

DVR 시스템의 녹화 데이터 검색 성능 향상을 위한 파일 포맷에 관한 연구

이현석¹, 김효곤²

¹고려대학교 디지털정보미디어공학과

²고려대학교 컴퓨터공학과

¹raymond@hanafos.com, ²hyogon@korea.ac.kr

A study on the file format for the recording data search efficiency improvement of DVR systems

Hyun-Suk Lee¹, Hyo-Gon Kim²

¹Department of Digital Information and Media Engineering, Korea University

²Department of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

영상보안 시장은 DVR(Digital Video Recorder)을 중심으로 아날로그 시스템을 디지털로 빠르게 대체하며 네트워크를 이용한 고화질 시장으로 발전을 거듭하고 있다. DVR의 핵심적인 기능인 녹화, 검색 기능은 시스템에서 상대적으로 속도가 느린 디스크 자원의 의존도가 높은 기능으로 성능에 직접적인 영향을 미치는 녹화 파일 포맷이 최적화 되지 않을 경우 심각한 성능 문제를 일으킬 수 있다.

본 논문에서는 인덱스를 이용하여 고속 탐색 및 재생 성능을 유지하면서 비디오와 오디오 데이터 외에도 다양한 형태의 이벤트 데이터를 수용하여 DVR의 녹화와 검색 기능의 실제 운용 환경에 적합한 AMS (Advanced Multi-channel Streaming) 파일 포맷을 설계하고 최근 DVR 전용 파일 포맷으로 제안된 ESP 파일 포맷과의 비교 실험을 통하여 기능 및 성능이 향상되었음을 확인 하였다.

1. 서 론

현대 사회는 발전을 거듭하여 네트워크를 통한 초고속 정보화 사회를 지향하고 있다. 이러한 추세에 맞추어 영상 보안 시스템 또한 기존의 아날로그 시스템에서 데이터의 보관, 이동이 수월한 디지털 기반 시스템으로 발전하고 있으며 독립적으로 운영되던 소규모 시스템에서 CMS (Central Monitoring system) 기반의 통합 운영, 감시 시스템으로 확대되어 가고 있다. 기술적 측면에서도 기존 CCTV 시스템 관리의 한계점을 극복하고 운영 비용을 줄이기 위한 인식기술, 데이터 압축기술, 자동화, 네트워크 전송기술 등 다양한 분야의 기술이 활발하게 연구 되고 있으며 이러한 영상보안 기술 발전의 중심에 DVR (Digital Video Recording)이 있다.

DVR은 VCR을 대체하는 PC기반 DVR, 차량용 DVR, 휴대용 PVR (Personal DVR), 네트워크 기반의 NVR (Network DVR), Embedded 기반의 Stand-alone DVR, Analog/Digital 전송 매체가 융합된 Hybrid DVR 시스템 등으로 다양화되고 있으며 이러한 “DVR의 가장 핵심적인 기능은 실시간 감시상황을 녹화하는 기능과 녹화된 데이터를 검색하는 기능이라고 할 수 있다.”^[1]

DVR의 녹화 기능은 카메라로부터 전송된 영상을 MJPEG, MPEG, H.264, 등의 Codec을 이용하여 압축한

후 파일 형태로 저장 매체에 기록하는 작업을 수행하며 매체 용량의 한계를 극복하기 위해 Over-writing 및 Motion detection (MD), Audio detection (AD), Sensor 등을 이용한 이벤트 녹화를 지원하고 검색 및 백업을 위한 다양한 정보와 녹화 방식을 제공해야 한다.

검색기능은 저장 매체에 녹화된 영상 데이터의 탐색 및 재생을 통하여 원하는 영상을 찾을 수 있도록 하는 기능이다. 탐색을 위해서는 녹화 데이터의 시간 분포를 표출하는 인터페이스를 통하여 임의의 시간으로 빠르게 이동 하는 작업을 반복해야 하며 재생을 위해서는 전/후방 재생, 배속재생, 일시 정지, 프레임단위 이동 등 다양한 기능을 제공해야 한다.

이와 같이 DVR의 녹화와 검색 기능은 컴퓨터 시스템에서 상대적으로 속도가 느린 디스크 자원의 의존도가 높은 기능으로서 녹화 데이터의 저장 파일 포맷은 DVR을 구현하는데 있어서 매우 중요한 요소이며 파일 포맷이 최적화 되지 않을 경우 DVR의 성능 저하에 직접적인 영향을 미칠 수 있다.

본 논문에서는 DVR에서 요구되는 녹화 파일 포맷의 성능 및 기능을 분석하고 기존의 파일 포맷에서 고려되지 않았던 DVR의 특성을 검토하여 실제 운용 환경에 적합한 AMS (Advanced Multi-channel Streaming) 파일 포맷에 관하여 연구한다.

2. 관련 연구

동영상을 매체에 저장하기 위해 다양한 형태의 범용 파일 포맷이 사용되고 있지만 가변 프레임 간격의 지원, 영상의 크기, 압축률, 키 프레임 간격^[2] 등의 상시 변경과 같은 DVR에서 요구되는 상황을 반영하기에는 기술적으로 한계가 있으며 이를 극복하기 위해 최근 DVR 전용 파일 포맷이 제안되고 있지만 빠르게 변화와 발전을 거듭하는 DVR의 환경을 반영하기에는 여전히 한계가 있다. 관련 연구에서는 최근 DVR 전용 파일 포맷으로 제안된 ESP 파일 포맷^[1]의 검토를 통하여 기술적인 한계점을 분석하고 DVR에 적합한 파일 포맷에 관련된 연구의 접근방법을 살펴본다.

2.1 DVR의 녹화, 검색 환경

- 다채널 데이터 저장

DVR 파일 포맷은 서로 다른 형태의 다채널 비디오와 오디오 데이터를 저장하고 재생을 위하여 비디오와 오디오 데이터간 참조 정보를 기록할 수 있어야 한다.

- 이벤트 및 부가 정보의 저장

녹화 시 발생하는 이벤트 정보와 부가 정보를 사용자가 정의하여 파일에 함께 저장할 수 있어야 한다.

- 녹화중인 파일의 재생

하나의 파일에 데이터를 저장하는 녹화 지속 시간이 길어질 경우 빠른 검색을 지원하기 위해서는 녹화 중인 파일을 재생할 수 있어야 한다.

- 가변 프레임 간격 지원

이벤트 녹화와 같이 프레임 간격이 일정하지 않은 녹화방식을 지원하기 위해서는 가변 키 프레임 간격을 지원해야 하며 FPS에 의존적이지 않아야 한다.

- 파일간의 연속성 지원

데이터의 안정성, 로딩시간, 다수의 저장 매체 사용, Over-writing 지원 등을 고려하여 시간 또는 용량을 기준으로 파일을 분할하여 저장해야 하며 재생을 위해서는 녹화 시 파일의 재생 순서를 기록할 수 있어야 한다.

- 비정상 파일의 재생 및 복구 지원

보안 시스템의 특성상 전원 공급이 중단될 경우가 발생하며 이때 비정상 종료로 인하여 재생 정보가 기록되지 않아도 파일의 재생이나 복구가 가능해야 한다.

- 가변 영상 사이즈 지원

이벤트 발생 상황에 따라 녹화 중 주요 영상의 해상도를 높이거나 낮추는 등 가변적인 소스 데이터의 상태를 파일 포맷에 반영할 수 있어야 한다.

2.2 ESP 파일 포맷

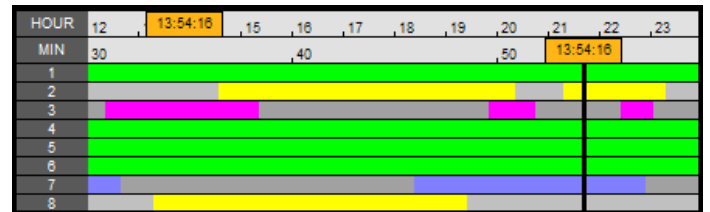
2009년 발표된 파일 포맷으로 AVI 파일 포맷의 단점을 보완하여 DVR시스템 전용으로 설계된 파일 포맷이다.^[1] AVI에 비하여 많은 부분이 개선되었지만 아직도 산업계에서 요구하는 다양한 기능과 고성능에 대응하기에는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 녹화 환경 대응 부족

특정 채널의 이벤트 발생 간격이 클 경우 녹화 프레임 간의 간격 또한 매우 멀어지게 된다. 이러한 경우 이벤트 시작 시점의 프레임을 키 프레임부터 다시 시작되도록 설정해야 하는데 ESP 파일 포맷은 파일 앞부분 ESP_STREAM^[1] 패킷에 GOP 사이즈를 기록하게 되어 있어 가변적인 키 프레임 간격 변화에 대응할 수 없다.

- 녹화 데이터의 시간 분포 정보 추출 불가

보편적으로 표현 형식은 다르더라도 어떠한 형태로든 검색을 위해서는 (그림1)과 같이 파일내의 녹화 데이터의 시간 분포도를 표현하기 위한 정보가 필요하다.



(그림 1) Search graph

ESP 파일 포맷은 인덱스 정보를 가지고 있지 않기 때문에 파일내의 모든 데이터를 읽어야만 녹화 데이터의 시간 분포 정보를 추출할 수 있지만 빠른 탐색 시간을 요구하는 DVR의 검색 기능에서 현실적으로 불가능한 작업이라 할 수 있다.

- 임의 탐색 성능 저하

키 프레임 간격이 크고 모든 채널이 동일한 시간 동안 일정하게 녹화된 경우를 제외하고는 일부 채널의 녹화 중지, 이벤트에 의한 녹화 등 어떠한 원인으로 파일내에 위치한 데이터의 시간적 분포가 고르지 못할 경우 예측에 의한 초기 탐색 위치 선정은 정확도가 낮으며 임의 탐색 성능이 크게 저하된다.

- 다채널 환경에서의 재생 성능 저하

ESP 파일 포맷은 청크^[1] 단위로 파일을 읽어서 재생하도록 설계 되어 있으나 파일을 읽기 전에 프레임의 위치를 알 수 없기 때문에 재생 채널의 여부와 관계 없이 모든 데이터를 읽어야 하는 문제점을 안고 있다. 중대형 Network DVR의 경우 100채널 이상을 저장하고 검색을 목적으로 하는 일부 채널을 재생하는 현실을 감안하면 많은 채널을 저장하는 시스템에는 부적합하다.

3. AMS 파일 포맷의 설계

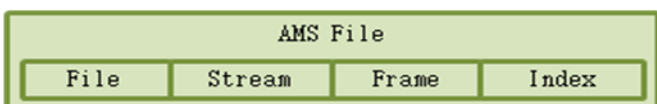
3.1 AMS 파일 포맷의 특징

- 다중 파일 연결 구조
헤더에 File ID를 기록하고 있어서 녹화도중 파일을 분할 할 경우 하나의 파일 재생이 끝나면 연속된 다음 파일을 찾기 위한 별도의 인덱스를 관리할 필요가 없고 중간 파일의 손실 여부를 확인 할 수 있다.
- 프레임별 타임스탬프
AMS 파일 포맷은 기본적으로 인덱스를 갖도록 설계 되었으나 각 프레임에 타임 스탬프를 두어 녹화 중인 파일 또는 비정상 종료로 인하여 인덱스가 기록되지 않은 파일도 재생 및 복구가 가능하도록 하였다.
- 프레임별 키 프레임, 이전 프레임 정보
각 프레임마다 키 프레임 위치와 이전 프레임 정보를 가지고 있어 인덱스 없이도 후방 재생 및 I-Frame referencing 압축 데이터의 후방 순차 재생이 가능하다.
- 계층 구조 인덱스 데이터
파일의 마지막 부분에 다 계층 인덱스 데이터를 두어서 파일 내용을 분석 하지 않아도 인덱스를 이용한 녹화 데이터의 시간 분포도 추출이 용이하고 파일 탐색 없이 목표 프레임에 직접 접근이 가능하여 일부 채널 검색, 부분 탐색, Frame skipping 등이 용이하며 임의 탐색 속도를 범용 파일 포맷 수준으로 유지할 수 있다.

- 가변 블록 사이즈
블록 사이즈를 규정 하지 않고 I/O 성능의 최적화는 저장 및 검색을 수행하는 응용프로그램 영역에 맞기므로 시스템에 의존적이지 않으며 블록 사이즈에 의한 불필요한 데이터 분할이 일어나지 않도록 하였다.

3.2 AMS 파일 포맷의 기본 구조

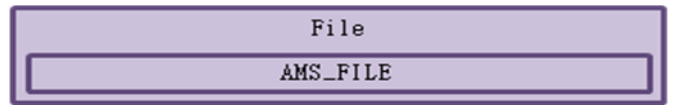
AMS 파일 포맷은 (그림2)와 같이 File, Stream, Frame, Index라는 4개의 영역으로 구성 된다. 처음 부분에는 파일의 전체적인 구성 정보를 담고 있는 File 영역이 위치하고 다음으로 다채널 스트림 정보가 기록되어 있는 Stream 영역이 위치하며 그 뒤에는 개별 프레임 데이터들이 기록되어 있는 Frame영역이 위치하고 있다. 마지막 부분은 Index 영역으로 DVR 시스템의 특성에 따른 다양한 형태의 프로그램 응용이 가능 하도록 설계된 다 계층의 색인 정보를 담고 있다.



(그림 2) AMS file format

3.2.1 File

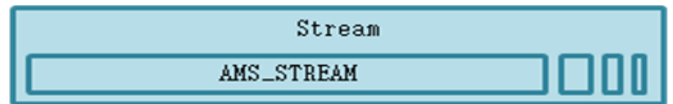
File영역은 (그림3)과 같이 파일의 전반적인 헤더 정보를 가지고 있는AMS_FILE 패킷을 담고 있다.



(그림 3) File division

3.2.2 Stream

Stream 영역은 (그림 4)와 같이 AMS_STREAM 패킷이 저장중인 모든 스트림의 개수만큼 들어 있다. AMS_STREAM 패킷은 고정크기 이며 AMS_FILE 패킷에는 이후에 오는 AMS_STREAM 패킷의 개수가 기록 되어 있기 때문에 모든 AMS_STREAM 패킷을 한번에 메모리에 읽어 들일 수 있도록 설계 하였다.



(그림 4) Stream division

3.2.3 Frame

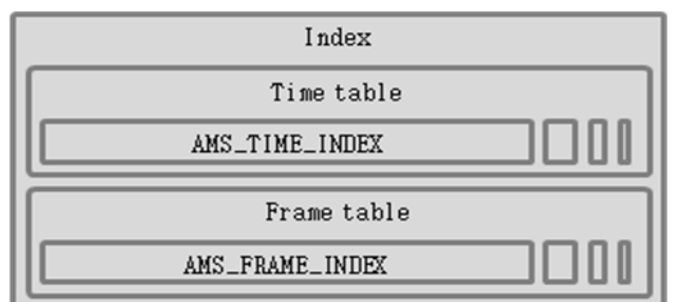
Frame 영역은 (그림 5)와 같이 동일 스트림의 프레임간 연결 정보를 담고 있는 AMS_FRAME_HEADER 패킷과 프레임 데이터의 정보와 프레임 데이터를 담고 있는 AMS_FRAME_DATA 패킷으로 구성되며 두 패킷은 항상 쌍을 이루어 스트림 종류에 관계 없이 시간 순서에 따라 반복되어 기록 된다.



(그림 5) Frame division

3.2.4 Index

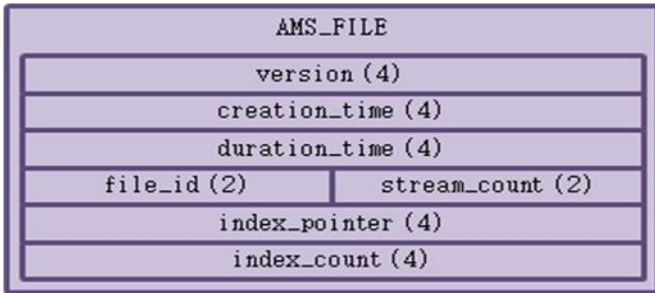
Index 영역은 (그림 6)과 같이 Time table과 Frame table로 구성되며 Time table은 AMS_TIME_INDEX 패킷이 녹화가 지속되는 시간 동안 1초마다 생성되어 매 초의 첫 번째 AMS_FRAME_INDEX 패킷의 번호가 기록되고 Frame table은 매핑된 프레임 데이터의 정보를 가진 AMS_FRAME_INDEX 패킷이 프레임 데이터의 개수만큼 기록 된다.



(그림 6) Index window

3.3 AMS 파일 포맷의 상세 구조

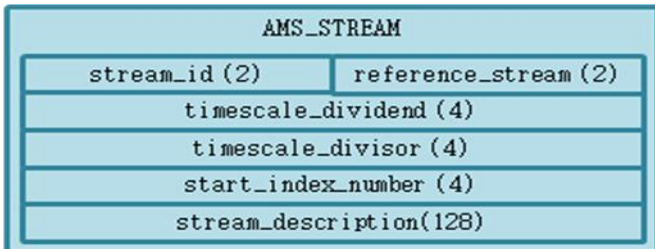
3.3.1 AMS_FILE



(그림 7) AMS_FILE PACKET

- version: 파일 포맷의 버전.
- creation_time: 파일 생성 시간. 2000년 1월 1일 0시 0분 0초 기준 (단위:초)
- duration_time: 파일의 녹화 지속 시간. (단위:초)
- file_id: 연속된 파일의 순서번호. 연속된 파일의 연결 구조를 기록 한다. 1~65535 사이의 값을 순차 반복 하여 기록하며 0은 독립된 파일을 의미한다.
- stream_count: 현재 녹화중인 스트림의 개수.
- index_pointer: 인덱스의 시작 위치.
- index_count: AMS_FRAME_INDEX 패킷의 개수.

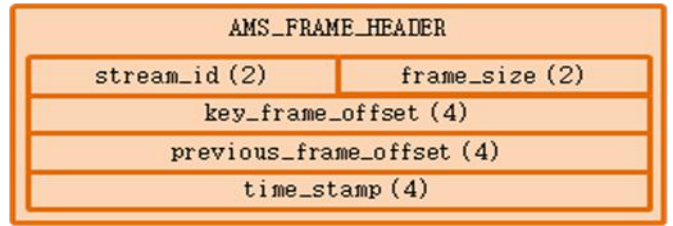
3.3.2 AMS_STREAM



(그림 8) AMS_STREAM PACKET

- stream_id: 스트림 ID. 스트림 타입(4bit)과 스트림 번호. (12bit)로 구성되어 있다. 타입 1은 비디오, 타입 2는 오디오, 타입 4는 이벤트, 타입 8은 사용자 설정에 할당되어 있다.
- reference_stream: 참조 스트림의 번호. 비디오와 동기화되는 오디오의 스트림 번호를 기록 한다.
- timescale_dividend^[1]: 프레임이 표시되는 시간을 구하기 위해 타임스탬프에 곱해지는 값. (단위: 마이크로 초)
- timescale_divisor^[1]: 프레임이 표시되는 시간을 구하기 위해 타임스탬프를 나누는 값. (단위: 마이크로 초)
- start_index_number: 현재 스트림에 속하는 첫 번째 프레임을 가리키는 AMS_FRAME_INDEX 패킷의 번호.
- stream_description: 스트림의 부가정보.

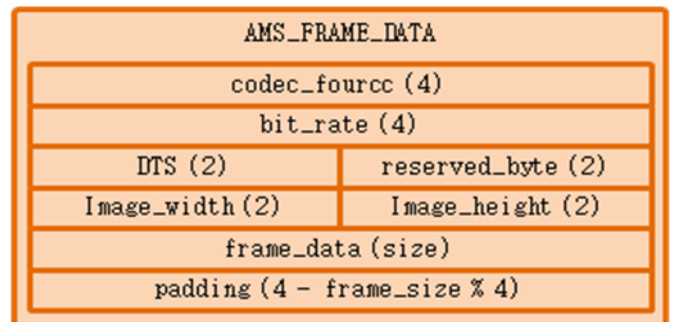
3.3.3 AMS_FRAME_HEADER



(그림 9) AMS_FRAME_HEADER PACKET

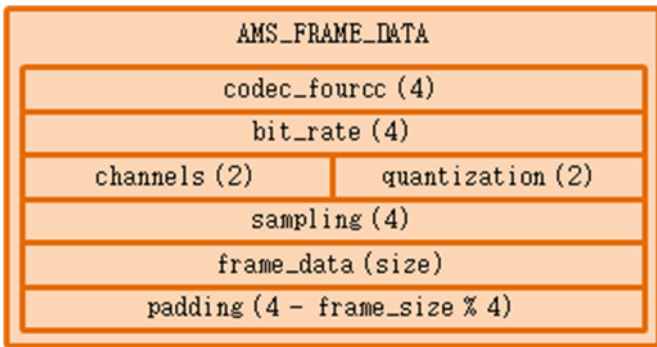
- stream_id: 현재 프레임이 속하는 스트림의 ID
- frame_size: 현재 프레임의 frame_data 크기. frame_data 크기 ($FDS = frame_size * 4$)
- key_frame_offset: 현재 프레임이 속하는 스트림의 가장 최근 키 프레임과의 거리. 거리는 현재 프레임의 AMS_FRAME_HEADER 패킷의 시작 위치와 키 프레임의 AMS_FRAME_HEADER 패킷의 시작 위치간의 거리로 표시 한다.
- previous_frame_offset: 현재 프레임이 속하는 스트림의 가장 최근 프레임과의 거리. 거리는 현재 프레임의 AMS_FRAME_HEADER 패킷의 시작 위치와 이전 프레임의 AMS_FRAME_HEADER 패킷의 시작 위치간의 거리로 표시 한다.
- time_stamp: 프레임의 타임스탬프. 프레임이 보여지는 시간 ($PTS = time_stamp * timescale_dividend / timescale_divisor$)

3.3.4 AMS_FRAME_DATA



(그림 10) AMS_FRAME PACKET (VIDEO)

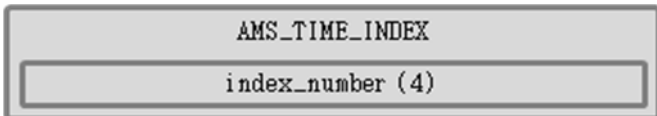
- codec_fourcc: 코덱을 나타내는 FourCC 값.^[3]
- bit_rate: 데이터 레이트. (단위: bps)
- DTS (Decoding Time Sequence): 현재 프레임의 GOP 번호.^[2] 키 프레임은 0이고 이후 프레임은 1씩 더해진다.
- image_width: 비디오 프레임의 가로 크기.
- image_height: 비디오 프레임의 세로 크기.
- frame_data: 프레임 데이터.
- padding: AMS_FRAME_DATA 패킷을 4바이트 정렬시키기 위해 덧붙여지는 공간. 크기 계산은 (padding = 4 - (frame_size % 4)) 이다.



(그림 11) AMS_FRAME_DATA PACKET

- codec_fourcc: 코덱을 나타내는 FourCC 값.
- bit_rate: 데이터 레이트. (단위: bps)
- channels: 오디오의 채널 수.
- quantization: 양자화 비트 수^[4]. (단위: 비트)
- sampling: 샘플링 레이트^[4]. (단위: 헤르츠)
- frame_data: 프레임 데이터.
- padding: AMS_FRAME_DATA 패킷을 4 바이트 정렬 시키기 위해 덧붙여지는 공간.

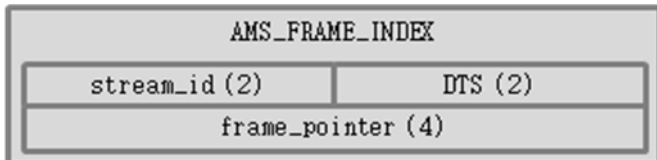
3.3.5 AMS_TIME_INDEX



(그림 12) AMS_TIME_INDEX PACKET

- index_number: 1 초 동안 스트림의 종류에 관계 없이 녹화 데이터가 한 프레임이라도 있을 경우 첫 번째 프레임을 가리키는 AMS_FRAME_INDEX 패킷의 번호. 1 초 동안 녹화 데이터가 한 프레임도 없을 경우 0 값을 갖는다.

3.3.6 AMS_FRAME_INDEX



(그림 13) AMS_FRAME_INDEX PACKET

- stream_id: 현재 프레임 인덱스가 속하는 스트림의 ID.
- DTS (decoding time sequence): 현재 프레임 인덱스와 매핑된 프레임 데이터의 GOP 번호. 키 프레임은 0 이고 이후 프레임은 1 씩 더해진다.
- frame_pointer: 현재 프레임 인덱스와 매핑된 프레임 데이터의 위치

4. 성능 평가

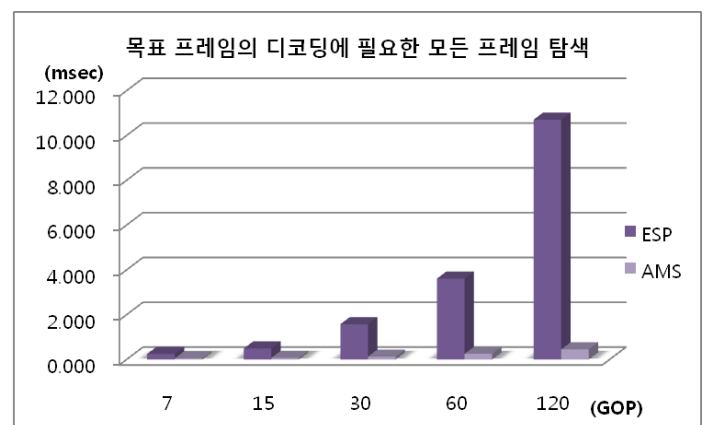
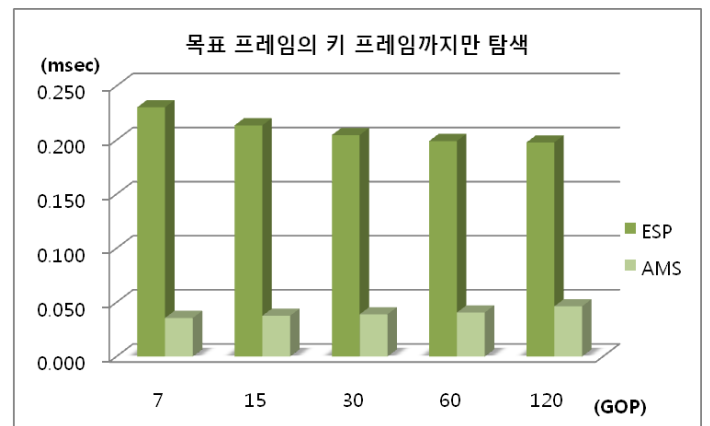
4.1 성능 평가 방법 및 제한

분할 화면에 여러 채널을 동시에 출력하며 목표 영상을 최대한 빠르게 탐색하고 목표 영상으로부터 전, 후방 배속 재생을 수행하는 DVR의 검색 패턴을 고려할 때 다채널 환경에서의 임의탐색 속도와 재생 속도는 DVR의 핵심 기능 중 하나이므로 성능 평가의 대상으로 선정하였다. 성능 평가는 여러 대의 카메라로부터 압축된 데이터를 네트워크로 수신하여 동일한 데이터를 AMS와 ESP 파일 포맷으로 저장 및 검색을 수행하는 프로그램을 작성하여 측정 하였다. ESP 파일 포맷의 경우 청크 사이즈를 16Kbytes로 녹화하여 비교 하였다.

4.2 성능 평가 결과 및 분석

4.2.1 임의탐색 소요시간

MPEG4, H.264 Codec의 경우 키 프레임으로부터 목표 지점까지의 중간 프레임을 모두 꺼내어 Decoding해야만 목표 프레임을 Decoding하여 사용할 수 있기 때문에 임의탐색 소요 시간의 측정은 목표 프레임의 키 프레임까지의 탐색 시간과 목표 프레임의 키 프레임을 탐색하고 Decoding에 필요한 모든 프레임을 탐색하는 시간을 측정하였다.

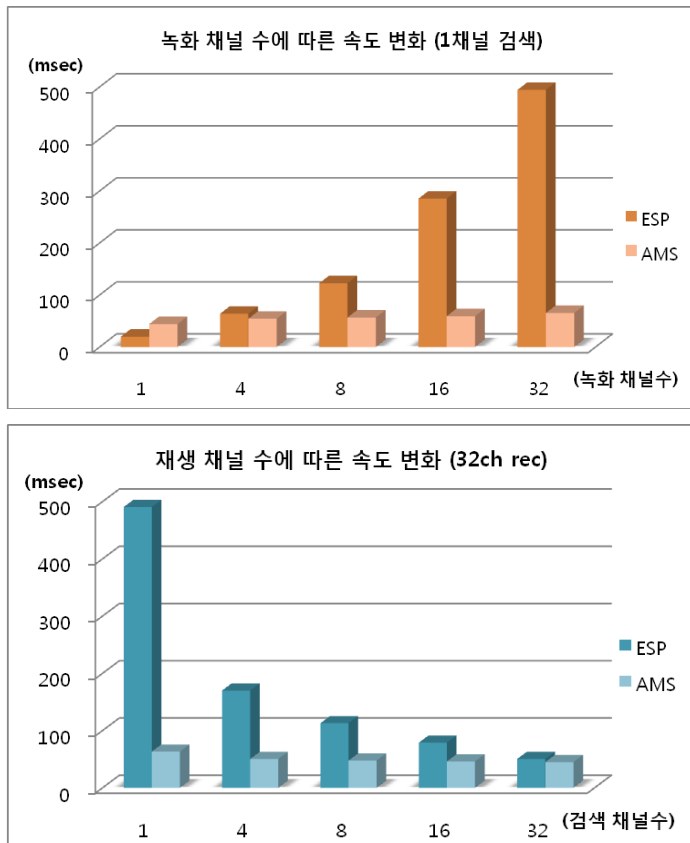


(그림 14) 임의탐색 소요 시간 측정 결과

(그림14)는 임의탐색 소요시간의 성능비교이다. 첫 번째 그림은 목표 지점의 키 프레임까지 탐색에 소요된 시간을 측정한 것으로 ESP 파일 포맷의 경우 키 프레임 간격이 커질수록 일정한 간격으로 프레임이 존재하게 되므로 탐색 위치가 목표 위치에 인접할 확률이 높아지게 되어 탐색 시간이 소폭 줄어드는 것을 볼 수 있지만 두 번째 그림을 보면 키 프레임으로부터 목표 지점까지의 거리가 그 만큼 멀어지기 때문에 결국 키 프레임 간격이 커질수록 속도가 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 반면 AMS 파일 포맷의 경우 인덱스 리스트를 이용하여 파일 내의 모든 프레임에 직접 접근하여 읽어 오기 때문에 두 가지 경우 모두 매우 빠른 탐색속도와 안정적인 성능을 보이고 있다. 또한 DVR의 특성상 일정하게 녹화가 발생하지 않는 이벤트 녹화 또는 녹화 데이터의 크기가 가변적인 VBR 압축을 사용할 경우 ESP 파일 포맷은 청크의 초기 예측 정확도가 매우 낮음을 감안하면 ESP 파일 포맷에 비하여 AMS 파일포맷은 DVR에 더욱 최적화 되었다고 할 수 있다.

4.2.2 재생 속도

기술 발전과 함께 DVR은 더욱 중앙 집중화 되고 과거와 달리 한 시스템에서 처리하는 녹화 채널 수 또한 비약적으로 증가 하였다. 이러한 환경을 감안하여 본 시험은 1채널의 비디오 스트림을 검색할 때 녹화된 전체 채널 수의 변화에 따른 성능 변화와 다채널 녹화 환경에서의 검색 채널 수의 변화에 따른 성능을 측정하였다.



(그림 15) 재생 속도 측정 결과

(그림15)는 녹화채널 수와 검색채널 수의 변화에 따른 재생시간 변화의 비교이다. ESP 파일 포맷은 검색 대상 스트림의 여부와 관계 없이 모든 프레임 데이터를 청크 단위로 읽어 들여야 하기 때문에 녹화된 채널 수 대비 검색 채널수가 적을 경우 프레임 적중률이 낮아 매우 느린 속도를 보이는 반면 AMS 파일 포맷의 경우 인덱스를 이용하여 검색할 대상 스트림의 프레임 데이터만 직접 접근하여 읽어 오기 때문에 현저히 빠르고 안정적인 속도를 보이고 있다. 검색 채널수가 녹화된 채널 수에 가까워 질수록 프레임 적중률이 높아 지면서 ESP 파일 포맷이 AMS 파일포맷의 검색 속도에 가까워 지는 것을 볼 수 있으나 DVR의 고도화와 중앙 집중화로 인한 녹화채널 수는 증가와 가독성의 문제로 인한 검색 채널 수의 한계로 AMS 파일포맷이 DVR에 더욱 최적화 되었다고 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

AMS 파일포맷은 비디오와 오디오 외에도 DVR 시스템에서 다루고 있는 다양한 형태의 정보를 수용하면서 인덱스를 이용한 다채널 스트림의 탐색 및 재생 성능을 확연하게 향상시켜 DVR의 실제 운영 환경에 더욱 적합하도록 설계 되었음을 설계와 성능 시험을 통하여 확인할 수 있었다. 향후 빠르게 변화하는 영상보안 분야에서 다양하게 활용될 수 있도록 검색 기능을 효과적으로 지원할 수 있는 인덱싱 방식에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] J.K.Park, S.M.Yang, "ESP: A DVR File Format for Enhanced Recording and Searching", *The KIPS transactions*, vol.16B, no.1, pp.25-34, 2009. (in Korean)
- [2] "Group of pictures", *WIKIPEDIA*, January 2010 http://en.wikipedia.org/wiki/Group_of_pictures
- [3] "Video Codecs and Pixel Formats,", *www.FOURCC.org* <http://www.fourcc.org>
- [4] "Pulse-code modulation", *WIKIPEDIA*, April 2010 <http://en.wikipedia.org/wiki/PCM>
- [5] "DV Data in the AVI File Format Specification, Version 1.01", *Microsoft*, 1997, <http://www.microsoft.com/whdc/archive/dvavi.msp>
- [6] I.J.Lee, S.J.Lim, H.S.Chae, "A research for design of high efficiency DVR system using H.264 codec", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol.10 no.1, pp.110-116, 2009. (in Korean)
- [7] J.H.Kim, C.W.Hur, K.R.Ryu, "A Study on the DVR System Realization with Watermarking and MPEG-4 for Realtime Processing Speed Improvement" *Proceedings of the Korean Institute of Maritime Information and Commucation Sciences Conference*, vol.9, no.2, pp.1107-1111, 2005. (in Korean)