방식은 사전에 약속되어 있기 때문에 추정기의 인덱스 정보를 복원단으로 전송할 필요가 없다. 왜냐하면 복원단에서는 부호화 과정에서 수행된 것과 동일한 과정을 통하여 MVP를 얻을 수 있기 때문이다.



- *MV: 현재 블록의 움직임 벡터
- *MVa, MVb, MVc: 이전에 압축된 블록의 움직임 벡터
- *i: 움직임 벡터의 가로, 세로 성분

그림 1. 기존 움직임 벡터 부호화 블록도
Fig. 1 Block diagram of conventional motion vector coding method

그림 1의 부호화 과정에 있어서 엔트로피 부호화는 CAVLC(Context-based Adaptive Variable Length Coding)방식[6]과 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)[7]방식이 사용되고 있다. 특히, CAVLC 방식은 CABAC 방식에 비하여 계산량이 작고 구현이 용이한 장점을 지니고 있다. 표 1은 MVD값에 따른 CAVLC 부호어를 나타내고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이 CAVLC 부호어는 비트 1을 기준으로 접두부(Prefix)와 접미부(Suffix)로 구성된다. 접두부는 비트 0만으로 구성되며 접미부는 접두부와 동일한 길이를 지니지만 비트값 구성에는 제약이 없다. 다만 접미부의 마지막 비트가 MVD의 부호정보를 나타내고 있다.

일반적으로 MVD에 대한 부호화 효율을 증가시키기 위해서는 MVP가 효과적으로 결정되어야 하고 또한 MVD의 확률 분포에 적합한 엔트로피 부호화가 수행되어야 한다. 최근에 최적의 MVP 결정 방식에 관한 연구가 활발히 수행되었다. 그러나 엔트로피 부호화는 여전히 기존의 방식이 사용되고 있다. 따라서 MVD 부호화 효율의 향상을 위하여 주어진 MVD의 확률 분포 특성을 반영한 새로운 엔트로피 부호화 방식의 개발이 요구된다.

표 1. MVD 부호화를 위한 CAVLC 부호어
Table 1. CAVLC codeword for MVD coding

MVD	부호어 (s는 부호)
0	1
1/4, -1/4	01s
2/4, -2/4	0010s
3/4, -3/4	0011s
4/4, -4/4	000100s
5/4, -5/4	000101s
6/4, -6/4	000110s
7/4, -7/4	000111s
....

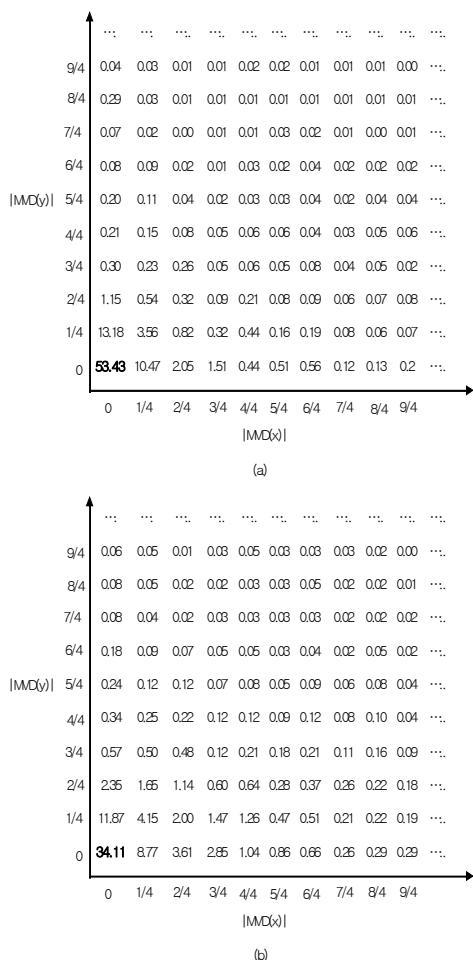


그림 2. MVD의 확률 분포
Fig. 2 Example of statistic distribution of MVD

III. 제안하는 움직임 벡터 부호화 기법

2-1. MVD의 통계적 분포 특성

정보 이론에 따르면 주어진 랜덤 변수 X1, X2에 대하여 다음의 부등식이 성립한다고 알려져 있다[8].

$$H(X1, X2) \leq H(X1)+H(X2) \quad (1)$$

여기서, H(X1, X2)는 결합 엔트로피를 나타낸다. 식 (1)은 2개의 변수를 각각 독립적으로 부호화하는 것보다 하나로 결합하여 부호화하는 것이 부호화 효율의 향상을 가져온다는 사실을 의미한다. MVD의 경우에 있어서 이 이론을 적용할 수 있는지를 확인하기 위하여 Mobile 시퀀스에 대하여 MVD의 확률 분포를 조사하였다.

그림 2는 스케일러를 부호화기[9]에 의하여 생성된 MVD의 가로방향 성분과 세로방향 성분을 2차원 평면에서 결합한 확률 분포를 나타낸다. 그림 2에서 (a)와 (b)는 양자화 크기(Qp)를 각각 (20,14)과 (36,32)으로 설정하였을 때 얻어진 확률 분포이다. 즉, (a)는 고비트를 부호화, (b)는 저비트를 부호화 조건하에서 얻어진 MVD의 확률 분포를 보여준다.

그림 2의 (a)는 전체의 80% 이상이 (0,0),(0,1/4), (1/4,0),(1/4,1/4)에 집중적으로 분포되어 있음을 보여준다. 특히, (0,0)에서의 발생 확률이 50%이상임을 알 수 있다. 이러한 사실은 (0,0) 부근의 국부적인 영역에서 수식 (1)의 부등식 관계가 성립할 수 있다는 것을 나타낸다. 즉, 국부영역에 대하여 MVD의 가로 성분과 세로성분을 결합하여 부호화하는 것이 각각의 성분들을 독립적으로 부호화하는 것보다 효과적일 수 있다는 사실을 암시한다.

반면에 그림 2의 (b)는 MVD의 분포가 (0,0) 부근에 집중되지 않는다는 사실을 보여준다. 이것은 (b)의 경우 수식 (1)의 부등식 관계가 성립하지 않을 가능성이 농후하기 때문에 가로방향 성분과 세로방향 성분을 결합하여 부호화하는 것이 무의미하다는 사실을 의미한다.

이와 같은 사실로부터 부호화 효율을 향상시키기 위해서는 고 비트율 부호화 환경에 효과적으로 작용하는 결합부호화 기법을 개발하여 부호화 환경에 따라 결합 부호화와 기존의 독립부호화를 적응적으로 적용하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있다.

표 2. 결합 부호화를 위한 부호어 분석
Table 2. Analysis of codeword for joint coding

(|MVD(x)|,|MVD(y)|)	CAVLC기반 부호어	혼합 부호어	제안하는 결합부호어	이득
(0, 0)	(1, <u>1</u>)	1 <u>1</u>	1	+1
(0, 1/4)	(1, <u>01_{sy}</u>)	1,0, <u>1_{sy}</u>	0,0, f, <u>1_{sy}</u>	-1
(0, 2/4)	(1, <u>0010_{sy}</u>)	1,0,0, <u>1,0_{sy}</u>	0,0, f, <u>0,1,0_{sy}</u>	-1
(0, 3/4)	(1, <u>0011_{sy}</u>)	1,0,0, <u>1,1_{sy}</u>	0,0, f, <u>0,1,1_{sy}</u>	-1
....	....	....	....	-1
(1/4, 0)	(01 _{sx} , <u>1</u>)	0, <u>1</u> ,1, _{sx}	0, <u>1</u> ,1, _{sx}	0
(2/4, 0)	(0010 _{sx} , <u>1</u>)	0, <u>1</u> ,0,1,0, _{sx}	0, <u>1</u> ,0,1,0, _{sx}	0
(3/4, 0)	(0011 _{sx} , <u>1</u>)	0, <u>1</u> ,0,1,1, _{sx}	0, <u>1</u> ,0,1,1, _{sx}	0
....	....	....	....	0
(1/4, 1/4)	(01 _{sx} , <u>01_{sy}</u>)	0,0, <u>1</u> , <u>1</u> , _{sx} , _{sy}	0,0, f, <u>1</u> , <u>1</u> , _{sx} , _{sy}	-1
(1/4, 2/4)	(01 _{sx} , <u>0010_{sy}</u>)	0,0, <u>1</u> ,0, _{sx} , <u>1,0_{sy}</u>	0,0, f, <u>1</u> ,0, _{sx} , <u>1,0_{sy}</u>	-1
(2/4, 1/4)	(0010 _{sx} , <u>01_{sy}</u>)	0,0,0, <u>1</u> , _{sy} ,0, _{sx}	0,0, f, <u>0</u> , <u>1</u> , _{sy} ,0, _{sx}	-1
(2/4, 2/4)	(0010 _{sx} , <u>0010_{sy}</u>)	0,0,0,0, <u>1</u> , <u>1</u> ,0,0, _{sx} , _{sy}	0,0, f, <u>0</u> , <u>0</u> , <u>1</u> , <u>1</u> ,0,0, _{sx} , _{sy}	-1
....	....	....	....	-1

2-2. 제안하는 움직임 벡터 부호화 기법

그림 2의 (a)와 같이 (0,0) 부근에서 발생 확률이 높은 MVD에 대해서는 짧은 길이의 부호어를 할당하는 것이 타당할 것이다. 이를 위하여 본 논문에서는 표 1의 기존 CAVLC 부호어를 2차원 결합 형태로 표현하여 특성을 분석하여 효과적인 결합부호어를 제시하고 자 한다. 표 2는 이를 정리하여 나타낸 것이다.

표 2에서 CAVLC기반 부호어는 표 1의 부호어를 MVD의 가로성분과 세로성분 값에 따라 단순히 나열한 것이다. 이때 sx와 sy는 MVD 각 성분에 대한 부호비트를 나타낸다. 그리고 혼합 부호어는 각 방향 성분에 대응하는 CAVLC부호어들을 비트별로 혼합한 것이다. 한 예로 |MVD(x)|=2/4, |MVD(y)|=1/4인 경우에 CAVLC 부호어는 각각 0010_{sx}, 01_{sy}이다. 그리고 각각의 벡터들을 가로성분과 세로성분순으로 번갈아 혼합하면 새로운 비트열(0,0,0,1,1,sy,0,_{sx})이 생성된다. 표 2의 혼합부호어는 이와 같은 방식에 의하여 생성된 새로운 비트열로서 밑줄 친 비트열은 세로성분에 대한 기존 CAVLC 부호어를 나타낸다. 표 2의 혼합 부호어는 다음과 같은 특징을 지니고 있음을 쉽게 알 수 있다.

- 기존 CAVLC 부호어와 동일한 비트 길이를 지닌다. 즉, 기존 방식과 부호화 효율이 얻어진다.
- 혼합부호어가 복원단으로 전송될 경우 MVD가 손쉽게 복구된다. 왜냐하면 혼합 순서의 역순으로 혼합부호어의 비트들을 분리하면 각각의 방향성분들에 대응하는 기존 CAVLC 부호어들이 얻어지기 때문이다.
- 혼합부호어의 상위 2비트에 주목하면 그림 2의 MVD 분포를 4가지로 구분할 수 있다. 즉, i)상위비트=11이면 (|MVD(x)|,|MVD(y)|)=(0,0),
ii) 상위비트=01이면 (|MVD(x)|,|MVD(y)|)=x축,
iii) 상위비트=10이면 (|MVD(x)|,|MVD(y)|)=y축,
iv) 상위비트=00이면 (|MVD(x)|,|MVD(y)|)=평면

일반적으로 그림 2의 (a)와 같이 고 비트율 부호화의 경우 (0,0)의 발생확률이 매우 큰 특징을 지닌다. 따라서 i)의 상위비트를 비트 1로 설정한다면 기존 부호화에 비하여 부호화 이득이 얻어진다. 그러나 이를 위해서는 iii)의 상위비트를 변경하여야 한다. 본 논문에서는 iii)의 상위비트를 00으로 변경한다. 즉, iii)의 상위비트와 iv)의 상위비트를 동일하게 한다. 그리고

iii)의 경우와 iv)의 경우를 구분하기 위하여 상위 3번째 비트를 플래그비트(f)로 정의하고 나머지 하위 비트는 기존 혼합부호어의 상위비트로 대체한다. 표 2의 제안하는 결합부호어는 이와 같은 방식으로 생성된 새로운 부호어로서 MVD의 분포가 (0,0) 부근에 집중될 때 부호화 효율의 향상을 가져온다.

표 2의 부호어를 기반으로 하여 본 논문에서는 Qp가 주어진 임계값보다 작을 경우 결합 부호어를, 주어진 임계값보다 클 경우에는 혼합 부호어를 이용하여 MVD를 부호화하는 기법을 제안한다.

IV. 모의 실험

본 논문에서는 제안 알고리즘의 우수성을 확인하기 위하여 스케일러블 부호화기에 제안 기법을 구현하였다. 그리고 부호화 성능 향상 정도를 조사하였다. 표 3은 실험 환경 및 조건을 보여준다.

표 4는 임계값을 (30,24)로 한 경우의 Mobile, Harbor, City, Football, Foreman 시퀀스에 대한 부호화 이득을 나타낸 것이다. 표 4는 저 비트율 부호화시 기존 부호화 방식과 동일한 비트량이 생성됨을 보여준다. 이것은 혼합 부호어의 적용으로 인하여 얻어진 결과이다. 반면에 고 비트율 부호화의 경우 Foreman 시퀀스의 특정 Qp에서만 비트량이 증가하고 전체적으로는 비트량의 감소가 발생하여 비트 이득이 얻어짐을 알 수 있다. 이것은 제안하는 결합 부호어가 MVD 부호화에 효과적임을 의미한다. 이와 같은 실험

표 3. 모의실험 환경.

Table 3. Simulation configuration.

Qp	(20,14),(26,20),(32,26),(38,32)
Resolution	QCIF/CIF
# of layer	2
Frame rate	30fps (256 frame)
GOP(Group of Pictures)	16
# of reference frame	1
MV search range	16x16
Motion Estimation Type	Full search (1/4 Pel)
Rate-Distortion Optimization	Enable
Entropy Coding	CAVLC

표 4. 제안하는 부호화 기법에서의 부호화 이득.
Table 4. Coding performance based on the proposed scheme

Seq.	Qp	기존 비트량	제안기법에서의 비트량	이득(%)
Mobile	(20,14)	9186336	9181693	0.051
	(26,20)	3388456	3384180	0.126
	(32,26)	6890360	6890360	0.0
	(38,32)	8471264	8471264	0.0
Harbur	(20,14)	65091072	65080742	0.016
	(26,20)	73060040	73052877	0.010
	(32,26)	13200384	13200384	0.0
	(38,32)	23470544	23470544	0.0
City	(20,14)	32780224	32770442	0.030
	(26,20)	15015272	15008647	0.044
	(32,26)	34677784	34677784	0.0
	(38,32)	38746280	38746280	0.0
Football	(20,14)	15898768	15894815	0.025
	(26,20)	18621272	18619163	0.011
	(32,26)	3357528	3357528	0.0
	(38,32)	5161616	5161616	0.0
Foreman	(20,14)	34497192	34495580	0.005
	(26,20)	49869088	49871391	-0.005
	(32,26)	59725856	59725856	0.0
	(38,32)	36444864	36444864	0.0

결과로부터 기존 방식에 비하여 제안하는 부호화 기법은 화질의 저하없이 부호화 성능을 향상시킨다는 것을 알 수 있다. 또한 최적의 MVP 결정 방식에 제안하는 부호화 기법을 결합할 경우 부호화 성능이 보다 더 향상될 것이다. 왜냐하면 최적의 MVP 결정 방식은(0,0)부근의 MVD발생 확률을 더욱 증가시키는 효과를 가져오기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 동영상 부호화 성능 개선을 위한 효과적인 MVD 부호화 기법을 제안하였다. 기존 부호어의 특성 분석에 기반하여 혼합 부호어와 결합 부호어를 개발하였다. 제안하는 부호화 기법은 부호화 환경에 따라 혼합부호어와 결합 부호어를 적용함으로써 화질의 저하없이 부호화 성능을 향상시킨다. 특히 고 비트율 부호화에 있어서 비트량을 감소시키는 효과를 보였다. 또한 최적의 MVP 결정 방식에 제안하는 부

호화 기법을 결합할 경우보다 더 향상된 부호화 성능이 얻어질 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 2010-0024442)

참고 문헌

[1] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 17, No. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.

[2] S. H. Lee, "Fast motion estimation with adaptive search range adjustment using motion activities of temporal and spatial neighbor blocks", The journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 5, No. 4, pp. 372-378, 2010.

[3] Y. H. Han, "A study on motion prediction and subband coding of moving pictures using GRNN", The journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 5, No. 3, pp. 256-261, 2010.

[4] Y. J. Shin, N. R. Son, N. D. Today, and G. S. Lee "H.264/AVC to MPEG 2 video transcoding by using motion vector clustering", The journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 5, No. 1, pp. 23-30, 2010.

[5] G. Laroche, J. Jung, B.P. Popescu, "RD optimized coding for motion vector predictor selection", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 18, No. 12, pp. 1681-1691, Dec. 2008.

[6] I. E. G. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression-video coding for next-generation multimedia, John Wiley & Sons, Inc..

[7] D. Marpe, H. Schwarz, T. Wiegand, "Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard", IEEE Trans. on Circuits and Systems

for Video Technology, Vol. 13, No. 7, pp. 620-637, Jul. 2003.

[8] T. M. Cover and J. A. Thomas, Element of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc.

[9] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Joint Scalable Video Model 11(JSVM 11)", JVT, Geneva, CH, Doc. JVT-X202, July 2007.

저자 소개

기대욱(Dae-Wook Ki)



2005년 동서대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2007년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2013년~현재 (주)픽셀플러스 부설연구소(신임연구원)
 ※ 관심분야 : 동영상압축, 집적회로 설계

김현태(Hyun-Tae Kim)



1989년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1995년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2000년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 2002년~현재 동의대학교 멀티미디어공학과 부교수
 ※ 관심분야 : 영상 및 음향신호처리, 멀티미디어신호처리, 적응신호처리

문용호(Yong-Ho Moon)



1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1994년 부산대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1998년 부산대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 2007년~현재 경상대학교 정보과학과 부교수
 ※ 관심분야 : 동영상 부호화, 영상처리, 임베디드 SoC 설계