

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제24권 제2호, 2019년 3월 (JBE Vol. 24, No. 2, March 2019)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.2.292>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

ViVa: 클라우드 오프로딩 기반의 모바일 영상 품질 향상

조복연^{a)}, 서덕영^{a)†}

ViVa: Mobile Video Quality Enhancement System Based on Cloud Offloading

Bokyun Jo^{a)} and Doug Young Suh^{a)†}

요 약

본 논문에서는 클라우드 서버와 영상 품질 향상 알고리즘을 이용하여 고화질의 영상을 서비스하는 방법을 소개한다. 즉, 논문에서 제안하는 ViVa (Video Value Addition)의 개념을 바탕으로 저화질 영상을 서비스하는데 필요한 전송 비트레이트와 계산량으로 고화질의 영상을 서비스함으로써 기존 스트리밍 서비스 대비 향상된 시스템을 제안한다.

Abstract

In this paper, we show how to provide high quality image service using cloud server and image quality enhancement algorithm. In other words, based on the concept of ViVa (Video Value Addition) proposed in the paper, we propose an improved system compared to the existing streaming service by providing a high-quality video with the transmission bit rate and calculation amount necessary to serve low-quality images.

Keyword : ViVa, Cloud offloading, MOS

a) 경희대학교 전자정보대학(Electronics and Radio Engineering, Kyung Hee University)

† Corresponding Author : Doug Young Suh
E-mail: suh@khu.ac.kr
Tel: +82-31-201-2963
ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3120-0737>

※ This research was supported by Korea Electric Power Corporation. (Grant number:R18XA02).

· Manuscript received November 12, 2018; Revised March 8, 2019; Accepted March 13, 2019.

1. 서론

최근 가트너에서는 2011년부터 2016년까지 전 세계 무선데이터 트래픽이 연평균 70% 증가할 것으로 예상하고 있다. 또한, 전체 무선데이터 트래픽에서 모바일 영상 트래픽이 차지하는 비율이 약 50%를 기록할 것으로 예상하고 있다. 즉, 무선데이터 트래픽 급증을 이끄는 가장 큰 요인으

로 모바일 영상 재생이 끊히는데, 2011년 기준 전체 무선데이터 트래픽의 40~60%를 모바일 영상 재생이 차지하고 있다. 또한 모바일 단말기 성능의 고도화로 인해 해상도가 높아져 모바일 영상 재생 시 발생하는 트래픽이 급격히 증가하고 있다^[1]. 이처럼 급속도로 증가하고 있는 네트워크 트래픽과 모바일 단말기 사용 증가에 대한 현재의 모습을 바탕으로 본 논문에서는 저해상도 영상의 경계 검출과 업샘플링 기법을 이용하여 고해상도 영상에 가까운 높은 품질의 영상을 제공하면서 동시에 전송 비트레이트의 감소와 모바일 단말기의 연산량 감소를 제안한다.

본 논문에서의 주요 이슈는 크게 세 가지이다. 첫째는 전송 비트레이트를 줄임으로써 네트워크 트래픽을 줄이는 것이고 둘째는 사용자에서 처리하는 복잡하고 무거운 연산들을 클라우드로 오프로딩함으로써 사용자의 연산량을 줄여 Green IT 전략을 구현하는 것이다. 마지막 세 번째는 저해상도의 영상을 업샘플링하여 좋은 품질의 고해상도 영상을 서비스하여 시청자의 만족도를 높이는 것이다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같다. 섹션 II에서는 본 논문과 관련된 업샘플링과 클라우드 서비스에 대한 내용을 설명한다. 섹션 III에서는 섹션 II에서 설명한 관련 개념들을 바탕으로 본 논문에서 제안하는 방식에 대해 자세히 설명한다. 그리고 섹션 IV에서는 제안하는 방식에 대한 시뮬레이션을 수행하고 평가하여 제안한 모델의 결과와 기존의 모델을 비교 분석함으로써 제안하는 방식의 정당성을 입증한다. 마지막으로 섹션 V에서는 본 논문에 대한 결론과 향후 발전 가능성에 대하여 논의함으로써 마무리한다.

II. 관련 기술

본 장에서는 논문에서 사용되는 기술들의 개념에 대해 살펴본다. 섹션 II-1에서는 본 논문에서 사용하는 새로운 업샘플링 알고리즘에 대한 개념에 대해 간단히 설명하고 기존의 알고리즘과의 차이를 분석한다. 섹션 II-2에서는 본 논문의 주요 이슈인 클라우드 컴퓨팅의 개념에 대해 설명한다.

1. 업샘플링

본 논문에서 제안하는 방식에 사용되는 업샘플링 알고리즘은 Direction-oriented image interpolation by region matching 방식이다. 보간하는 모든 픽셀들의 weight와 candidate는 아래쪽, 위쪽, 왼쪽, 오른쪽 방향을 구성하는 4단계로 저장되고 각 단계에 대해 동일한 알고리즘이 수행된다^{[2][3]}.

$$d(x_0, y_0) = \arg \min_{x_0-x} \left(\sum_{i=-n_m}^{n_m} |f(x_0+i, y_0) - f(x_0+x+i, y_0+1)| \right)$$

상기 수식은 저해상도의 영상($W_0 \times H_0$)의 임의의 pixel $f_0(x_0, y_0)$ 에 대해, 아래쪽 방향의 $d(x_0, y_0)$ 를 예측한다. 그림 1에서 보여주는 바와 같이 $(2n_m+1) \times 1$ 은 매칭에 대한 블록 사이즈이고 탐색 지역의 범위는 $-n_s+x_0 \leq x \leq n_s+x_0$ 이다.

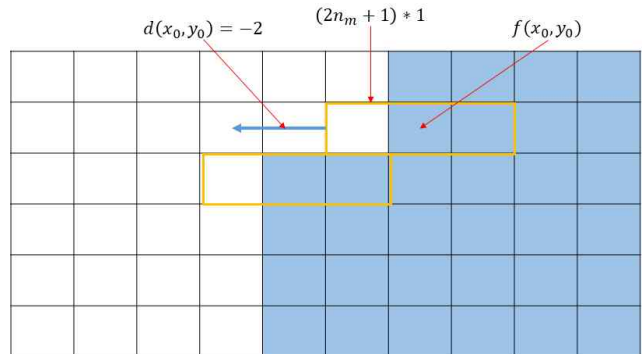


그림 1. 예측된 d 값에 대한 region matching
 Fig. 1. Region matching for estimated d

2. 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅은 인터넷 기반(클라우드)의 컴퓨팅 기술을 의미한다. 인터넷 상의 유틸리티 데이터 서버에 프로그램을 두고 그때 그때 컴퓨터나 휴대폰 등에 불러와서 사용하는 웹에 기반한 소프트웨어 서비스다^[4]. 본 논문에서 저해상도의 영상에 대한 경계를 검출하는 과정에서 사용되는 업샘플링 알고리즘을 클라우드 상에 올려 놓음으로써 클라우드 컴퓨팅을 구현한다. 이렇게 경계 검출을 위한 연산량을 클라우드로 오프로딩함으로써 기존의 사용자에서 모든 프로세스 처리를 하는 방식과 비교했을 때 제안하는

클라우드 오프로딩은 사용자의 연산량을 줄이는 효과를 얻을 수 있다는 강점이 있다. 즉, 사용자의 가용성을 높일 수 있다.

[5]에서는 모바일에서의 전력 소비를 최소화하기 위해 모바일 클라우드 컴퓨팅에서 사용되는 연산량 오프로딩 전략을 제안하고 있다. 이 논문에서는 연산량 오프로딩은 상당한 퍼포먼스 이득을 제공하고 있다. 만약, 본 논문에서 제안하는 방식에서 사용자가 모바일 단말기라면 네트워크 트래픽 감소뿐만 아니라 클라우드로의 오프로딩을 통해 제한된 전력을 가진 모바일 단말기의 연산량을 줄여줌으로써 전력 소비를 최소화할 수 있다. 이는 그린 IT 전략과도 일치한다.

3. MCC (Mobile Cloud Computing) 기반의 영상 스트리밍

스마트폰, 태블릿과 같은 모바일 디바이스들의 성능은 네트워크 기술 발달에 선형적으로 향상되고 있고 다양한 멀티미디어 온라인 어플리케이션의 형태로 서비스되고 있다. 특히, 모바일 네트워크 기반의 영상 스트리밍은 전체 서비스의 70% 이상을 차지하고 있고 네트워크 대역폭, 어플리케이션 연산량(영상 스트리밍의 경우 전송, 디코딩, 렌더링)에 따른 배터리 전력이 QoS/QoE에 큰 영향을 끼친다.

상기 파라미터들은 서로 간의 깊은 연관성을 지니고 있다. 즉, 네트워크 대역폭에 따라 어플리케이션의 연산량이 변화하고 그 반대로 성립하는 trade-off 관계를 가지고 있다. 현재의 영상 스트리밍 전송 기술은 시변하는 네트워크 환경에서 상기 파라미터들을 이용하여 끊임없는 스트리밍을 지원하기 위한 다양한 기술을 개발하고 있다. 예를 들어, 실시간 파라미터 값을 모니터링 하여 적응적으로 전송 비

트레이트를 조절하는 방식이 있다.

비록, 네트워크 측면에서 5G 기술 개발, 영상 코덱 측면에서 HEVC 기술의 개발로 인한 높은 품질의 스트리밍 서비스 시대가 열린다 해도 그에 따라 기하급수적으로 증가하는 모바일 영상 트래픽과 높은 대역폭을 요구하는 차세대 콘텐츠(360도, VR, panorama 영상)에 의한 서비스 품질 저하는 불가피하다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 본 논문에서는 클라우드 오프로딩을 이용하여 영상 스트리밍 품질을 향상시키는 방법을 제안한다. 즉, 클라우드 서버를 이용하여 저해상도 수준의 비트레이트와 전력 소모로 고해상도 수준의 영상을 사용자에게 서비스한다. 모바일 단말기의 경우, 사용자가 모바일 단말기를 통해 영상을 시청할 때, full-HD (1080P)와 UHD(2160p)의 차이를 크게 느끼지 못한다는 점 또한 중요한 요소 중의 하나이다.

이를 위해, 본 논문에서는 저해상도 수준의 데이터 전송 (SD 영상, side information)과 업샘플링 및 클라우드 오프로딩을 통해 고화질의 영상을 서비스하는 방법을 제안한다.

III. 제안하는 방법

1. 시스템 구조

본 논문에서는 저해상도의 영상과 그 영상의 경계 검출을 통해 얻은 정보를 이용하여 고해상도의 영상을 얻음으로써 비트레이트 감소를 통한 네트워크 트래픽의 부하를 줄이고 클라우드로의 오프로딩을 통해 사용자의 연산량을 줄여 전력 이득을 얻는 방식을 제안한다. 여기서 경계 검출

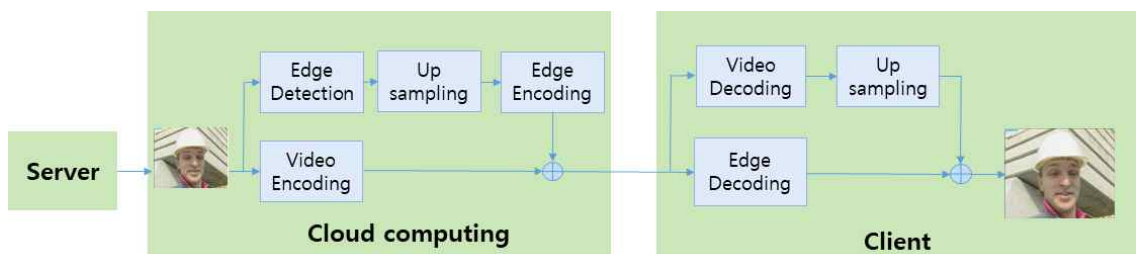


그림 2. 제안하는 방식의 시스템
Fig. 2. Proposed method system

과 검출된 경계 영상의 업샘플링 처리 과정을 클라우드로 오프로딩하여 사용자의 연산량을 줄여준다. 그림 2은 제안하는 방식을 도식화한 것이다⁵⁾.

먼저 서버가 사용자에게 고해상도의 영상을 제공하기 위해 저해상도의 영상을 클라우드에 전송한다. 클라우드에서는 서버로부터 전송받은 저해상도의 영상을 이용하여 오픈 소스인 Sobel 알고리즘을 통해 영상의 경계를 검출한다. 그리고 그 경계 영상은 Direction-oriented image interpolation by region matching up-sampling 알고리즘을 이용하여 업샘플링하고 압축하여 저해상도의 영상과 함께 사용자에게 전송한다.

경계 정보와 저해상도 영상을 전송받은 사용자에서는 저해상도 영상을 디코딩하여 Bilinear로 업샘플링하고 디코딩한 경계 영상과 합쳐 좋은 품질의 고해상도 영상을 서비스한다.

본 논문은 [2]에서 제안하는 방식에 기초하였다. [2]는 정지 영상을 대상으로 경계를 검출하고 보조 정보를 생성하여 사용자에게 좋은 품질의 정지 영상을 서비스하였고 경계 검출 및 보조 정보 생성을 위해 기존 알고리즘인 Sobel을 통해서만 수행하여 품질 향상에 제한적이다. 하지만 본 논문은 정지 영상이 아닌 영상을 대상으로 새로운 방식의 업샘플링 기법을 통한 기존 기술 대비 정확한 경계 검출을 통해 보다 좋은 품질의 영상 서비스가 가능하다. 또한, 클라우드 오프로딩 기법을 통해 제한된 모바일 단말기의 전력 문제를 극복하였다.

여기서 좋은 품질의 기준은 MOS 방식을 이용하여 섹션 IV에서 증명한다.

IV. 성능 평가

1. 실험 환경

본 섹션에서는 논문에서 새롭게 제안하는 방식을 입증하기 위한 실험을 진행한다. 테스트 PC 환경은 Intel® Core™ 2 Quad CPU Q6600 @2.40GHz 2.40GHz, RAM 7GB, 64bit 운영 체제에서 실험하였고, 실험을 위해 사용된 테스트 영상에 대한 특성은 표 1와 같다.

표 1. 테스트 영상들의 특성

Table 1. Specification of test video sets

Specification	Aladin	Duck	OldTown	ParkRun
Resolution(LR)	640x360	640x360	640x360	640x360
Resolution(HR)	1280x720	1280x720	1280x720	1280x720
Frame rate(Hz)	32	32	32	32
GOP size	16	16	16	16
Intra Period	8	8	8	8

테스트 영상 중 실험의 다양성을 위해 애니메이션 (Aladin)을 포함하였고 나머지 영상 (Duck, OldTown, ParkRun)은 실험 결과의 정당성을 위해 MPEG 표준 영상을 사용하였다⁶⁾.

2. 기존 방식과 제안하는 방식 비교

표 2는 본 논문에서 제안하는 방식의 구현을 위해 필요한 각 모듈별 처리 연산량을 4개의 영상에 대해 테스트한 결과이다.

표 2. 각 모듈 별 처리량(clock 수 x10⁶)

Table 2. Processing amount of each modules (number of clock x10⁶)

Part	Modules	Aladin	Duck	OldTown	ParkRun
Cloud	Edge detection	5.47x10 ²	6.11x10 ²	6.09x10 ²	6.46x10 ²
	Edge up-sampling	1.03x10 ⁵	2.48x10 ⁵	1.58x10 ⁵	2.67x10 ⁵
Client	Non-Edge up-sampling	6.53x10 ³	6.58x10 ³	6.68x10 ³	6.56x10 ³
Total processing		1.10x10 ⁵	2.54x10 ⁵	1.65x10 ⁵	2.74x10 ⁵
cloud offloading rate(%)		94.1	97.4	96.0	97.6
client rate(%)		5.9	2.6	4.0	2.4

표 2에서 보여주는 바와 같이 사용자에서 처리하지 않아도 되는 모듈 (경계 검출)과 처리해야 할 일들 중에 많은 연산량을 요구하는 모듈 (경계 업샘플링)은 클라우드로 오프로딩함으로써 사용자에서 하는 일이 평균적으로 96.3%가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

다음은 본 논문에서 제안하는 방식의 정당성을 입증하기 위해 기존의 방식과 비교한다. 기존의 방식은 서버로부터

고해상도의 영상을 전송 받고 사용자에서 그 영상을 디코딩하는 구조이다. 표 3은 기존의 서비스와 제안하는 새로운 방식의 서비스 각각의 전송 비트레이트와 연산량을 보여주고 있다^[7].

표 3. 기존의 방식과 제안하는 방식 각각의 전송 비트레이트와 연산량(clock 수×10⁹)

Table 3. transmission bit rate and computation of proposed and existing method

Videos	Existing method		Proposed method	
	Computation	Data size(kbps)	Computation	Data size(kbps)
Aladin	47.5	2.10x10 ³	16.6	1.07x10 ³
Duck	74.5	1.08x10 ⁴	22.0	5.72x10 ³
OldTown	46.4	5.10x10 ³	16.0	1.49x10 ³
ParkRun	76.4	1.79x10 ⁴	21.6	1.06x10 ⁴

표 3에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안하는 방식이 기존의 방법으로 서비스하는 방식보다 높은 효율을 보여주고 있음을 확인할 수 있다. 사용자에서 처리하는 연산량과 전송 비트레이트가 기존의 방식보다 50% 이상 절감되었고 이는 현 시점에 화두가 되고 있는 Green IT 전략과도 일치하는 모습을 보여준다.

그림 3은 기존의 방식에 대한 전송 데이터와 연산량을 본 논문에서 제안하는 방식과 비교한 그림이다.

섹션 I에서 본 논문의 주요 이슈 세 가지를 언급하였다. 제안하는 방식을 통해 전송 비트레이트와 사용자의 연산량

을 줄일 수 있다는 점을 확인하였다. 이는 본 논문의 주요 이슈 첫 번째와 두 번째를 충족한다. 마지막 세 번째는 제안하는 방식으로 만들어진 결과 영상의 MOS 측정을 통해 영상 품질을 증명한다^[8].



그림 4. MOS 영상 품질 측정 척도
Fig. 4. Perceptual video quality scale in MOS

그림 4는 결과 영상에 대한 영상 품질을 결정하기 위한 척도를 나타낸다^[8]. 그림 4의 척도를 기준으로 저해상도의 영상과 제안하는 방식으로 만든 고해상도의 결과 영상을 비교하여 평가를 진행한다. 품질을 평가하는 참여자와 평가 환경에 대한 사항은 다음과 같다.

- 품질 평가를 위한 참여자들은 20명의 이미지 프로세싱 전공자와 10명의 비전공자를 대상으로 진행한다.
- 제안하는 영상과 원본 영상이 동시에 재생되고 참여자들은 어떤 영상이 제안하는 영상인지 원본 영상인지 인지하지 못한 환경에서 평가를 실시한다.
- 모든 참여자들은 그림 4의 영상 품질 척도에 근거하여 각 영상에 대해 점수를 부여한다.

각 영상은 1초의 재생시간 동안 평가되고 상용 플레이어

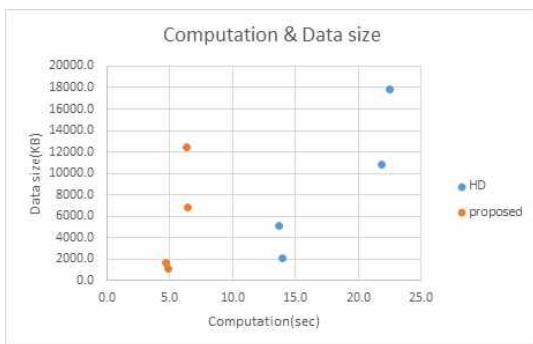
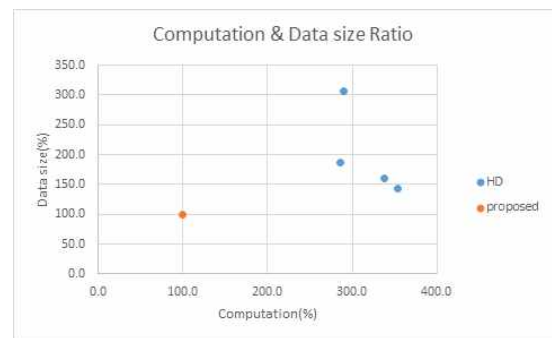


그림 3. 기존의 방식 대비 제안하는 방식의 효율
Fig. 3. Efficiency of proposed method for existing method



(GOM player, Pot player) 및 YUV 시퀀스 플레이어를 통해 평가를 진행하고 각 영상에 대해 평균 점수를 도출한다.

표 4. 각 영상에 대한 MOS 점수
 Table 4. MOS of each video

Videos	Aladin	Duck	OldTown	ParkRun
Average	3.5	3.7	2.9	3.5

표 4는 각 영상에 대한 MOS 측정을 통해 얻은 평균 점수를 나타낸다. 표 4에서 보는 바와 같이 각 결과 영상에 대한 MOS가 평균적으로 3.4점으로 좋은 영상이라는 평가를 받았다.

본 논문에서 제안하는 방식을 통해 생성한 고해상도 영상은 본 논문에서 제안하는 새로운 방식의 업샘플링 기법을 통해 추출한 경계 영상을 기반으로 만들어진다. 기존의 다양한 업샘플링 기법인 **Bilinear**, **Bicubic** 그리고 **Lanczos** 알고리즘은 본 논문에서 제안하는 업샘플링 기법에 비해 정확한 경계와 해당 색 정보 값을 추출하지 못하기 때문에 영상 품질에 차이가 발생한다. 반면, 본 논문에서 제안하는 업샘플링 기법은 정확한 경계 및 색 정보 값을 추출하기 위해 기존 기법 대비 높은 연산량을 요구하기에 본 논문에서는 클라우드 오프로딩 기법을 추가하여 이를 극복하였다.

V. Conclusion

본 논문에서 제안하는 새로운 방식의 영상 서비스는 모바일 영상 트래픽이 급격히 증가하고 있는 현 시점에서 기존의 서비스보다 낮은 전송 비트레이트와 연산량으로도 좋

은 품질의 영상을 서비스할 수 있다는 점을 실험을 통해 확인하였다. 또한 현재 HD급 화질의 영상을 넘어선 4K, 8K급 영상 서비스의 시대가 다가오고 있다. 이러한 고해상도의 영상은 높은 전송 비트레이트를 요구하지만 본 논문의 클라우드 오프로딩이라는 새로운 아이디어를 통해 네트워크 트래픽 부하를 줄임으로써 Green IT 전략을 위한 하나의 방법이 될 수 있을 것이라 생각한다.

참고 문헌 (References)

- [1] GARTNER, "Frecast: Mobile Data Traffic and Revenue, Worldwide, 2010~2015", 2012.
- [2] Hong-Han Shuai, De-Nian Yang, Wen-Huang Cheng, Ming-Syan Chen, "MobiUP: An up-sampling-Based System Architecture for High-Quality Video Streaming on Mobile Devices", *Multimedia IEEE Transaction on*, vol. 13, no. 5, pp.1077-1091, May, 2011.
- [3] Whai-En Chen, Pin-Jen Lin, Yi-Bing Lin, "Real-Time VoIP Quality Measurement for Mobile Devices", *Systems Journal IEEE*, vol 5, no. 4, pp.538-544, Sep, 2011.
- [4] Cloud computing In WIKIPEDIA, Retrieved February 25, 2014, from http://en.wikipedia.org/wiki/cloud_computing.
- [5] Sergio Barbarossa, Stefania Sardellitti and Palol Di Lorenzo, "Computation offloading for Mobile Cloud Computing based on wide cross-layer optimization", *Future Network and Mobile Summit IEEE*, pp.1-10, July, 2013.
- [6] Muhammad Bilal Akhtar, Adil Masoud Qureshi and Qamar-ul-Lslam, "Optimized Run Length Coding for JPEG Image Compression Used in Space Research Program of IST", *Computer Networks and Information Technology (ICCNIT) IEEE*, pp. 81-85, July, 2011.
- [7] Guillaume Fuchs, Vignesh Subbaraman, Markus Multrus, "Efficient Context Adaptive Entropy Coding For Real-Time Applications", *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) IEEE*, pp. 493-496, May, 2011.
- [8] Jing Hu, Sayantan Choudhury, and Jerry D. Gibson, "An Easy-To-Compute Multiuser Perceptual Video Quality Measure", *Quality of Multimedia Experience IEEE*, pp.116-120, July, 2009.

저 자 소 개



조 복 연

- 2005년 3월 ~ 2013년 2월 : 경희대학교 전자전파공학과 학사
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 : 경희대학교 전자전파공학과 석사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 박사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-0756-5912>
- 주관심분야 : Multimedia network, Video Codec, Deep learning



서 덕 영

- 1976년 3월 ~ 1980년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과 학사
- 1984년 1월 ~ 1985년 6월 : Georgia Tech 핵공학과 석사
- 1985년 6월 ~ 1990년 6월 : Georgia Tech 전자공학과 박사
- 1990년 9월 ~ 1992년 3월 : 상공부 생산기술연구원 HDTV 연구개발단 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 교수
- 1996년 7월 ~ 현재 : MPEG 표준화 회의 한국대표
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3120-0737>
- 주관심분야 : 컴퓨터게임, 적정기술