

효율적인 국방 영상정보 전송을 위한 확장비디오코딩(SVC) 및 균형선택 알고리즘 기반의 피투피(P2P) 비디오 스트리밍 기법 연구*

신 규 용*, 김 경 민**, 이 중 관**

요 약

최근 영상 장비와 기술이 발전함에 따라 우리 군에서도 작전지역에 대한 정보를 획득하고, 효율적인 지휘통제에 활용하기 위해 수많은 영상정보가 생산되어 활용되고 있다. 이때 현재 군내에서 활용하고 있는 영상 재생장비는 저성능의 전용 다기능 단말기(TMFT)로부터 고성능의 영상서버에 이르기까지 매우 다양하고, 영상이 전송되는 네트워크 또한 저속의 전용정보통신체계(TICN)로부터 초고속의 국방광대역통합망(M-BcN)에 이르기까지 다양하다. 따라서 이기종(異機種) 통신장비 및 네트워크 환경에서 국방 영상정보를 효율적으로 전송할 수 있는 스트리밍 기법이 필요하다. 이 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 확장비디오코딩(SVC) 및 균형선택 알고리즘 기반의 피투피(P2P) 스트리밍 기법을 제안한다. 비토렌트 기반의 시뮬레이터를 활용한 성능분석결과 우리가 제안하는 균형선택 알고리즘 기반의 스트리밍 기법은 순차선택이나 희소선택 알고리즘에 비해 우수한 성능을 보였다.

A Scalable Video Coding(SVC) and Balanced Selection Algorithm based P2P Streaming Technique for Efficient Military Video Information Transmission

Kyu Yong Shin*, Kyoung Min Kim**, Jongkwan Lee**

ABSTRACT

Recently, with the rapid development of video equipment and technology, tremendous video information is produced and utilized in military domain to acquire battlefield information or for effective command control. Note that the video playback devices currently used in the military domain ranges from low-performance tactical multi-functional terminals (TMFT) to high-performance video servers and the networks where the video information is transmitted also range from the low speed tactical information and communication network (TICN) to ultra-high speed defense broadband converged networks such as M-BcN. Therefore, there is a need for an efficient streaming technique that can efficiently transmit defense video information in heterogeneous communication equipment and network environments. To solve the problem, this paper proposes a Scalable Video Coding (SVC) and balanced selection algorithm based Peer-to-Peer (P2P) streaming technique and the feasibility of the proposed technique is verified by simulations. The simulation results based on our BitTorrent simulator show that the proposed balanced selection scheme outperforms the sequential or rarest selection algorithm.

Key words : Video Streaming, Scalable Video Coding, Peer-to-Peer, Military Video Information

접수일(2019년 8월 29일), 수정일(1차: 2019년 9월 19일),
게재확정일(2019년 9월 26일)

* 육군사관학교 컴퓨터과학과, 주저자
** 육군사관학교 컴퓨터과학과

★ 본 논문은 2019년 화랑대연구소 지원으로 연구되었음

1. 서 론

유튜브(YouTube)와 같은 공유 플랫폼의 성장과 함께 스마트폰, 태블릿 PC, 스마트 TV와 같이 인터넷에 쉽게 접속이 가능한 휴대용 단말의 보급이 확산됨에 따라 동영상의 생산 및 유통이 매우 활발해졌다[1]. 실제로 최근 연구보고서에 의하면 2020년에는 동영상 트래픽이 전체 인터넷 트래픽의 82%를 차지할 것이라 예상하고 있다[2].

비단 민간분야 뿐만 아니라 군(軍)에서도 동영상 트래픽의 증가 추세는 동일하게 나타나고 있다. 최근 우리 군에서는 드론(drone)을 활용해 촬영한 작전지역 영상으로부터 정보를 획득하기도 하고[3, 4], 작전현장에서 각개전투원이 착용하고 있는 카이샷(KAISHOT¹)과 같은 장비로부터 획득된 영상을 지휘통제에 활용하기도 한다[5]. 또한 GOP에서 활용되는 과학화 경계시스템이나 부대 주둔지 외곽의 CCTV로부터 획득되는 영상은 이제 경계의 필수적인 요소가 되었다[6]. 나아가 최근에는 가상현실(VR) 기술의 비약적 발전으로 가상현실을 활용한 사격, 전술, 지휘통제 시뮬레이터들이 속속 개발되고 있으며 더불어 이들 시뮬레이터들에서 생성된 영상들은 훈련 효과를 극대화하기 위한 수단으로 적극 활용되고 있다[7, 8].

앞서 설명했듯이 현재 우리 군에서는 다양한 영상 장비들로부터 다양한 영상정보들이 생산되고 유통되고 있다. 해당 영상들이 효과적으로 활용되기 위해서는 여러 지역에 분산되어 있는 전투원 및 지휘관들에게 시의 적절하게 공유될 수 있어야 한다. 따라서 영상 정보들을 저렴한 비용으로 효과적으로 전송할 수 있는 방법이 필요한데 여기에는 영상의 압축 및 복원, 네트워크 코딩, 오버레이(overlay) 네트워크 등 다양한 기술들이 활용되고 있다[1]. 현재까지 개발된 수많은 기술들 중에서 피투피(P2P) 기반의 비디오 스트리밍 기술은 상대적으로 간단하면서도 확장성(scalability)이 높기 때문에 가장 널리 활용되고 있다[9]. 이때 과

거에는 H.264/AVC 기반의 단일계층 코딩(coding)을 활용하는 피투피(P2P) 스트리밍 기법이 주로 활용되었지만 최근 들어서는 다양한 네트워크 환경 및 사용자 요구에 부응하기 위해 하나의 비디오 정보를 여러 개의 계층으로 코딩(coding)하는 H.264/SVC 방식의 피투피(P2P) 스트리밍 기법이 각광을 받고 있다[1,9].

현재 우리 군에서 활용하고 있는 네트워크는 고속의 국방광대역통합망(M-BcN)에서 저속의 전술정보통신체계(TICN²)까지 매우 다양하고, 해당 네트워크를 통해 영상정보를 받아 재생하는 단말들도 저성능의 전술용 다기능 단말기(TMFT)로부터 고성능의 영상서버에 이르기까지 다양하다. 따라서 이러한 환경에서 활용될 비디오 스트리밍 기법은 확장성과 환경 적응성을 모두 갖추어야 한다. 이 문제를 해결하기 위해 우리는 본 논문에서 군용 영상 정보를 효과적으로 스트리밍 할 수 있는 확장비디오코딩(SVC) 기반의 피투피(P2P) 비디오 스트리밍 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 확장비디오코딩(SVC)의 개념에 대해 소개하고, 대표적인 확장비디오코딩(SVC) 기반의 비디오 스트리밍 기법인 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 설명한다. 3장에서는 기존의 슬라이딩 윈도우 기반의 기법들이 내재하고 있는 단점을 극복하기 위해 본 논문에서 제안하는 균형선택(Balanced Selection, BS) 알고리즘을 소개한다. 4장에서는 기존의 슬라이딩 윈도우 방식과 우리가 제안한 균형선택(BS) 방식의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교·분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론을 맺고, 향후 연구방향을 제시한다.

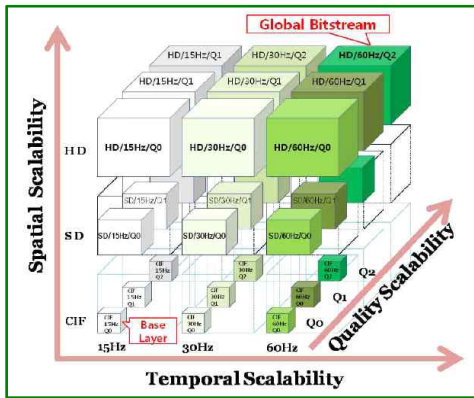
2. 확장비디오코딩(SVC)을 활용한 피투피(P2P) 기반의 스트리밍 기법

본 장에서는 이 분야에 대해 친숙하지 않는 독자들을 위해 확장비디오코딩(SVC)의 개념에 대해

1) http://bemil.chosun.com/nbrd/bbs/view.html?b_bbs_id=10044&num=147419

2) http://winner.ajou.ac.kr/publication/data/invited/20161207_ticn.pdf

소개하고, 다음으로 확장비디오코딩(SVC)을 활용하는 피투피(P2P) 기반의 스트리밍 기법들에 대해 간략히 설명한다. 마지막으로 대표적인 확장비디오코딩(SVC) 기반 피투피(P2P) 스트리밍 기법이자 본 논문에서 군에 활용하기 위해 성능을 개선하고자 하는 지그재그(ZigZag) 슬라이딩 윈도우 알고리즘의 개념에 대해 설명한다.



(그림 1) 확장비디오코딩(SVC) 개요[9]

2.1 확장비디오코딩(SVC) 소개

확장비디오코딩(SVC)에서는 하나의 동영상이 한개의 기본계층(base layer)과 여러개의 확장계층(enhancement layer)로 인코딩된다. 이때 기본계층은 확장계층의 유무와 관계없이 단독으로 디코딩(decoding)될 수 있으며 가장 기본적인 스트리밍 품질을 보장한다. 반면 확장계층은 내포관계에 있는 모든 하위계층이 다운로드 되어야만 디코딩이 가능한 대신 디코딩하는 시점에 가용한 확장계층의 개수가 많을수록 높은 비디오 품질로 디코딩이 가능하다.

이러한 확장비디오코딩(SVC)은 (그림 1)에서 보듯이 디코딩 시점에서 가용한 기본계층과 확장계층의 개수에 따라서 하나의 동영상을 시간(temporal) 계층화, 공간(spatial) 계층화, 그리고 품질(quality) 계층화를 통해 다양한 품질의 동영상으로 디코딩이 가능하다. 이러한 특성 때문에 확장비디오코딩(SVC)은 다양한 속도의 네트워크 및 서로 다른 역량의 재생 단말기들이 혼재되어 있는

상황에 사용자 맞춤형의 스트리밍 서비스를 제공하기에 매우 적합하다.

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|------------------|
| LC _{n1} | LC _{n2} | LC _{n3} | LC _{n4} | ... | LC _{nm} |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ... | ⋮ |
| LC ₃₁ | LC ₃₂ | LC ₃₃ | LC ₃₄ | ... | LC _{3m} |
| LC ₂₁ | LC ₂₂ | LC ₂₃ | LC ₂₄ | ... | LC _{2m} |
| LC ₁₁ | LC ₁₂ | LC ₁₃ | LC ₁₄ | ... | LC _{1m} |

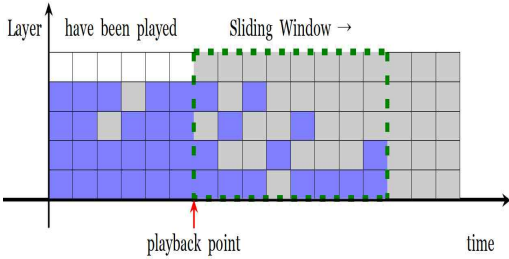
(그림 2) 확장비디오코딩(SVC) 인코딩 개념

이해를 돕기 위해 확장비디오코딩(SVC)을 단순화하면 (그림 2)에서 보는 바와 같이 하나의 동영상은 n 개의 계층(1개의 기본계층, $n-1$ 개의 확장계층)으로 인코딩되는 것으로 생각하면 된다. 이때 하나의 인코딩된 계층은 동일한 재생시간을 갖는 m 개의 패킷(packet) 혹은 청크(chunk)로 나뉜다. 따라서 하나의 동영상은 $n \times m$ 개의 패킷으로 나뉘고 이 패킷들은 피투피 네트워크에서 교환의 단위가 된다.

2.2 확장비디오코딩(SVC) 기반의 스트리밍

앞서 2.1절에서 소개한 확장비디오코딩(SVC) 기반의 스트리밍은 하나의 동영상을 (그림 2)에서 보는 바와 같이 여러 계층으로 인코딩한 후 다운로드한 기본계층 및 확장계층의 수준에 따라서 다양한 품질의 스트리밍이 가능하기 때문에 VOD 스트리밍 혹은 실시간 스트리밍에 주로 활용된다. 특히 간편하면서도 확장성이 뛰어난 비트렌트(BitTorrent[10]) 기반의 피투피(P2P) 네트워크에서는 (그림 2)의 각 패킷이 서로 교환의 대상이 되는 조각(chunk)로 바로 매핑(mapping)될 수 있기 때문에 구현이 간단하다. 이러한 이유로 현재까지 다양한 형태의 비트렌트 기반의 계층화된 확장비디오코딩(SVC) 스트리밍 기법이 제안되었다[11-14]. 이들 기법들은 (그림 2)와 같은 계층화된 패킷들(LC₁₁ ~ LC_{nm})을 어떤 순서대로 다운로드 하느냐에 따라서 스트리밍 품질이 달라지기 때문에 패킷선택 알고리즘에 차이가 있다. 하지만 스트리밍의 특성상 끊임 없는 동영상 재생을 위해서는

현재 플레이 하고 있는 시점과 가까운 패킷들을 우선 다운로드해야하기 때문에 대부분 비슷하게 슬라이딩 윈도우 방식을 취한다.



(그림 3) 슬라이딩 윈도우 개념

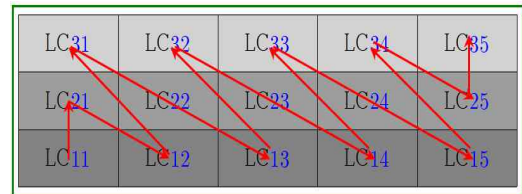
(그림 3)에서 보는 바와 같이 현존하는 대부분의 확장비디오코딩(SVC) 기반의 피투피(P2P) 스트리밍 알고리즘들이 취하고 있는 현재 플레이백 시점을 기준으로 일정한 크기의 슬라이딩 윈도우를 지정하고, 지정된 슬라이드 안에서 자신들만의 패킷선택 알고리즘을 활용해 스트리밍의 효율을 높이며 노력한다.

2.3 지그재그(ZigZag) 알고리즘

지그재그(ZigZag) 알고리즘[11]은 앞서 2.2절에서 소개한 슬라이딩 윈도우 방식의 대표적인 패킷선택 알고리즘이다. 지그재그(ZigZag) 알고리즘은 다음과 같이 동작한다.

먼저 (1) 각 사용자는 슬라이딩 윈도우 사이즈 (기본계층 기준으로 5개 패킷) 내에서 자신의 역량에 맞는 최대 가입계층(max_registered_layer)을 결정한다. 이때 최대계층이 큰 경우에는 스트리밍 품질은 좋아질 수 있지만 네트워크 상황이나 다른 요인에 의해서 다운로드 속도가 낮아지는 경우에는 필요한 패킷을 제대로 다운로드 할 수 없고 그렇게 되면 오히려 스트리밍 품질이 낮아질 수 있다. 따라서 각 사용자는 전체적인 패킷 다운로드 속도와 현재의 스트리밍 품질을 계속 관찰하면서 자신의 최대 가입계층을 조절하게 된다. 다음으로 (2) 사용자는 자신의 현재 슬라이딩 윈도우 안에서 다운로드 할 패킷의 순서를 지그재그

(zigzag) 방식으로 결정한다. 예를 들어 사용자가 스트리밍을 처음 시작해서 현재의 플레이백 위치가 LC_{11} 이고 최대 가입계층이 3이라고 한다면 패킷의 다운로드 순서는 $LC_{11} \rightarrow LC_{21} \rightarrow LC_{12} \rightarrow LC_{31} \rightarrow LC_{22} \rightarrow LC_{13} \rightarrow LC_{32} \rightarrow LC_{23} \rightarrow LC_{14} \rightarrow LC_{33} \rightarrow LC_{24} \rightarrow LC_{15} \rightarrow LC_{34} \rightarrow LC_{25} \rightarrow LC_{35}$ 가 된다.



(그림 4) 지그재그(ZigZag) 패킷선택 순서(예)

지그재그(ZigZag) 알고리즘이 주어진 슬라이딩 윈도우 내에서 다운로드 할 패킷의 순서를 지그재그 형태로 결정하는 이유는 세 가지로 요약된다. 먼저 ① 현재의 플레이백 위치에 가까운 정도가 동일한 경우 기본계층을 포함한 하위계층 패킷이 확장계층의 패킷보다 우선순위가 높아야 한다. 이는 확장비디오코딩(SVC)의 경우 내포관계에 있기 때문에 플레이하는 시점에 하위계층 패킷이 하나라도 없다면 그 계층 상위의 패킷은 쓸모가 없기 때문이다. ② 현재의 플레이백 위치에 가까울수록 상대적으로 빠른 시간 안에 플레이될 예정이기에 우선적으로 다운로드해야 한다. 마지막으로 ③ 전체적인 스트리밍 품질을 높이기 위해서는 현재의 플레이백 위치에 가까운 확장계층 패킷은 현재의 플레이백 위치로부터 상대적으로 먼 하위계층의 패킷보다 우선순위가 높아야 한다.

결국 지그재그(ZigZag) 알고리즘은 각 사용자의 입장에서 스트리밍의 연속성(즉, 끊김 없는 플레이)을 보장하고, 주어진 여건 하에서 최대한의 스트리밍 품질을 보장하기 위해 제안된 알고리즘이다. 하지만 이와 같은 슬라이딩 윈도우 방식의 최대 단점은 순차적인 패킷 다운로드로 인해 시스템 내의 패킷의 희소성(rarity)이 부족해질 수 있기 때문에 시스템 전체적으로는 성능이 저하될 수

있다. 특히 대부분의 확장비디오코딩(SVC) 기반의 피투피(P2P) 스트리밍 기법들이 가장 널리 사용하는 비토렌트(BitTorrent)는 시스템 내의 패킷 희소성 보장을 통해 시스템의 성능을 높이는 방식이기 때문에 순차적인 패킷 다운로드는 경우에 따라서 제대로 동작하지 않을 수도 있다.

3. 제안하는 균형선택 알고리즘

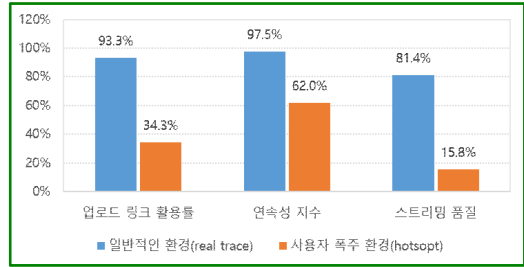
본 장에서는 앞서 2장에서 설명한 확장비디오코딩(SVC) 기반 슬라이딩 윈도우 방식의 스트리밍 기법이 가지는 근본적인 한계에 대해 설명하고, 이를 극복하기 위해 순차선택(sequential selection)과 희소선택(rarest selection)의 균형을 통해 시스템의 성능을 높이는 균형선택(Balanced Selection, BS) 알고리즘을 제안한다.

3.1 기존 슬라이딩 윈도우 방식의 단점 분석

앞서 설명했듯이 대부분의 슬라이딩 윈도우 방식의 패킷선택 알고리즘은 순차선택을 통한 스트리밍의 연속성에 중점을 둔 방식이기 때문에 시스템의 자원이 부족해지는 경우 성능이 급격히 나빠질 수 있다. 이를 확인하기 위해 우리는 비토렌트 기반의 지그재그(ZigZag) 시뮬레이터를 구현해 비교적 시스템 자원이 풍부한 ① 일반적인 환경, 그리고 시스템 자원이 매우 부족한 ② 사용자 폭주 환경에서 지그재그(ZigZag) 알고리즘의 성능을 분석했다³⁾.

이번 시뮬레이션에서 활용된 동영상은 총 96MB이고, 확장비디오코딩(SVC)을 바탕으로 1개의 기본계층과 9개의 확장계층으로 인코딩되었으며, 각 계층은 100Kbps의 스트리밍 속도를 가진다고 가정하였다. 따라서 10개의 계층을 모두 다운로드해서 스트리밍을 하는 경우 스트리밍 품질은 1Mbps이다. 이때 각 시스템에 접속하는 사용자의 업로드 속도는 500Kbps~2,000Kbps의 균등분포(uniform distribution)를 보이고, 슬라이딩 윈도우 사

이즈가 8이며, 사용자들은 시스템에 접속해서 패킷 다운로드를 시작한 뒤 60 후에 스트리밍을 시작한다고 가정하였다⁴⁾.



(그림 5) 지그재그(ZigZag) 알고리즘 성능

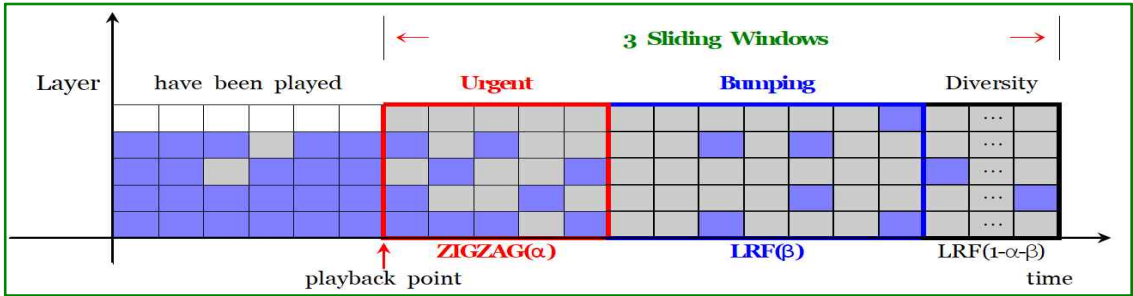
위 (그림 5)에서 보는 바와 같이 슬라이딩 윈도우 기반의 지그재그(ZigZag) 알고리즘은 시스템 자원이 충분한 일반적인 환경에서는 업로드 링크 활용률이 93.3% 이상이고, 연속성 지수⁵⁾도 97.5% 이상으로 거의 끊김 없는 스트리밍을 보장하며, 평균 스트리밍 품질도 800Kbps를 웃돌 정도로 매우 좋은 성능을 보여준다. 하지만 400명의 사용자가 동시에 접속하는 사용자 폭주 환경에서는 업로드 링크 활용률은 35% 이하, 연속성 지수도 62%, 그리고 스트리밍 품질은 160Kbps 이하로 급격히 떨어진다. 이 결과에 비추어볼 때 단일 슬라이딩 윈도우 방식의 순차선택 알고리즘의 경우 극한 환경에서 활용이 제한된다는 것을 알 수 있으며 이에 대한 보완이 필요하다.

3.2 균형선택(BS) 알고리즘

3.1절에서 보았듯이 기존의 슬라이딩 윈도우 방식의 패킷선택 알고리즘은 윈도우 안에서 어떻게 패킷을 선택하든 전체 동영상을 기준으로 보았을 때 기본적으로 순차선택을 하는 것과 거의 유사하다. 따라서 사용자 폭주와 같이 시스템 자원이 부족한 환경에서는 순차선택에 의해 패킷의 다양성이 보장받지 못한다. 이는 사용자들끼리 패킷을

4) 즉, 선행버퍼링(pre-buffering) 시간은 60초이다.
5) 전체 기본계층 동영상 패킷 개수에 대해 동영상 재생 제한시간 이전에 도착한 패킷 개수가 차지하는 비율로 정의

3) 시뮬레이션 환경에 대한 자세한 내용은 4.1절에 설명되어 있다.



(그림 6) 3개의 슬라이딩 윈도우를 가지는 균형선택(BS) 알고리즘

주고받아야 하는 비트레인트 기반의 피투피(P2P) 네트워크 자체의 성능을 급격히 떨어뜨리는 결과를 야기하는 것이다.

이 문제를 해결하기 위해서 우리는 단일계층 비디오 스트리밍 방식에서 활용되었던 다중 슬라이딩 윈도우 방식[16]의 개념을 도입하였다. 즉, 기존의 단일 슬라이딩 윈도우 방식에서 벗어나 가중치가 서로 다른 3개의 슬라이딩 윈도우를 활용하고, 각 슬라이딩 윈도우마다 서로 다른 패킷 선택 알고리즘을 적용함으로써 궁극적으로 순차 선택과 회소선택의 균형점을 찾는다. 이러한 방식으로 사용자 폭주 환경과 같이 시스템 자원이 부족한 환경에서도 스트리밍의 효율을 높일 수 있으며 이 방식을 우리는 균형선택(BS) 알고리즘이라 명명한다.

균형선택(BS) 알고리즘은 (그림 6)에서 보는 바와 같이 긴급(urgent) 슬라이딩 윈도우, 완충(bumping) 슬라이딩 윈도우, 그리고 다양(diversity) 슬라이딩 윈도우 3개의 슬라이딩 윈도우를 가진다. 각 사용자는 기본적으로 지그재그(ZigZag)와 동일하게 자신의 역량에 맞는 최대 가입계층(max_registered_layer)을 결정한다. 하지만 단일 슬라이딩 윈도우 내에서만 다운로드 패킷을 선택하는 지그재그(ZigZag) 알고리즘과는 달리 균형선택(BS) 알고리즘은 3개의 슬라이딩 윈도우를 각각 α , β , 그리고 $1-\alpha-\beta$ 의 확률로 선택한 뒤 긴급(urgent) 슬라이딩 윈도우 내에서는 지그재그(zigzag) 방식으로, 완충(bumping) 슬라이딩 윈도우에서는 비트레인트의 LRF[10] 방식으로, 그리고 마지막으로 다양(diversity) 슬라이딩 윈도

우 안에서는 역시 LRF 방식으로 다운로드 할 패킷을 선택한다. 이때 α 와 β 는 순차선택과 회소선택을 조절하는 확률변수로서 균형선택(BS) 알고리즘의 성능을 결정하는 핵심 시스템 매개변수(parameter)이다.

3.3 시스템 매개변수 α 와 β 의 선정

앞서 3.2절에서 제안한 균형선택(BS) 알고리즘의 핵심은 시스템 성능을 최대화할 수 있는 매개변수 α 와 β 값을 선정하는 것이다. 이때 α 값이 상대적으로 커지면 순차선택에 가까워지고, 반대로 $1-\alpha-\beta$ 값이 커지게 되면 회소선택에 가까워진다. 일례로 α 값이 1인 경우가 기존의 지그재그(ZigZag) 알고리즘에 해당하고, $\alpha+\beta$ 값이 0인 경우는 비트레인트[10]에 해당한다. 따라서 어떤 α 와 β 값을 선정하느냐에 따라서 시스템의 성능이 좌우된다. 이때 우리는 기존의 연구결과[14]와 시뮬레이션 결과를 바탕으로 $\alpha=0.5$ 와 $\beta=0.3$ 으로 결정하였다⁶⁾.

4. 성능 분석(Performance Analysis)

본 장에서는 앞서 3장에서 제안한 균형선택(BS) 알고리즘의 성능을 기존의 지그재그(ZigZag) 알고리즘과 비교해 분석한다.

6) 사실 α 와 β 값을 시스템 상황에 따라 유동적으로 바꾸는 것이 더 효율적이지만 본 연구에서는 알고리즘의 단순화를 위해 고정된 α 와 β 값을 사용하였다.

4.1 시뮬레이션 구성

성능분석을 위해 우리는 기존연구[9]에서 활용되었던 비토렌트 시뮬레이터를 수정해서 지그재그(ZigZag) 알고리즘을 구현하였다. 또한 단일 슬라이딩 윈도우 기반인 지그재그(ZigZag) 시뮬레이터를 수정해 3개의 슬라이딩 윈도우를 가지는 균형선택(BS) 알고리즘을 구현하였다. 기본적으로 시뮬레이션 환경은 SVC-TChain[14]과 거의 유사하게 구성하였다.

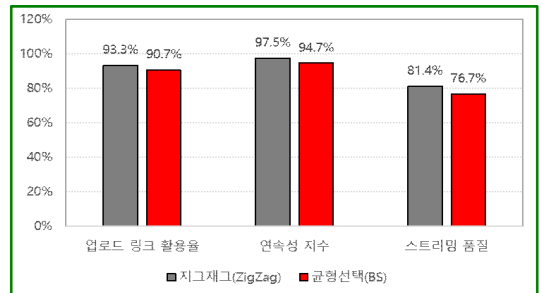
이번 시뮬레이션에서 활용된 동영상은 총 96MB이고, 해당 동영상을 확장비디오코딩(SVC) 개념을 적용해 1개의 기본계층과 9개의 확장계층으로 인코딩하였다. 각 계층은 16KB 크기의 6,000개의 패킷으로 구성되어 있으며, 100Kbps의 스트리밍 속도를 가진다. 따라서 10개의 계층을 모두 다운로드 해서 스트리밍을 하는 경우 스트리밍 품질은 1Mbps가 되며, 총 비디오 플레이 시간은 768초가 된다. 이때 지그재그(ZigZag)의 슬라이딩 윈도우와 균형선택(BS)의 긴급(urgent) 슬라이딩 윈도우의 크기는 8(즉, 각 계층마다 16KB 패킷 8개), 균형선택(BS)의 완충(bumping) 슬라이딩 윈도우의 크기는 32이다.

시스템에 접속하는 사용자는 업로드 속도의 평균은 1,250Kbps(500Kbps~2,000Kbps 내에서 균등분포)이고, 사용자들이 시스템에 접속하는 패턴은 다음의 두 가지 형태를 가정한다. ① 일반적인 환경 : 이 환경에서는 각각의 사용자들이 폭주 없이 지속적으로 일정한 시간 간격을 두고 접속하는 패턴으로 비토렌트 네트워크에서 사용자들이 파일을 다운로드할 때의 일반적인 패턴[17]이다. 우리는 일반적인 환경에서 스트리밍을 완료한 1,000명의 사용자의 결과를 측정 한 뒤 후반 500명의 사용자들의 결과에 대한 평균값을 바탕으로 성능분석을 실시하였다. ② 사용자 폭주 환경 : 이 환경은 400명의 사용자가 동시에 시스템에 접속해 스트리밍을 하는 환경으로 짧은 시간에 다수의 사용자에게 서비스를 제공해야하기 때문에 시스템 자원이 매우 부족한 환경이다. 일반적으로 군에서의 스트리밍 상황은 다수의 지휘관과 용사들이 동일한 동

영상을 거의 동시에 실시간으로 공유해야 하는 상황이므로 이런 환경에서 잘 동작하는 스트리밍 서비스가 필요하다. 모든 성능분석 결과는 서로 다른 난수(seed) 값을 사용해 3번의 시뮬레이션을 수행한 평균값이다⁷⁾.

4.2 일반적인 환경에서의 결과

본 절에서는 사용자 폭주가 없는 일반적인 환경에서 두 시스템의 성능을 비교·분석한다.



(그림 7) 일반적인 환경에서의 성능비교

위 (그림 7)은 사용자 폭주가 없는 일반적인 환경에서 지그재그(ZigZag)와 균형선택(BS)의 성능을 보여준다. 결과에서 보듯이 두 시스템간의 업로드 링크 활용률은 90%대로 대체로 비슷하다. 하지만 연속성 지수와 전체 스트리밍 품질에 있어서는 지그재그(ZigZag) 방식이 균형선택(BS)보다 약간 우수한 것을 확인할 수 있다.

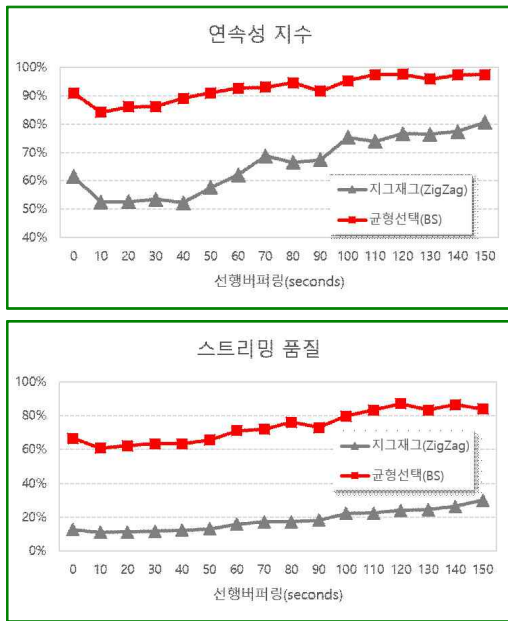
이와 같이 일반적인 환경에서 지그재그(ZigZag) 방식이 균형선택(BS)보다 성능이 약간 앞서는 이유는 다음과 같다. 앞서 설명했듯이 일반적인 환경에서는 시스템 자원이 비교적 충분하고, 각 사용자들이 서로 다른 시점에 시스템에 접속해 서로 다른 부분을 플레이하고 있을 확률이 높다. 따라서 각 사용자들이 순차선택을 하더라도 시스템 전체적으로는 패킷들의 다양성이 보장될 수 있다. 이러한 환경에서는 각 사용자들이 자신들의 연속성 지수와 스트리밍 품질을 높이기 위해 순차선택

7) 시뮬레이션을 3번만 수행한 이유는 각 시드별 편차가 매우 적었기 때문이다.

을 하는 것이 전체 시스템 성능에 미치는 영향이 적기 때문에 지그재그(ZigZag)와 같은 패킷선택 방식이 유리하다고 볼 수 있다.

4.3 사용자 폭주 환경에서의 결과

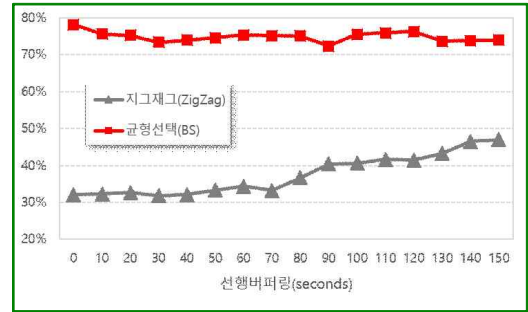
본 절에서는 사용자 폭주 환경에서 두 시스템의 성능을 비교·분석한다. 지휘관들과 용사들이 동일한 영상을 거의 동일한 시점에 공유해야 하는 군사작전의 특성을 고려할 때 군(軍) 내에서의 스트리밍은 대부분 사용자 폭주 환경이라 가정할 수 있다.



(그림 8) 사용자 폭주 환경에서의 성능

위 (그림 8)은 사용자 폭주 환경에서 지그재그(ZigZag)와 균형선택(BS)에 대한 연속성 지수와 스트리밍 품질을 보여준다. 결과에서 보듯이 일반적인 환경에서 매우 성능이 좋았던 지그재그(ZigZag) 방식의 경우 사용자 폭주 환경에서는 그 성능이 현저하게 저하되고 있음을 확인할 수 있다. 특히 스트리밍 품질의 경우 균형선택(BS) 방식과 비교했을 때 선행버퍼링(pre-buffering) 시간에 관계없이 거의 5배 이상의 품질 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 결과에서 보듯이 균형선택(BS) 방식은 지그재그(ZigZag) 방식과 달리 일반적인 환경

에서의 결과와 거의 차이가 발생하지 않을 정도로 안정적으로 동작하고 있음을 알 수 있다.



(그림 9) 사용자 폭주 환경에서 업로드 링크 활용률

위 (그림 9)는 사용자 폭주 환경에서 지그재그(ZigZag) 방식과 균형선택(BS) 방식에 업로드 링크 활용률을 보여준다. 이 결과에서 우리는 사용자 폭주 환경에서 순차선택 경향의 지그재그(ZigZag) 방식의 경우 균형선택(BS) 방식에 비해 업로드 링크 활용률이 현저하게 떨어지고 있음을 알 수 있다.

사용자 폭주 환경에서는 대부분의 사용자들이 거의 비슷한 부분을 플레이 하게 된다. 이러한 상황에서 지그재그(ZigZag) 방식과 같이 순차적인 패킷선택을 하게 되면 시스템 전체적으로 패킷의 다양성이 떨어지고, 따라서 사용자들끼리 패킷교환이 어려워지기 때문에 업로드 링크 활용률이 떨어진다. 따라서 전체 시스템의 성능이 저하될 수밖에 없다. 하지만 균형선택(BS) 방식과 같이 순차선택과 회소선택을 적절히 조합하면 시스템 내의 패킷 다양성 보장을 통해 시스템 성능을 향상시킬 수 있기 때문에 스트리밍 품질을 보장할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서 우리는 이기종(異機種) 통신장비 및 네트워크를 활용하고, 작전을 위해 필연적으로 사용자 폭주가 자주 발생하는 군(軍) 환경에서 효과적인 스트리밍을 보장할 수 있는 확장비디오코딩(SVC) 방식의 피투피(P2P) 스트리밍 기법을

제안하였다. 본 논문에서 제안한 균형선택(BS) 방식의 스트리밍 기법은 지그재그(ZigZag) 방식과 같은 기존의 단일 슬라이딩 윈도우 방식의 순차선택 스트리밍 기법들에 비해 사용자 폭주 환경에서도 비교적 잘 동작하는 것을 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있었다.

향후 우리는 균형선택(BS) 방식의 시스템 매개변수인 α 와 β 값을 고정 값이 아닌 시스템 적응변수로 놓고 다양한 환경에서 최적의 스트리밍 품질을 보장할 수 있는 확장비디오코딩(SVC) 방식의 피투피(P2P) 스트리밍 기법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 홍상진, 홍성백, 류호용, “인터넷에서 효과적인 비디오 전송 기술동향”, 전자통신동향분석, 27권 3호 (통권 135), 2012년 6월.
- [2] 시스코 코리아, ‘인터넷 트래픽 성장 전망치’, 시스코 비주얼 네트워킹 인덱스 보고서, <https://www.techsuda.com/archives/12528>, 2009년 1월.
- [3] 김인현, “드론의 공간 영상 정보 구축과 GIS 자료 수집 및 활용방안”, 부동산포커스 Special Edition, 95권, 2016년 4월.
- [4] 황두연, “육군, 수송·자폭·감시·정찰·제독 드론”, <http://www.uvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=533>, 2019년 5월.
- [5] 이근평, “지하 속 北 GP 검증, 특수카메라 동원됐다.”, <https://news.v.daum.net/v/20181213050100333?fm>, 2018년 12월.
- [6] 명현우, 김태근, 문현, “GOP 완전 경계작전을 위한 과학화 경계 시스템 정비능력 발전방안 고찰”, 국방과 기술 제 472호, 2018년 6월.
- [7] 이병학, 김종환, 신규용, 김동욱, 이원우, 김남혁, “가상현실 기반 실전적 정밀사격훈련 구현 연구”, 융합보안논문지, 제18권 제4호, 2018년 10월.
- [8] 박상준, 신규용, 김동욱, 김태호, 노효빈, 이원우, “증강현실 기반 지휘통제훈련 시뮬레이터 개발”, 융합보안논문지, 제18권 제5호, 2018년 12월.
- [9] 신규용, 이종덕, “확장비디오코딩을 활용한 사용자 맞춤형 피투피(P2P) 비디오 스트리밍”, 한국정보과학회 2014 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 2014년 6월.
- [10] Bram Cohen, “Incentives Build Robustness in BitTorrent”, In Proceeding of IPTPS, 2003.
- [11] Yan Ding, Jiangchuan Liu, Dan Wang, and Hongbo Jiang, “Peer-to-peer video-on-demand with scalable video coding”, Computer Communications, Volume 33, Issue 14, Sept. 2010.
- [12] Zhengye Liu, Yanming Shen, Keith W. Ross, Shivendra S. Panwar, and Yao Wang, “LayerP2P: Using Layered Video Chunks in P2P Live Streaming”, IEEE Transactions on Multimedia, Vol 11, No 7, Nov. 2009.
- [13] Zheng Wen, Kwan L. Yeung, and Zhibin Lei, “Data scheduling algorithm for layered P2P VoD streaming networks”, 2013 IEEE Global Communications Conference(GLOBECOM), Dec. 2013.
- [14] Parisa Rahimzadeh, Carlee Joe-Wong, Kyuyong Shin, Youngbin Im, Jongdeog Lee, Sangtae Ha, “SVC-TChain: Incentivizing good behavior in layered P2P video streaming”, IEEE Conference on Computer Communications(INFOCOM’17), May 2017.
- [15] Youmna BorgholSebastien, ArdonNiklas Carlsson, and Anirban Mahanti, “Toward Efficient On-Demand Streaming with BitTorrent”, Lecture Notes in Computer Science, vol 6091. Springer, 2010.
- [16] J. J. D. Mol, J. A. Pouwelse, M. Meulpolder, D. H. J. Epema, and H. J. Sips, “Give-to-Get: free-riding resilient video-on-demand in P2P systems”, Proc. SPIE 6818, Multimedia Computing and Networking 2008.
- [17] M. Izal, Guillaume Urvoy-Keller, Ernst W. Biersack, P. A. Felber, A. Al Hamra, and L. Garcés-Erice, “Dissecting BitTorrent: Five Months in a Torrent’s Lifetime”, Lecture Notes in Computer Science, vol 3015, 2005.

[저자소개]



신 규 용 (Kyuyong Shin)
1996년 3월 육군사관학교 학사
2000년 2월 한국과학기술원 석사
2009년 12월 (美)노스캐롤라이나
주립대학교(NCSU) 박사
2009년 12월 ~ 현재
육군사관학교 컴퓨터과학과 교수
email : kyshin@kma.ac.kr



김 경 민 (Kyoung Min Kim)
2003년 2월 육군사관학교 학사
2008년 8월 Auburn대 전산학 석사
2016년 12월 ~ 현재
육군사관학교 컴퓨터과학과 조교수
2018년 6월 ~ 현재 육군사관학교 사
이버전 연구센터 연구원
email : kimkyou@kma.ac.kr



이 종 관 (Jongkwan Lee)
2000년 3월 육군사관학교 학사
2004년 3월 한국과학기술원 석사
2014년 3월 아주대학교 박사
2017년 12월 ~ 현재
육군사관학교 컴퓨터과학과 조교수
email : jklee64@kma.ac.kr