

P2P 기반의 모바일 노드간의 전술 정보 공유 시스템

이 현^{*,1)}

¹⁾ 국방과학연구소 대지유도무기체계단

A P2P Based Tactical Information Sharing System for Mobile Nodes

Hyun Lee^{*,1)}

¹⁾ Surface to Surface Missile PMO, Agency for Defense Development, Korea

(Received 25 January 2014 / Revised 7 June 2014 / Accepted 11 July 2014)

ABSTRACT

In NCW(Network Centric Warfare) environment, mobile nodes communicate through wireless link. But wireless link provides limited networking performance due to signal interferences or mobility of nodes. So it is quite challenge to acquire enough networking resources and use the resources efficiently. In this paper, we have proposed a P2P based tactical information sharing system which provides satisfactory visual information playout for mobile nodes(i.e., military personnel, vehicle,..) in NCW environment. Our proposed system consists of two components. One is caching-enabled switch which stores tactical information segments at its internal storage and then transports them to mobile nodes when require. Another is centralized scheduling algorithm which exploits networking resources more efficiently. To validate performance of proposed system, we performed series of experiments in wireless network testbed. Results show improved performance in terms of segment-missing ratio, networking resources usage, sharing time, and number of simultaneous playout mobile nodes with acceptable playout continuity(i.e., over 95%).

Key Words : Peer-to-peer(피어-투-피어), Centralized Scheduling(중앙형 스케줄링), Mobile Node(모바일 노드), Network Centric Warfare(네트워크 중심전), Caching-enabled Switch(캐싱 지원 스위치)

1. 서론

최근 모바일 디바이스의 발전과 더불어 전장에서의

장병 또는 우리군의 전투장비에도 무선 통신이 가능한 기술들이 탑재되고 있다. 이를 통해 모바일 노드간에 실시간으로 전술 정보를 공유하고 이를 기반으로 전략을 수립 및 지휘 통제하는 NCW(Network Centric Warfare) 환경이 중요시 되고 있다. 최근 다수의 노드에게 정보의 분배를 위하여 사용되는 P2P(Peer-to-peer)

* Corresponding author, E-mail: hlee@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

네트워킹 시스템^[1]에서는 피어 노드가 자신의 업로딩 기능을 사용해 정보 데이터 세그먼트(이하 ‘세그먼트’)를 교환하는 연구^[2]가 활발하다. 이는 정보의 분배를 담당하는 서버 노드의 부하를 크게 줄임과 동시에 기존 서버/클라이언트 구조의 시스템에 비하여 높은 확장성을 제공하며, 특히 높은 비트레이트를 갖는 영상 정보를 요청하는 다수의 노드들에게 일정 수준의 재생율을 보장하기가 용이하다^[3,4]. P2P 서비스를 이용하는 각 노드는 영상 정보를 끊임없이 재생하기 위해 순차적이며 지속적으로 세그먼트를 수신해야 한다. 하지만 모든 노드들이 단순하게 순차적으로 세그먼트를 수신할 경우 주변 노드들과 중복된 세그먼트들을 보유할 확률이 증가되어 노드간 세그먼트 교환 빈도가 저하되므로 결과적으로 전체 시스템의 자원 활용도가 낮아진다. 이와 관련해 피어 노드의 원활한 영상 정보 재생을 위해 P2P 네트워킹의 구조^[5] 및 규모^[6] 등의 관점에서 네트워킹 자원을 활용하는 방법이 연구되었다. 따라서 P2P 네트워킹 시스템을 설계할 때 핵심적인 요소는 높은 시스템 자원 활용도를 유지하면서 재생시간에 맞춰 순차적인 세그먼트 수신을 조절하는 세그먼트 스케줄링이다. 또한 모바일 네트워크 환경은 유선 네트워크 환경과 비교할 때 주변 노드와의 간섭, 낮은 대역폭, 그리고 자유롭게 이동하는 노드들의 특성 때문에 한정된 네트워킹 자원을 제공한다. 이는 모바일 노드가 정보를 송수신할 수 있는 기회가 적고, 전송이 실패할 확률이 높다는 것을 나타낸다. 따라서 가용한 네트워킹 자원을 사용하여 주기적으로 세그먼트 전송 순서와 경로를 결정^[7]해야 한다. 이를 위하여 중앙형 스케줄러가 시스템 전체의 노드간 네트워킹 기회를 파악하여 모든 세그먼트 전송을 조절하는 기법에 대한 연구가 있었다^[8,9]. 하지만 [10]에서의 연구와 같이 피어 노드간의 대역폭 그리고 재생되는 정보의 종류에 영향을 받는 네트워킹 기회 자체가 부족하다면 세그먼트 전송이 지연되어 각 노드의 원활한 영상 정보 재생에 영향을 주게 되고, 요청된 세그먼트를 모두 처리했다라도 미사용된 네트워킹 기회가 많았다면 시스템 차원에서는 자원 활용도가 떨어진다. 따라서 보다 나은 세그먼트 전송 성능을 위해서는 노드간 네트워킹 기회를 충분히 확보함과 동시에 효율적으로 활용하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 향상된 세그먼트 전송 성능을 제공하는 P2P 기반의 전송 정보 공유 시스템에 관한 연구의 일환으로 충분히 네트워킹 기회를 확보함과 동

시에 이를 효율적으로 사용하도록 세그먼트 캐싱 능력을 갖는 스위치에 기반한 스케줄링을 제안한다. 제안된 시스템은 두 가지 특징으로 구성되는데, 첫째 특징은 추가적인 저장 자원의 투입, 즉 세그먼트 기반의 캐싱을 지원하는 네트워크 스위치(이하 ‘캐싱 스위치’)에 의한 네트워킹 기회의 증가이다^[11-13]. 이를 위해 네트워크상의 일부 스위치들이 제한된 크기의 내부 저장소를 갖는다고 가정한다. 둘째 특징은 시간에 따라 변동되는 네트워킹 기회를 최대도 활용하기 위한 중앙형 스케줄링 알고리즘이다. 제안된 알고리즘은 스케줄링 중 사용되지 않은 네트워킹 기회를 활용해 세그먼트를 미리 전송하여 네트워킹 자원의 활용도를 높이고, 네트워크 장애로 발생될 수 있는 P2P 시스템 내의 네트워킹 기회의 낭비를 완화하기 위해 피드백-컨트롤 개념^[14,15]을 적용하여 설계되었다.

2. 세그먼트 전송 성능 향상을 위한 접근방법

2.1 기존 P2P 기반의 세그먼트 공유 시스템

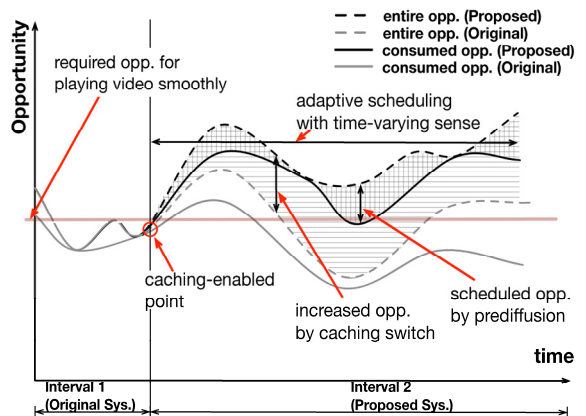


Fig. 1. Conceptual comparison of time-varying fluctuation and consumption of opportunity : original and proposed system

Fig. 1의 구간 1은 기존 시스템에서의 시간에 따른 네트워킹 기회의 변동을 개념적으로 보여준다. X축의 시간에 따라 Y축의 점선은 모바일 노드들이 요청한 세그먼트를 수신하기 위해 사용가능한, 실선은 실제 사용된 네트워킹 기회의 양을 나타낸다. 네트워킹 기회의 양은 노드의 이동성, 주변 노드와의 간섭, 원하

는 세그먼트의 일치를 포함하는 노드들의 상태에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 원활한 영상 정보 재생을 위한 세그먼트 수신을 위해서는 최소 이상의 네트워킹 기회를 확보해야 한다. 특히 주변 노드의 위치나 간섭 등의 물리적 제한의 경우 네트워킹 기회 확보를 위해 추가적인 자원을 투입할 필요가 있으며, 또한 스케줄링의 비효율성에 의해 확보된 네트워킹 기회의 일부를 사용하지 못하는 경우(즉, Fig. 1의 entire opp.와 consumed opp.의 차이) 이를 최대한으로 사용하는 스케줄링이 필요하다.

2.2 성능 향상을 위한 접근 방법

네트워킹 기회의 변동과 세그먼트 전송 성능의 관계를 바탕으로 본 논문에서는 저장 자원을 제공하는 특별한 피어 노드로서 캐싱 스위치를 도입하고, 기존의 연구들에서는 고려되지 않았던 미사용된 네트워킹 기회를 사용하는 스케줄링 알고리즘을 사용하여 그 활용도를 증가시킨다. Fig. 1의 구간 2는 제안된 시스템에서의 전체 네트워킹 기회의 변동과 활용 개념을 보여준다. 스위치의 세그먼트 캐싱의 활성화와 함께 전체 네트워킹 기회의 양이 증가된다. 이때 기존 시스템에서는 미사용된 네트워킹 기회가 사용되지 않았지만, 제안된 시스템에서는 이를 이용해 선택된 세그먼트를 미리 전송하여 자원 활용도를 높이고, 스케줄링 결과를 통하여 네트워크 장애상황을 판단하여 스케줄링 파라미터를 동적으로 변경하여 네트워킹 기회의 낭비를 완화시킨다.

3. 시스템 구조

3.1 시스템 개요

Fig. 2는 제안되는 시스템의 개요를 보여준다. 중앙형 스케줄러는 모든 타입의 노드(모바일 노드, 캐싱 스위치 노드)로부터 수집된 노드 정보와 연결성 지도를 기반으로 가용한 자원을 최대한 사용하는 관점에서 전체 세그먼트 전송을 스케줄링 한다. 세그먼트가 전송되는 경로상의 캐싱 스위치들은 자신을 통해 포워딩되는 세그먼트를 자신의 캐싱 정책에 따라 내부 저장소에 캐싱하고 모바일 노드의 요청시 캐싱된 세그먼트를 전송하게 된다. 모바일 노드들은 스케줄링에 따라 자신의 필요한 세그먼트를 주변 노드들로부터 기회주의적으로 수신한다.

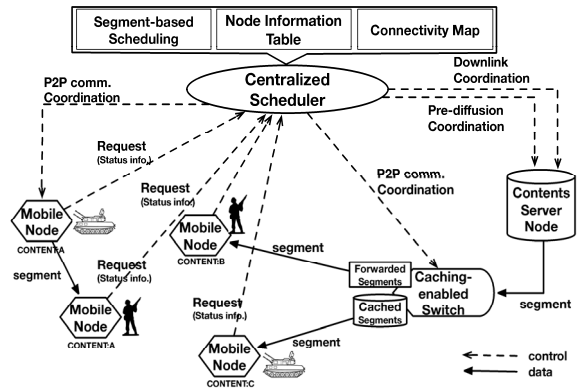


Fig. 2. Proposed system overview

3.2 인-네트워크 캐싱을 지원하는 네트워크 스위치

캐싱 스위치는 기본적인 네트워크 스위치 노드로 동작함과 동시에 다음과 같이 세그먼트 캐싱 기능을 수행하게 된다. 캐싱 스위치 내부의 패킷 구별기는 들어온 패킷이 세그먼트를 포함하는지, 스케줄러의 제어 메시지 또는 기타 패킷인지를 구별한다. 세그먼트의 경우 자신의 세그먼트 비트맵을 대조하여 최신의 세그먼트를 캐싱하고, 기보유한 세그먼트의 경우 캐싱을 하지 않는다. 요청된 세그먼트 정보를 담은 제어 메시지를 수신하게 되면 캐싱된 세그먼트를 요청한 모바일 노드로 전송하게 된다. 제어 메시지에는 세그먼트 번호 및 이를 요청한 모바일 노드의 위치 정보 등을 포함한다. 중앙형 스케줄링을 위하여 스케줄러는 정보 비트맵으로 구성된 캐싱 스위치의 세그먼트 캐싱 정보를 주기적으로 업데이트 한다. 캐싱 스위치는 자신이 재생중인 정보만을 제공할 수 있는 모바일 노드간의 P2P 전송과 비교하여 다수의 정보 세그먼트를 보유하고 이를 제공할 수 있다. 즉, 비교적 대용량의 저장공간과 재생중인 정보 종류에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 캐싱정책은 일반적으로 빠른 캐싱 및 교체를 지원하는 것으로 알려진 LRU(Least Recently Used)를 사용한다. 마지막으로 캐싱 스위치는 이동하는 모바일 노드와는 다르게 고정된 위치에서 지속적인 동작이 가능하다^[16]. 따라서 보다 안정되고 지속적인 피어 노드의 역할을 하여 P2P 시스템에서 자주 문제가 되는 피어 이탈 현상을 일부 완화시킬 수 있다. Fig. 3은 포워딩 모듈과 세그먼트 캐싱 모듈을 포함하는 캐싱 스위치의 설계구도를 나타낸다. 포워딩 모듈은 네트워크 인터페이스로 들어오는 패킷을 수신하고 패킷의 종류에 따라 포워딩을 결정한다. 캐싱 모듈은

포워딩 모듈의 패킷을 저장소에 캐싱하고 만일 모바일 노드가 요구하는 패킷과 일치하는 패킷이 캐쉬에 있다면 이를 모바일 노드로 포워딩한다.

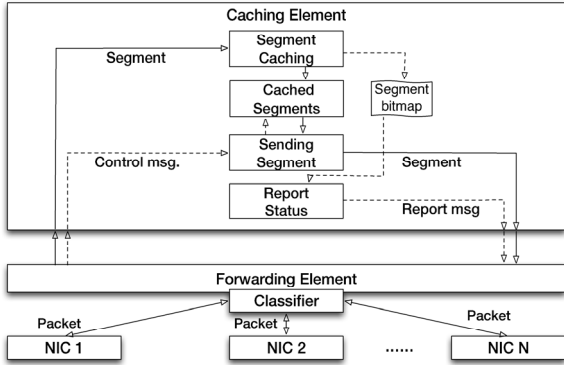


Fig. 3. Design of the caching-enabled switch

3.3 중앙형 스케줄링 알고리즘

중앙형 스케줄링은 지휘/통제센터의 스케줄러가 모바일 노드로부터 주기적으로 노드 주변에 대한 네트워크 상황에 대한 정보를 수집하고 이를 기반으로 스케줄링 주기마다 노드간의 정보 송수신을 조율하는 방법이다. 제안하는 스케줄링은 Fig. 4와 같이 두 개의 중첩된 루프로 구성된다. 내부 루프는 주기적으로 모바일 노드로부터 정보를 수집(A)하고 이 정보를 이용해 시스템 전체의 가용한 네트워크 자원(노드간 세그먼트 송수신 기회)를 계산(B)한 뒤 각 모바일 노드에게 네트워크 자원을 할당(C)하여 세그먼트를 송수신하도록 한다. 마지막 단계로 미사용된 네트워크 기

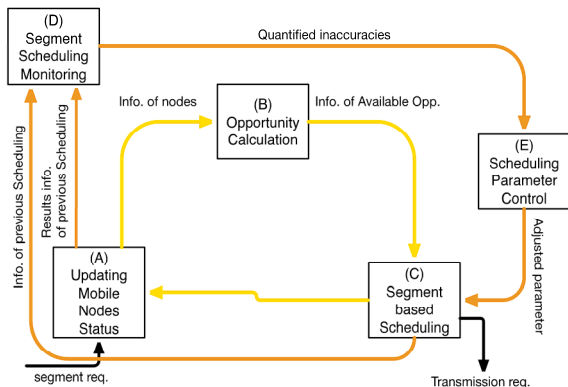
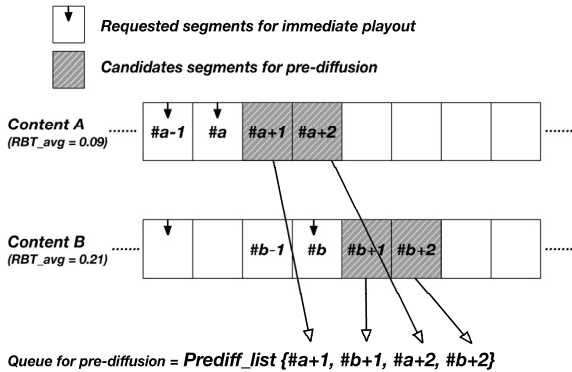


Fig. 4. Overlapped centralized scheduling loop with feedback control concept

회를 사용하여 이후 수요가 예상되는 세그먼트를 미리 전송하여 자원 활용을 최대화한다. 외부 루프는 내부 루프의 스케줄링 결과를 모니터링(D)하고 이를 기반으로 각 모바일 노드의 네트워크 장애 상황을 판단한다. 그 후 결과에 따라 내부 루프의 스케줄링 파라미터를 조절(E)하여 네트워크 자원의 낭비를 방지한다. 즉 내부 루프는 모바일 노드간 정보의 송수신을 반복적으로 스케줄링하며 외부 루프는 내부 루프가 효율적으로 동작하도록 보완하는 구도의 설계이다.

3.3.1 Pre-diffusion Scheduling

세그먼트를 미리 전송하기 앞서 스케줄러는 미사용된 자원의 양을 확인하고, 미리 전송할 후보 세그먼트를 선택해야 한다. 스케줄링 주기의 시작마다 스케줄러는 전체 사용가능한 네트워크 기회를 확인한 뒤 세그먼트 스케줄링시 네트워크 기회를 노드간 세그먼트 송수신에 할당할 때마다 네트워크 기회 정보를 갱신한다. 즉, 한 쌍의 노드가 세그먼트 송수신을 하도록 스케줄링 되면, 스케줄러는 영향을 받게 되는 두 노드를 중심으로 존재하는 네트워크 기회에 대해서 ‘Blocked’ 상태로 갱신한다. 모든 요청된 세그먼트에 대해 반복적인 스케줄링을 한 뒤 스케줄러는 미사용된 네트워크 기회에 대한 정보를 갖게 된다. 스케줄러는 미리 전송할 세그먼트를 선택하기 위해 노드들이 요청하는 세그먼트보다 뒤에 위치하고, 사용될 확률이 높은 세그먼트를 계산한다. Fig. 5는 후보 세그먼트를 선택하는 방법과 알고리즘 의사코드를 나타낸다. 노드들로부터 요청된 세그먼트들 중 정보별(Content a,b,...)로 가장 뒤의 세그먼트 번호 #a, #b,...의 다음 번호부터 후보 세그먼트로 선택된다[Line: 2-3]. 선택된 다수의 후보 세그먼트 중에서 저체 모바일 노드들 내부의 영상 정보 재생을 위한 세그먼트 버퍼에 평균적으로 적은 수로 남아있는 영상 정보의 세그먼트가 우선순위를 갖게 된다. 또한 다수의 네트워크 기회가 남는 경우를 대비하여 후보 세그먼트는 정보의 종류별로 a+1, a+2, b+1, b+2,...가 선택되고, 이들에 대한 정보가 PreDiff_list에 적재되는데 높은 우선순위를 갖는 정보의 세그먼트부터 번갈아 가며 적재된다.(즉, PreDiff_list = a+1, b+1, a+2, b+2,...)[Line: 8]. 만일 현재 노드로부터 요청된 세그먼트가 현재 PreDiff_list에 적재된 가장 낮은 번호를 갖는 세그먼트보다 높은 번호이면(즉, req_seq[Content]# > a+1) 새로운 세그먼트를 기준으로 PreDiff_list를 갱신한다[Line: 4-6].



```

Algorithm 1 Selection of candidate segments for pre-diffusion
1: doUpdatePrediff()
2: for Content do
3:   req_seg[Content] ← latestseg#ofContent
4:   if req_seg[Content] > Prediff_list[Content] then
5:     Prediff_list[Content] = req_seg[Content]
6:   end if
7: end for
8: doSortPrediffPrior(Prediff_list)
    
```

Fig. 5. Selecting candidate segments for pre-diffusion and pseudo code

3.3.2 Network-Adaptive Scheduling

Fig. 6은 외부 루프에서 수행되는 네트워크 장애 모니터링 방법을 나타낸다. 1번의 모니터링 동작은 최근 3번의 내부 루프의 결과를 분석한다. 이 내/외부 루프의 스케줄링 인터벌 관계는 순간적으로 발생할 수 있는 잘못된 모니터링 결과에 의해 전체 스케줄링의 흐름이 급격하게 비효율적으로 변동되는 것을 방지한다. 네트워크 장애의 판단은 모바일 노드가 세그먼트를 수신했을 때 세그먼트가 정상적으로 전송됨의 여부로 확인한다. 현재 모바일 노드로부터 요청된 세그먼트와 이전 스케줄링 결과를 비교하여 동일한 세그먼트를 요청했을 경우 이전 스케줄링에서 수행된 전송을 실패로 판단한다. 한번의 모니터링 구간(3번의 내부루프결과)에서 모두 전송이 실패한 경우 해당 모바일 노드 주변에 네트워크 장애가 있음을 판단하고 내부 루프 스케줄링 파라미터를 조절하게 된다. 동일한 방식으로 모든 모바일 노드에 대해 파라미터를 조절한다. 네트워크 장애가 판단된 모바일 노드의 경우 네트워크 자원 할당 비율을 낮추고, 발생하지 않는 경우 다시 정상적인 비율로 네트워크 자원을 할당하게

된다. 본 연구에서 사용된 자원할당 비율은 Table 1과 같다.

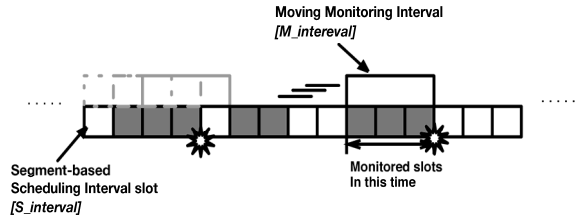


Fig. 6. Diagram of network failure monitoring method

Table 1. Network resource allocation rate

누적 송수신 실패 횟수	자원 할당 비율(기본:1)
≤ 0	1
$0 < 3$	0.8
$3 < 5$	0.6
$5 <$	0.4

Fig. 7은 조절된 할당 비율에 따른 내부 루프의 동작 예시를 나타낸다. 1~4번까지의 모바일 노드가 정보를 송수신할 때 1번 노드에 장애가 발생할 경우 할당 비율이 조절된 경우는 1번 노드를 스케줄링하지 않고 다른 노드가 네트워킹 자원을 할당 받도록 스케줄링하여 자원이 낭비되는 것을 완화시킨다. 적용되지 않는 경우에는 세그먼트 재전송을 위하여 1번 노드에 지속적으로 네트워킹 자원을 할당하기 때문에 지속적인 낭비가 발생하게 된다.

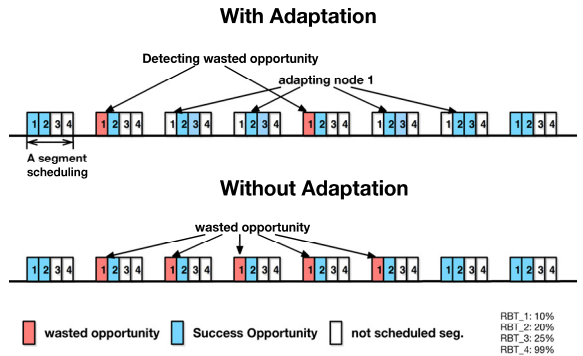


Fig. 7. Comparison diagram of inner loop operation with adaptation and non-adaptation

4. 실험적 결과

4.1 테스트베드 구현

실험적인 결과를 위하여 프로토타입 무선 네트워크 테스트베드를 구성하였다. Fig. 8과 같이 3개의 액세스 포인트(Access Point), 9개의 모바일 노드, 그리고 영상 전송 정보를 보유함과 동시에 중앙형 스케줄러 역할을 하는 서버로 구성된다. 서버는 워크스테이션급의 노드이며 모바일 노드는 VIA Eden 1.0Ghz CPU, 1GB 메모리, 기가비트(Gigabit) 네트워크 어댑터, 그리고 MadWiFi^[17]으로 동작하는 2개의 IEEE 802.11 Atheros 무선 네트워크 어댑터의 사양을 갖는다. 캐싱 스위치를 구현하기 위해 소프트웨어적인 프로그래밍을 이용해 스위치 기능을 구현할 수 있는 Click^[18]을 사용하였고, 400MB 크기의 내부 메모리 공간을 세그먼트 캐싱을 위해 할당하였다. 스케줄러와 영상 전송 정보를 보유한 서버는 하나의 노드에서 동작하는 어플리케이션으로 구현하였으며, 각 모바일 노드는 수신한 세그먼트를 영상 정보로 재조합하여 VLC(Video Lan Client)^[19] 어플리케이션으로 전달하여 재생하도록 구현하였다.

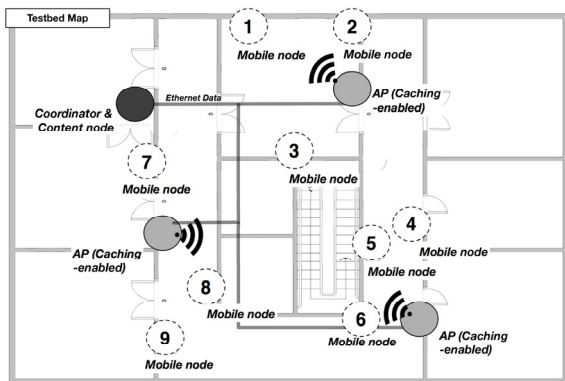


Fig. 8. An indoor wireless testbed for proposed system

4.2 실험 결과

향상된 세그먼트 전송 성능을 평가하기 위하여 연속된 실험을 무선 네트워크 테스트베드 상에서 진행하였고 제안된 방법의 적용 유무에 따라 세그먼트 미스 비율, 네트워크 자원 활용도, 영상 정보 재생의 지속성, 그리고 공유를 마치는데 걸리는 시간을 비교하였다. 각 항목은 10번의 반복된 실험의 평균값으로 나타내었다. 제안된 시스템이 적용된 경우 ‘Proposed Sys.’ 그리고 기존 시스템의 경우 ‘Original Sys.’로 표기 하였다.

4.2.1 Segment Missing Ratio

증가된 네트워킹 기회를 확인하기 위하여 세그먼트 미스 비율을 측정하였다. 세그먼트 미스 비율은 모바일 노드가 주변의 피어 노드로부터 세그먼트 수신에 실패한 횟수를 전체 세그먼트 수신 횟수로 나누어 계산되었다. 높은 세그먼트 미스 비율은 각 모바일 노드를 위한 네트워킹 자원의 양의 부족을 의미한다. Fig. 9는 6대의 모바일 노드가 동일한 전송 영상 정보를 재생할 때 그 중 하나의 모바일 노드의 세그먼트 미스 비율을 나타낸다. 제안된 시스템이 적용되었을 때 더 낮은 세그먼트 미스 비율을 보인다. 기존의 시스템의 경우 20% 이상의 비율을 보인것과 달리 제안된 시스템은 10% 미만의 비율을 보여준다. 모바일 노드의 수의 변화에 따른 세그먼트 미스율의 변화는 Fig. 12에서 확인할 수 있다.

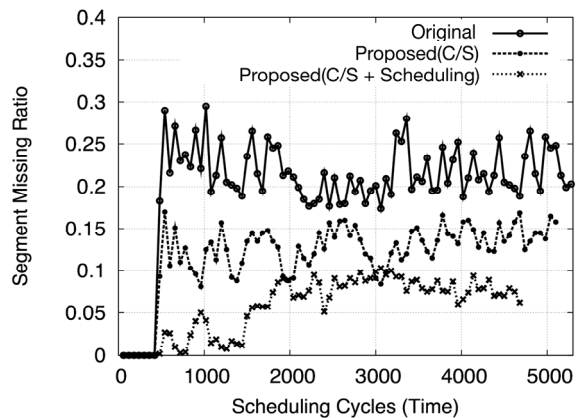


Fig. 9. The segment missing ratio of proposed sys. against original sys. with 6 mobile nodes

4.2.2 Opportunity Usage

제안된 시스템이 네트워킹 자원을 얼마나 잘 활용하는지 확인하기 위하여 전체 네트워킹 기회 중 어느 정도의 네트워킹 기회가 실제로 사용되었는지를 측정하였다. 6대의 모바일 노드가 동일한 영상 전송 정보를 재생중인 경우 스케줄러에서 실시간으로 계산되는 정보를 확인하였다. Fig. 10은 캐싱 스위치만 적용된 경우 기존의 시스템과 큰 차이를 보이지 않는 것에 반해 제안된 스케줄링을 적용한 경우 최대 거의 두배에 가까운 활용도를 확인할 수 있다. 이는 변동되는 네트워킹 기회 자원의 활용 측면에서 스케줄링이 이를 고려하는 것에 대한 중요성을 나타낸다. Fig. 12에

서 또한 모바일 노드 수의 변화에 따른 자원 활용도의 변화를 확인할 수 있다. Fig. 11은 네트워크 적응적인 스케줄링 즉, 스케줄링 알고리즘의 외부루프 적용에 따른 네트워킹 기회 자원의 활용도를 나타내는데 네트워크 장애가 발생하는 900~1800 스케줄링 주기 구간에서 제안된 스케줄링이 적용된 경우 최대 10% 향상된 자원 활용도를 확인할 수 있다.

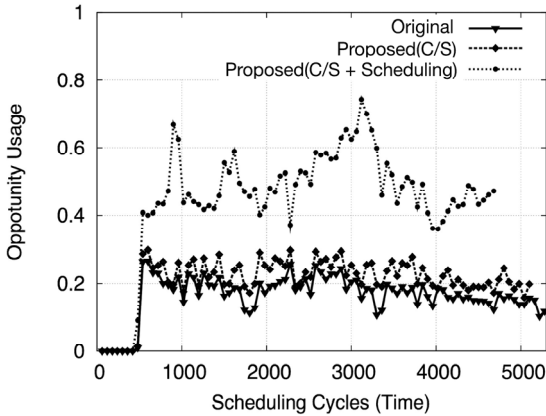


Fig. 10. The opportunity usage of proposed sys. against original sys. with 6 mobile nodes

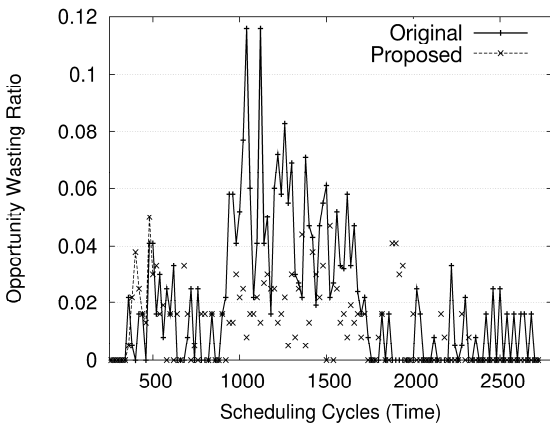


Fig. 11. The opportunity wasting ratio of proposed sys. against original sys

4.2.3 Playout Continuity Index(PCI)

실제적으로 제안된 시스템의 확장성을 확인하기 위해 PCI 지수를 측정하였다. PCI 는 모바일 노드의 영상 정보 재생의 지속성을 나타내며 식 (1)과 같이 정의된다.

$$PCI = 1 - \frac{T_{\text{pause}}}{T_{\text{playout}}} \quad (1)$$

T_{pause} 는 사용자가 경험하는 영상의 총 정지시간 그리고 T_{playout} 은 총 영상의 재생시간이다. 높은 PCI 값은 짧은 정지시간을 나타내며 재생 지속성이 좋다는 것을 의미한다. 일반적으로 영상 정보 재생을 위해서는 0.95 이상의 값이 허용할 수 있는 값이다^[1]. Fig. 13은 모바일 노드 수의 증가에 따른 PCI 값을 나타낸다. 기존의 시스템과 비교하여 제안된 시스템은 동시에 보다 많은 수의 모바일 노드를 0.95 이상의 PCI 값을 유지하면서 영상 전송 정보 공유를 지원할 수 있다.

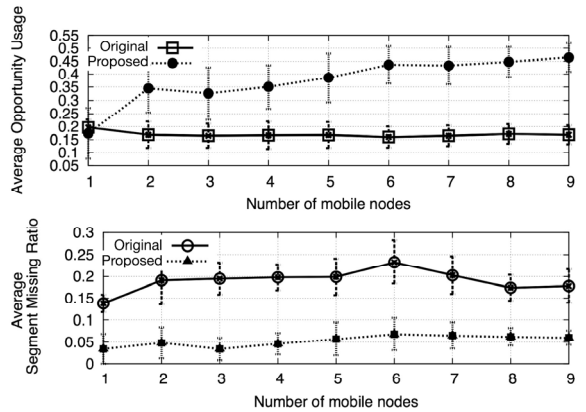


Fig. 12. Comparison of the opportunity usage and the segment missing ratio with varying number of mobile nodes

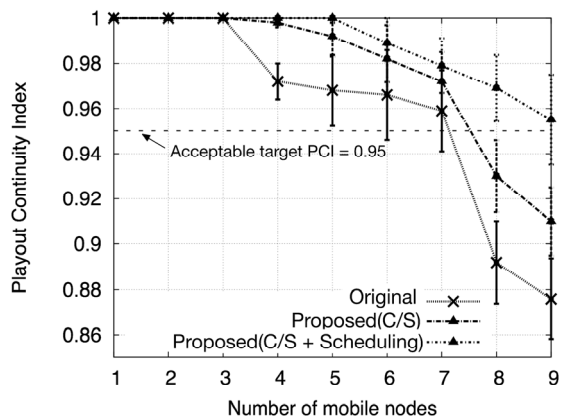


Fig. 13. PCI performance comparison with the varying number of mobile nodes. 0.95 is regarded as an acceptable target performance

4.2.4 Distribution Time

제안된 시스템이 제공하는 영상 전송 정보 전송 성능 평가를 위하여, 동시에 정보를 시청하는 모바일 노드의 수를 변화시키면서 노드들이 재생하는 영상 정보의 전체 세그먼트를 수신하는데 걸리는 시간을 측정하였다. Fig. 14에서 제안된 시스템의 경우 기존 시스템에 비해 최대 50초, 평균 20초 가량 단축된 전송 시간을 보인다. 모바일 노드가 1대인 경우에는 세그먼트를 수신하는 노드가 유일하기 때문에 재전송의 경우를 제외하고 캐싱된 세그먼트를 전송하지 않아 캐싱 스위치에 의한 성능 차이를 보이지 않는다. 또한 Fig. 15에서 보듯이 네트워크 적응적인 스케줄링의 적

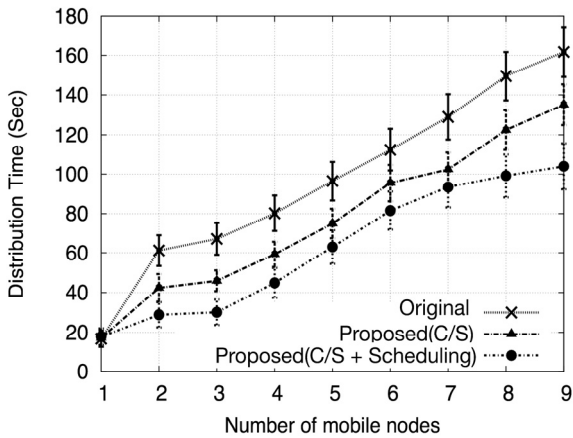


Fig. 14. Distribution time comparison with varying the number of mobile nodes

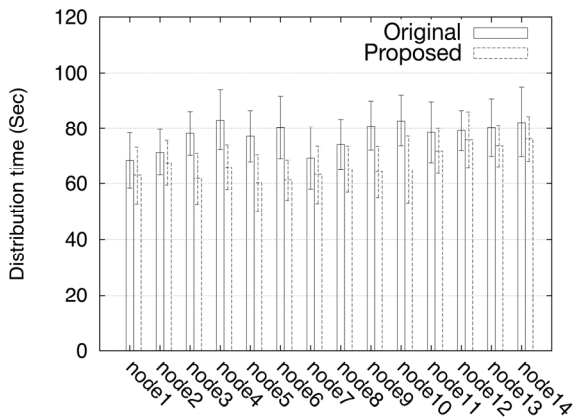


Fig. 15. Distribution time comparison with varying the number of mobile nodes

용 유/무에 따라 각 모바일 노드가 세그먼트 수신을 완료하는데 걸린 시간이 최대 20초 이상 단축된 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 제안된 시스템은 동일한 시간내에 더 많은 모바일 노드를 지원하여 기존 시스템에 비해 향상된 세그먼트 전송 성능을 갖는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 모바일 노드간의 전송 영상 정보 공유를 위한 향상된 P2P 기반의 전송 정보 공유 성능을 제공하는 시스템에 대한 연구의 일환으로서 캐싱 스위치의 도입과 이에 기반한 향상된 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제안 방법은 캐싱 스위치를 통해 기존의 시스템에 비해 세그먼트를 송수신할 수 있는 네트워크 기회를 증가시키고, 향상된 스케줄링을 통해 확보한 네트워크 기회를 최대한 활용하기 위해 미사용된 네트워크 기회 자원을 이용한다. 또한 피드백 컨트롤 개념을 적용하여 네트워크 장애상황에서 자원의 낭비를 완화시킨다. 테스트베드상의 실험을 통하여 제안된 시스템이 제공하는 낮아진 세그먼트 미스 비율과 높아진 자원 활용도를 확인하였고, 결과적으로 전체 정보 공유 시간을 단축시켜 더 많은 모바일 노드를 지원할 수 있음을 검증하였다. 제안된 시스템은 모바일 노드간의 전송 정보 공유가 중요시 되는 NCW 상황에서 시스템 구조 및 지휘/통제 알고리즘에 적용되어 보다 효율적인 전송 정보 공유를 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] PPLive. [Online]. Available : <http://www.pplive.org>
- [2] X. Zhang, J. Liu, B. Li, and Y.-S. Yum, "Coolstreaming/DONet : A Data-driven Overlay Network for Peer-to-peer Live Media Streaming," in Proc. of IEEE INFOCOM, Mar. 2005.
- [3] D. Kostic^c, A. Rodriguez, J. Albrecht, and A. Vahdat, "Bullet : High Bandwidth Data Dissemination using an Overlay Mesh," in Proc. of ACM SIGOPS Oper. Syst. Rev., Dec. 2003.
- [4] V. Padmanabhan, H. Wang, and P. Chou, "Resilient

- Peer-to-peer Streaming,” in Proc. of IEEE Network Protocols, Nov. 2003.
- [5] N. Magharei, R. Rejaie, and Y. Guo, “Mesh or Multiple-tree : A Comparative Study of Live P2P Streaming Approaches,” in Proc. of IEEE INFOCOM, May. 2007.
- [6] R. Kumar, Y. Liu, and K. Ross, “Stochastic Fluid Theory for P2P Streaming Systems,” in Proc. of IEEE INFOCOM, May 2007.
- [7] S. Annapureddy, C. Gkantsidis, and P. Rodriguez, “Providing Video-on-demand using Peer-to-peer Networks,” in Proc. of IPTV Workshop on WWW, May 2006.
- [8] H. Yoon, J. Kim, F. Tan, and R. Hsieh, “On-demand Video Streaming in Mobile Opportunistic Networks,” in Proc. of IEEE PerCoM, Mar. 2008.
- [9] H. Yoon, J. Kim, and R. Hsieh, “Opportunistic Video-on-demand in Mobile Network,” in Demonstration Session of ACM MOBICOM, Sep. 2007.
- [10] N. Magharei and R. Rejaie, “PRIME: Peer-to-peer Receiver-driven Mesh-based Streaming,” IEEE/ACM Trans. Netw., Vol. 17, No. 4, pp. 1052-1065, Aug. 2009.
- [11] Y. Zhu, H. Liu, Y. Guo, and W. Zeng, “Network Assisted Media Streaming in Multi-hop Wireless Networks,” in Proc. of IEEE ICCCN, Aug. 2011.
- [12] E. Tan, L. Guo, S. Chen, and X. Zhang, “SCAP: Smart Caching in Wireless Access Points to Improve P2P Streaming,” in Proc. of IEEE ICDCS, Jun. 2007.
- [13] H. Lee, J. Yoo, and J. Kim, “MOVi+ : Improving the Scalability of Mobile Opportunistic Video-on-demand,” in Proc. of IEEE SECON, Jun. 2012.
- [14] K. B. Kim, “Design of Feedback Controls Supporting Tcp Based on the State-space Approach,” Automatic Control, IEEE Transactions on, Vol. 51, No. 7, pp. 1086-1099, 2006.
- [15] J.-Y. Yoo and J. Kim, “Virtual-pressure Scheduling in IEEE 802.11 Wireless Mesh Networks,” Communications Letters, IEEE, Vol. 16, No. 6, pp. 846-849, 2012.
- [16] F. Wang, J. Liu, and Y. Xiong, “Stable Peers: Existence, Importance, and Application in Peer-to-peer Live Video Streaming,” in Proc. of IEEE INFOCOM, Apr. 2008.
- [17] MADWiFi. [Online]. Available : <http://www.madwifi.Org>
- [18] E. Kohler, R. Morris, B. Chen, J. Jannotti, and M. F. Kaashoek, “The Click Modular Router,” ACM Trans. Comput. Syst., Vol. 18, No. 3, pp. 263-297, Aug. 2000.
- [19] Videolan Client. [Online]. Available : <http://www.videolan.org>