

# 3차원 기반의 모니터링 시스템과 클라우드 컴퓨팅을 이용한 파노라믹 비디오 서비스

조용우\*, 석주명\*, 서덕영<sup>o</sup>

## 3D-Based Monitoring System and Cloud Computing for Panoramic Video Service

Yongwoo Cho\*, Joo Myoung Seok\*, Doug Young Suh<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문은 고품질 파노라마 영상 획득을 위하여 대상 공간을 여러 대의 카메라로 촬영 시, 촬영 정보를 제공하는 모니터링 시스템과 클라우드 컴퓨팅을 이용한 생성 과정 분산 처리에 관한 것이다. 파노라믹 비디오의 특성상 이웃 카메라 간 일정한 중복영역을 가져야 하지만 이로 인하여 동일한 촬영 대상에 대해 촬영 화각이 다르고 카메라의 물리적인 크기로 인하여 촬영 중심점을 동일하게 맞추기 어려운 상황에서 2D 입력 영상기반으로 모니터링 하여 카메라를 보정하는 경우 시차원인으로 오보정이 발생하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 카메라별 촬영 화각에 따라 3차원으로 투영하여 모니터링 함으로써 카메라 오보정 문제를 최소화하고 획득 영상의 품질을 높이는 3차원 기반 모니터링 시스템을 제안한다. 또한 여러 영상을 하나의 영상으로 합성하는 파노라믹 비디오 생성 알고리즘은 합성 정보추출과 합성, 두 부분으로 나눌 수 있는데 이를 클라우드와 클라이언트에 적절히 분산하여 고화질의 파노라믹 비디오를 효율적으로 서비스 하는 방법에 대해 제안한다.

**Key Words** : Panoramic video, Multi-camera monitoring system, cloud computing

### ABSTRACT

This paper proposes multi-camera system that relies on 3D views for panoramic video and distribution method about panoramic video generation algorithm by using cloud computing. The proposed monitoring system monitors the projected 3D model view, instead of individual 2D views, to detect image distortions. This can minimize compensation errors caused by parallax, thereby improving the quality of the resulting panoramic video. Panoramic video generation algorithm can be divided into registration part and compositing part. Therefore we propose off-loading method of these parts with cloud computing for panoramic video service.

### I. 서 론

기존 HDTV 의 고정 화각에서 사람이 보는 시야각

만큼 넓은 화각의 고화질 영상을 제공하여 시청자가 실제 현장속에 있는 듯한 느낌을 주는 파노라믹 비디오는 최근 디지털 멀티 채널, 곡면형 TV등 디스플레이

\* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성 지원사업/IT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0301-14-1002)

• First Author : Kyung Hee University Department of Electronics and Information, yongwoo@khu.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Kyung Hee University Department of Electronics and Information, suh@khu.ac.kr, 종신회원

\* Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI), jmseok@etri.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2014-03-088, Received March 15, 2014; Revised May 24, 2014; Accepted August 26, 2014

이 기술의 발전으로 기존의 협소한 시정환경에서 벗어나 넓게 시정할 수 있는 시정환경에 적합한 실감미디어 기술이다<sup>[1]</sup>.

일반 적으로 사용되는 방송용 HD (High Definition) 카메라 한대가 담을 수 있는 수평 시야각이 약 60° 정도임을 감안 하였을 때, 파노라믹 비디오는 약 120°에서 360° 까지 의 전방위한 시야각을 제공할 수 있는 것으로 정의한다. 시청자의 시각을 고정하였을 때 인간이 가지는 최대의 시야각은 좌우 약 130° 미만이며 집중하여 시정할 수 있는 시야각이 5에서 10°임을 고려한다면, 130° 이상의 넓은 파노라믹 비디오는 기존의 다른 콘텐츠와 비교하여 차별화된 몰입감 및 현장감을 느낄 수 있게 된다. 이러한 파노라믹 비디오는 넓은 시야 및 현장감을 원하는 시청자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 좋은 대안이 될 것이다.

이러한 파노라믹 영상은 여러 대의 카메라를 이용하여 규칙적인 일련의 영상들을 촬영하고 이를 정렬시킨 후 혼합하여 생성하는데 수평 시야각이 제한적인 여러 대의 카메라를 이용하여 파노라믹 영상을 생성하기 위해서는 각 카메라들의 화각에 따라 대상 공간을 나누어 동시에 촬영한 후 각 영상들을 연결하여 하나의 파노라믹 영상으로 재생산하여 얻는다<sup>[2]</sup>. 각 카메라들의 획득 영상을 혼합하기 위해서는 이웃 영상 간 중복된 영역이 필요하며 이를 위해 이웃 카메라 간 중복 화각을 포함하여 촬영하게 된다. 하지만 동일한 촬영 영역을 서로 다른 화각으로 촬영하게 되어 시차가 발생하며 이로 인해 획득된 영상은 기하학적인 오류를 가지게 된다. 이와 같이 기하학적인 오류를 포함한 채로 각 영상들을 혼합하게 되면 자연스럽게 얻은 결과 영상을 생성할 확률이 높아지게 되므로 영상 획득 시 각 카메라의 기하학적 배치 및 색 보정을 현장에서 수행할 수 있는 적합한 획득 시스템이 필요하다.

또한 잘 생성된 고화질의 파노라믹 비디오를 서비스하는 것도 제한적이다. 여러 대의 카메라로부터 획득한 영상들의 시공간적 연관성을 고려하여 하나의 영상으로 만드는 이미지 프로세싱 과정은 획득한 영상의 품질 또는 각 카메라 간 기하학적 배치 및 시차에 따라 큰 차이가 있으며 많은 양의 연산 량을 요구한다. 또한 고화질의 넓은 시야각으로 인한 콘텐츠의 특성 상 대용량의 비트율을 필요로 한다. King-To Ng et. al.<sup>[3]</sup> 은 파노라믹 비디오를 한정된 대역폭에서 서비스하기 위해 생성된 파노라믹 영상을 압축하고 분할하여 전송하는 방법을 제안 하였다. 그 결과로 제한적인 대역폭을 효율적으로 사용하여 파노라믹 비디오를 서비스하는 것이 가능하게 되었지만, 서버로부터

실시간 인코딩이 지원되어야 가능하므로 고화질의 파노라믹 비디오의 경우 많은 장비의 성능이 뒷받침 되어야 한다. 또한 클라이언트는 분할된 데이터를 전송받기 때문에 하나로 합치는 과정이 필요하며, 분할된 영상을 하나로 혼합하여 생성한 파노라믹 비디오를 다시 분할하고 혼합하는 과정을 반복하는 결과를 초래하게 되므로 컴퓨팅 전력의 낭비를 피할 수 없다. 만약 클라이언트가 모바일이라면 배터리 문제에 적지 않은 영향을 초래하게 된다. [4]와 [5]에서는 클라우드 컴퓨팅의 오프로딩을 이용하여 멀티미디어를 서비스할 때 필요한 연산, 저장, 전송의 과정에서 얻을 수 있는 클라이언트의 전력 사용량 이득에 대해 소개하였다. 이처럼 클라우드 컴퓨팅의 오프로딩을 이용하면 서버 또는 클라이언트의 전력 사용량을 줄일 수 있으므로 파노라믹 비디오와 같이 많은 양의 연산 량이 필요한 서비스에서 좋은 대안이 될 수 있다.

본 논문은 최적의 파노라믹 영상 생성 및 효율적인 서비스를 위해 카메라 간 보정 오류를 최소화 할 수 있는 획득 시스템을 제안하고, 클라우드 컴퓨팅을 이용하여 파노라믹 영상 생성과정의 컴퓨팅 전력을 분산시켜 서버 또는 클라이언트의 전력 소비량을 줄이는 방법을 제안한다. 이를 위해 2장에서는 여러 대의 카메라를 이용한 파노라믹 영상 획득 방법과 생성과정을 분석한다. 3 장에서는 제안하는 획득 시스템과 생성과정의 분산 방법을 소개하고 4장에서 제안 시스템의 성능 분석을 한 후 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 파노라믹 영상의 획득과 생성

### 2.1 멀티 카메라를 이용한 파노라믹 영상 획득

일반적인 카메라가 가지고 있는 제한된 수평 시야각 보다 넓은 파노라믹 한 영상을 획득하기 위해서는 그림 1처럼 여러 대의 카메라를 이용하여 넓은 공간을 하나의 카메라로 촬영한 것 같이 인접 영상들을 획득하여야 한다. 여러 대의 카메라가 획득한 영상을 하나의 카메라로 획득한 영상처럼 동일한 특성을 갖게 하기 위해서는 각 카메라들의 기하학적 배치가 중요하다. 이러한 이유로 여러 대의 카메라는 각 카메라 배치를 잘 고려하여 릿(Rig) 구조체에 탑재하여 사용한다. 이러한 릿 구조체는 그림 1(a) 와 같이, 촬영 형태에 따라 카메라를 바(bar) 위에 장착하여 대상 공간을 직접 촬영 하는 바 타입이 있으며, 그림 1(b) 와 같이 거울에 반사된 영상을 간접적으로 촬영하는 미러(Mirror) 타입의 형태로 구분 할 수 있다. 미러 형태의 릿 구조체는 바 형태의 구조체에 비해 가상의 촬영 중

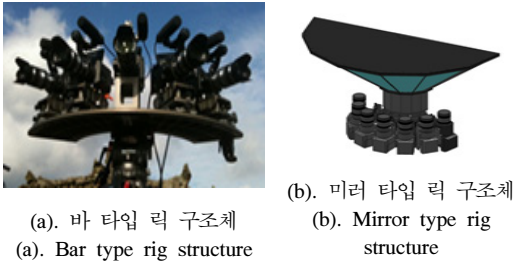


그림 1. 파노라마 촬영을 위한 멀티 카메라 릭 구조체  
Fig. 1. Multi-camera rig structure for panoramic video

심점을 맞추는데 더 용이하다<sup>6,7)</sup>. 이러한 구조체에 배치된 여러 대의 카메라를 이용하여 영상을 획득하는 방법은 그림 2와 같다. 각각의 카메라들은 각 카메라들이 갖는 화각에 따라 3차원인 대상 공간을 나누어 동시에 촬영하고 획득한 영상들을 기하학적으로 정렬시킨 후 혼합하여 하나의 파노라마 영상을 생산하게 되므로 이웃한 카메라 간 영상들의 중복된 영역의 일치성이 매우 중요하다. 따라서 그림 2와 같이, 모니터링 시스템을 이용하여 각 카메라의 촬영 영역을 확인하여 대상 공간을 정확하게 촬영할 수 있도록 각 카메라들의 촬영 범위에 대한 보정이 필요하다. 그 후 촬영된 영상들을 파노라마 비디오 생성 알고리즘을 통해 하나의 파노라마 영상으로 재 생산하게 된다.

이때 3차원 공간을 2D 이미지로 투영하는 카메라의 특성으로 인해 2D 입력 영상으로 모니터링 한 결과를 기반으로 카메라의 위치를 보정 하게 되면, 화각 차이를 고려하지 않게 되어, 기하학적으로 보정이 어려울 뿐만 아니라 오보정의 가능성이 높아진다.

따라서 최적의 파노라마 영상을 획득하기 위해 촬영자에게 카메라 위치 보정의 오류를 최소화하면서 각 카메라들의 입력 영상의 정보를 신속히 제공할 수

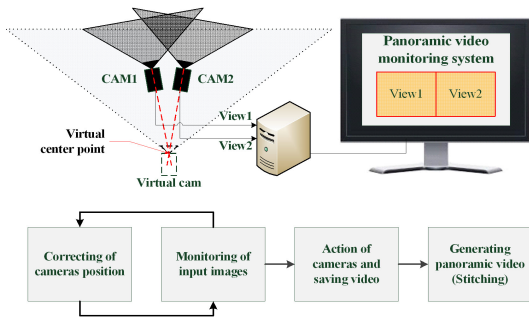


그림 2. 다수 카메라를 이용한 파노라마믹 비디오 제작 단계  
Fig. 2. A Step of panoramic video production by multi-camera

있는 모니터링 시스템이 필요하다.

### 2.2 파노라마믹 영상 생성 과정

여러 대의 카메라로부터 획득한 영상을 하나의 카메라가 촬영한 것 같이 하나의 파노라마믹 영상으로 생성하기 위해서는 각각의 입력 이미지들을 결합하여 합성하는 복잡한 이미지 프로세싱 과정을 거쳐야 한다. 파노라마믹 영상 획득과정의 구조를 요약하여 도식화하면 그림 3과 같다.

첫 째로, 입력 이미지를 이용하여 특징점을 추출하는 Feature detection 과정을 거친 후 각 특징점들의 매칭 관계를 설정하는 Matching features (Pairwise matching) 과정을 거친다.

매칭 관계는 인접 영상의 유사 지점을 나타내게 된다. 특징점의 매칭관계를 찾아내는 과정에서는 SIFT(scale-invariant features transform) 알고리즘과 RANSAC을 사용하여 얻게 된다<sup>8,9)</sup>. 이러한 과정을 통해 두 이미지 사이의 관계를 계산하여 호모그래피(homography) 정보로 표현하는데 호모그래피는 기준 이미지 대비 인접 이미지가 얼마나 틀어져 있는지에 대한 정보를 의미한다[10]. 여기서 추출한 호모그래피 정보를 이용하여 입력 이미지를 변형 시키는 Warping (Warp images) 과정을 거친 후 두 영상을 이어 붙이고 이어 붙인 부분을 자연스럽게 보이기 위한 Blend images 과정을 거쳐 최종적으로 하나의 파노라마믹 이미지를 생성하게 된다.

파노라마 이미지 생성하는 과정에서 호모그래피 정보를 계산하는 부분인 registration 과 이 정보를 이용하여 실제로 이미지를 변형하고 붙이는 compositing 부분으로 나눌 수 있다. 또한 릭 구조체에 배치되어 카메라가 움직이지 않는다면 한번 계산된 호모그래피 정보를 이용하여 다른 프레임들도 하나의 이미지로

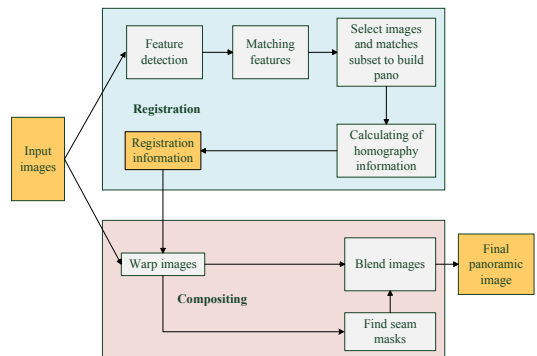


그림 3. 파노라마믹 영상 생성 과정  
Fig. 3. Process of panoramic image generation

합성할 수 있기 때문에 이 정보를 저장하여 각 프레임마다 매번 계산할 필요가 없다. 하지만 릭 구조체에 배치되어 고정된 카메라라도 비디오를 촬영하는 경우, 전체적인 시점의 변화가 있을 경우에는 registration 과정을 다시 수행하여야 한다. 특히, 움직임이 많은 대상의 경우에는 registration 과정을 자주 수행해야 한다. 따라서 본 논문은 registration 부분을 클라우드 컴퓨팅에 분산 처리함으로써 클라이언트 또는 제작 서버의 연산 량을 분산 시키는 방법에 대해서도 고려한다.

### III. 제안하는 시스템

#### 3.1 3D 기반의 파노라믹 비디오 모니터링 시스템

위에서 언급한 2D 기반의 모니터링 시스템의 한계를 극복하고 멀티 카메라를 이용한 촬영의 편의를 향상시키기 위해 가상의 촬영 중심점을 기반으로 입력되는 각각의 영상들을 3D 화면으로 투영하여 모니터링 한다. 먼저 카메라 위치에 따른 초점거리와 각 카메라별 화각( $\theta$ )을 산정한다. 이때, 이미지 기반의 카메라 보정 결과를 반복적인 실험을 통해 신뢰성을 높인다. 도출된 기초 기하학 정보에 따라 모니터링 화면에 투영 재생 시, 입력 영상을 3차원으로 렌더링 한다.

그림 4는 제안하는 3D 기반 모니터링 시스템을 기존 2D 기반 모니터링 시스템과 비교하여 나타내고 있다. 파노라믹 영상을 얻기 위해 여러 대의 카메라로 대상을 촬영 하는 경우, 서로 다른 촬영 중심점을 갖는 각 카메라를 한 대의 카메라로 촬영 한 것 같은 효과를 얻기 위해 가상의 촬영 중심점을 기반으로 카메라의 위치를 선정한다. 각 카메라들은 이런 구조를 갖기 때문에 그림 4처럼 하나의 라인을 촬영한다고 가정하면 2D 기반의 모니터링 시스템인 경우, 각 카메라의 위상차로 대각선 형태로 촬영되는 것처럼 보인다.

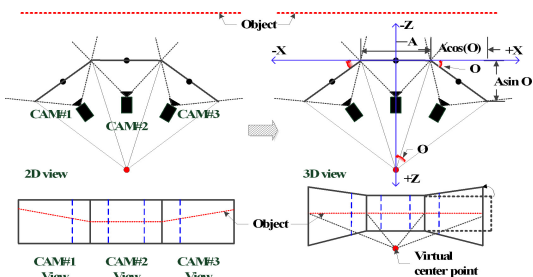


그림 4. 2D 기반 모니터링 뷰와 3D 기반 모니터링 뷰의 비교  
Fig. 4. Comparing with 2D based monitoring view and 3D based monitoring view

다. 이러한 모니터링 영상을 기반으로 카메라의 위치와 촬영영역을 보정하게 되면 불필요한 카메라 회전으로 인한 오보정 상황이 발생하여 촬영영역을 더 왜곡 시킬 수 있다. 획득된 영상들을 파노라믹 영상으로 합성할 때, 파노라믹 영상 생성 알고리즘을 통해 인접 영상간 화면 왜곡은 보상이 되지만, 왜곡이 많을수록 최종적으로 생성되는 파노라믹 영상의 크기가 줄어들 수 있다. 즉, 위에서 언급한 카메라의 오보정 후 촬영된 영상들을 파노라믹 영상으로 합성하게 되면, 그렇지 않았을 경우 보다 최종적으로 생성되는 파노라믹 영상의 해상도가 낮아지는 결과를 초래하게 된다.

반면 3D 기반의 모니터링 시스템은 가상의 촬영 중심점을 기반으로 위치 된 각 카메라들의 위상과 각도를 고려하여 3차원으로 투영하여 렌더링하기 때문에 2D기반의 시스템에서 보이는 인접 영상간 화면 왜곡을 줄일 수 있다. 따라서 이러한 모니터링 화면을 이용해 촬영 상태를 확인하는 촬영자는 카메라 오보정의 실수를 줄일 수 있으므로 최종적으로 생성되는 파노라믹 영상의 해상도를 높일 수 있다.

3D 렌더링을 위해 CAM2의 입력 영상을 기준으로  $\theta$  만큼의 회전변환R 과 V만큼의 이동변환T를 이용하여 해당 영상을 재생할 공간을 계산하여 재생 한다. 기준영상인 CAM2의 입력 영상의 가로 해상도를 A (i.e. 1920 pixel) 라 하면 이웃한 CAM3의 입력 영상은 CAM2 입력 영상의 끝점에서  $\text{Acos}\theta$ ,  $\text{Asin}\theta$  만큼 조정하여 3차원 공간상에 투영하여 재생한다. 이와 같이 각 카메라가 가지는 화각의 차이를 적용하여 3차원으로 재생하면 화면 왜곡을 줄인다.

#### 3.2 클라우드 컴퓨팅을 이용한 파노라믹 영상 서비스

현재까지 고품질 파노라믹 비디오의 서비스에는 제한적인 부분이 많다. 보통 8K 이상의 해상도를 갖는 파노라믹 비디오는 대용량의 비트율이 필요하며, 특히 여러 대의 카메라로부터 획득한 영상들을 하나의 영상으로 만드는 프로세싱 과정은 많은 양의 컴퓨팅 전력을 요구한다. 이와 같은 문제점을 보완하여 서비스 하기 위한 방법으로 클라우드 컴퓨팅의 오프로딩을 이용한 서비스 방법을 고려 할 수 있다. 파노라마 영상으로 합성하기 위한 알고리즘은 크게 2부분으로 나눌 수 있는데 기준 영상대비 이웃 영상의 틀어짐 정보인 호모그래피를 구하는 registration과 이 정보를 이용하여 이미지를 연결하는 compositing 부분이다. 고정된 카메라들로부터 입력된 영상을 이용하는 경우에는 호모그래피를 최초 한번의 계산으로 얻은 결과를

계속 사용할 수 있지만, 파노라믹 이미지가 아닌 파노라믹 비디오의 경우에는 고정된 카메라들의 시점이동, 촬영대상의 변화등과 같은 이유로 변화가 있을 때에는 호모그래피를 구하는 registration 과정을 반복해야 한다. Registration 과정은 compositing 부분에 비해 연산량이 많으므로 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 분산하는 시스템을 소개한다.

그림 5는 제안하는 서비스 방법을 보여준다. 획득 시스템에서는 각각의 영상을 보편화된 비디오 인코더인 H.264를 사용하여 개별적으로 인코딩하고, 클라우드와 클라이언트에 전송한다. 클라우드는 수신된 비디오 스트림을 H.264 디코더를 사용하여 디코딩한다. 이때 모든 프레임에 대해 디코딩 하지 않고 호모그래피 정보를 계산하는데 필요한 key-frame 만을 디코딩 하면 효율을 높일 수 있다. 왜냐하면, 촬영 대상이나 시점이 변하기 전에는 최초 한번의 계산으로 얻어진 호모그래피 정보를 이용하여 이후 모든 프레임에 대해 활용이 가능하기 때문에 파노라믹 비디오 생성 과정에서 모든 프레임들에 대하여 호모그래피를 계산하는 것은 효율적이지 못한 방법이 될 수 있기 때문이다. 이와 같이 클라우드는 하나의 영상으로 합성하는데 필요한 호모그래피 정보를 도출하여 클라이언트에 해당 정보를 전송함으로써 높은 연산량을 분산시킬 수 있다. 그림 6은 클라우드를 이용한 서비스 방법에 대한 절차를 보여준다. 위에서 언급한 것과 같이, 획득 시스템은 개별적으로 인코딩된 비디오를 클라우드와 클라이언트에 각각 전송하고, 클라우드는 registration 부분을 계산하여 얻은 결과만을 클라이언트로 전송한다. 클라이언트는 수신된 비디오와 registration 정보를 이용하여 compositing 부분을 수행한 후 최종적으로 파노라믹 비디오를 소비하게 된다. 이처럼 클라이언트 혹은 서버가 담당해야 할 파노라믹 생성 알고리즘을 분산시켜 높은 컴퓨팅 전력 효율을 얻을 수 있다.

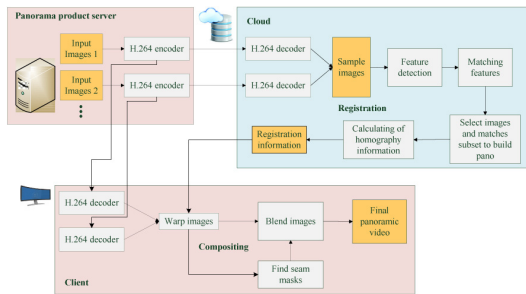


그림 5. 클라우드 컴퓨팅을 이용한 파노라믹 비디오 서비스  
Fig. 5. Panoramic video service with cloud computing

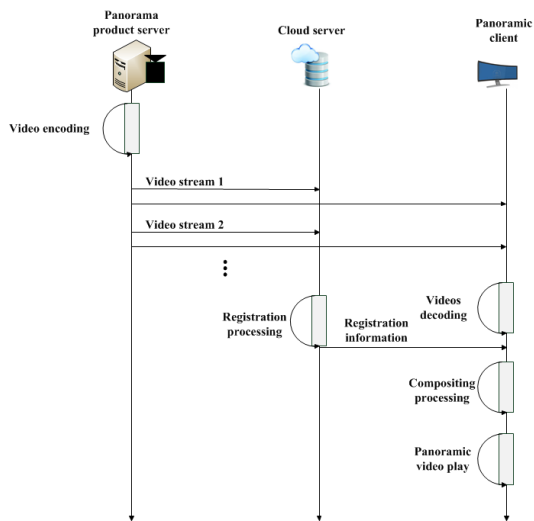


그림 6. 클라우드 컴퓨팅을 이용한 파노라믹 서비스 절차  
Fig. 6. Timing model of panoramic video service with cloud computing

#### IV. 제안된 시스템의 성능 분석

##### 4.1 3D 기반의 파노라믹 비디오 모니터링 시스템 구현 결과

제안하는 3차원 화면 기반의 멀티 카메라 영상 모니터링 시스템의 개발 결과를 그림 7에서 보여준다. 그림 7(a)에서는 기존 2D 기반의 모니터링 시스템을 이용한 영상을 보여주고 있고, 그림 7(b)는 제안하는 시스템의 영상을 보여 주고 있다.

그림 7(a)에서는 이웃 영상 간 중복 부분에서 화면

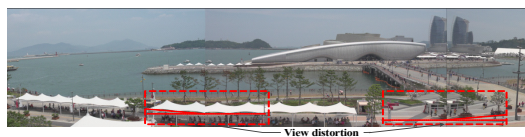


그림 7. (a) 2D 기반 모니터링 시스템의 결과 영상  
Fig. 7. (a) 2D based monitoring system view

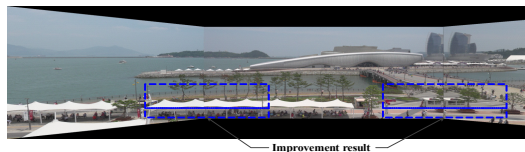


그림 7. (b) 3D 기반 모니터링 시스템의 결과 영상  
Fig. 7. (b) 3D based monitoring system view

그림 7. 2D기반 모니터링 시스템과 3D 기반 모니터링 시스템의 결과 비교  
Fig. 7. Comparing with 2D monitoring system and 3D proposed monitoring system

의 왜곡 현상이 나타나고 있음을 확인 하고 있다. 반면 그림 7(b) 에서는 그림 7(a) 와 같은 부분에서 화면 왜곡 현상이 개선되었음을 확인 할 수 있다. 이처럼 제안된 시스템을 사용하여 여러 대의 카메라를 이용한 파노라믹 영상을 획득 할 때 화면이 왜곡되는 정도를 줄여 카메라 위치에 대한 불필요한 오보정을 줄일 수 있다.

다음 그림 8은 최종적으로 생성되는 파노라믹 영상의 이미지를 보여준다. 그림 8(a)에는 기존 2D 기반의 모니터링 시스템을 이용하여 촬영된 영상을 합성한 결과이고, 그림 8(b)는 제안하는 시스템을 사용하여 촬영한 영상을 기반으로 생성된 파노라믹 이미지를 나타낸다.

그림 8(a)는 모니터링으로 인한 화면 왜곡을 인지하지 못하고 카메라의 시점을 오보정하여 최종적으로 생성된 파노라믹 이미지가 정렬되지 못하여 서비스에 사용되는 해상도가 약 8466X841 이고, 그림 8(b)는 제안된 시스템을 사용하여 카메라의 오보정을 줄임으로써 최종적으로 생성된 파노라믹 이미지가 잘 정렬되어 서비스에 사용되는 해상도가 약 8621X965 이다. 이처럼 제안된 시스템을 사용하면 서비스하는 파노라믹 영상의 해상도를 높일 수 있게 된다. 본 촬영의 경우, 해상도가 약 8% 높아지는 효과를 나타내었다.



그림 8. (a) 2D 기반 모니터링 시스템을 이용한 파노라믹 결과 이미지  
Fig. 8. (a) Panoramic result image using 2D based monitoring system

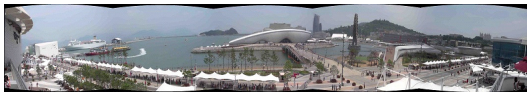


그림 8. (b) 3D 기반 모니터링 시스템을 이용한 파노라믹 결과 이미지  
Fig. 8. (b) Panoramic result image using 3D based monitoring system

그림 8. 파노라믹 결과 이미지  
Fig. 8. Panoramic result images

#### 4.2 파노라믹 영상 생성의 분산 처리 성능

본 논문에서 사용한 파노라믹 영상 생성은 컴퓨터 비전 라이브러리를 오픈소스로 제공하는 OpenCV (Open source Computer Vision)<sup>[11],[12]</sup> 2.4.8 버전 알고리즘을 사용하였다. 파노라마 영상 생성 알고리즘을

모듈화 하여 각 모듈을 수행하는데 소모되는 시간을 측정하여 각 모듈의 복잡도를 도출 할 수 있다. 다음 표 1은 파노라믹 영상 생성 알고리즘의 각 모듈별 프로세싱 시간이며, 본 시뮬레이션은 1920X1080 해상도의 이미지 2장을 이용하여 가장 기본적인 조건에서 수행하였다. 표 1 및 그림 9와 같이,

표 1 및 그림 8과 같이, 파노라믹 영상 생성을 위한 호모그래피 정보를 계산하는데 까지 소요되는 시간은 약 145초, 이 정보를 이용하여 이미지 2장을 합성하는데 소요된 시간은 약 3.7초에 불과했다. 호모그래피 정보의 송신 및 수신에 대한 전송량은 약 4byte면 충분 하다. 이것은 연산량과 비교하였을 때 매우 작은 값이므로 이를 제외한 시간적 계산복잡도의 결과는 클라이언트가 수행해야 할 registration 부분의 연산을 클라우드가 대신 하면서 얻을 수 있는 효과라 할 수 있다. 따라서 호모그래피 정보를 얻는 과정을 클라우

표 1. 각 모듈별 프로세싱 시간  
Table 1. Processing time of each module

Moduel	Time[sec]
Feature detection	4.46
Pairwise matching	9.43
Calculating homography information	0.56
Warping image	0.14
Compositing	3.6
Total	18.19

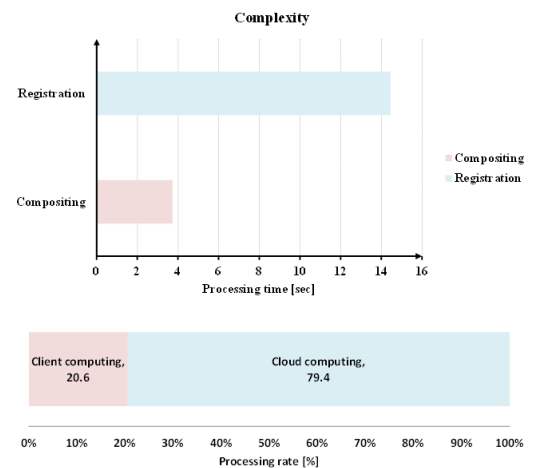


그림 9. 파노라믹 영상 생성 알고리즘의 기본적인 연산 복잡도 비교  
Fig. 9. Comparing basic complexity of panoramic generation algorithm

드 컴퓨팅을 이용하고 나머지를 클라이언트에서 수행한다면, 클라이언트는 전체 생성 과정에 필요한 연산량의 약 79%를 절약하는 효과를 얻을 수 있다.

### V. 결 론

고화질의 파노라믹 영상은 130° 이상의 넓은 시야를 갖는 콘텐츠로써 현장감과 몰입감을 증가시킬 수 있는 차세대 실감미디어 기술이다. 이러한 파노라믹 영상은 여러 대의 카메라를 이용하여 대상 공간을 규칙적으로 촬영하고 이를 정렬 시킨 후 하나의 카메라가 촬영한 것처럼 적절하게 합성하여 생성한다. 이를 위해 여러 대의 카메라를 리크 구조체에 배치하여 촬영하고 본 논문에서 제안하는 모니터링 시스템을 이용하여 입력 영상을 모니터링하고, 아웃 카메라의 위치를 보정함으로써 보다 정확한 카메라 획득 범위를 정할 수 있으며, 이에 따라 각 카메라가 갖게 되는 시차 오류를 최소화 할 수 있다. 이를 통해 최적의 파노라마 영상 획득 및 촬영자의 편의를 향상시킬 수 있다.

또한 여러 대의 카메라로부터 획득한 영상들의 시공간적 연관성을 고려하여 하나의 영상으로 합성하는 과정은 많은 연산량을 요구하기 때문에 클라우드 컴퓨팅을 이용하여 생성 과정의 연산량을 분산시킴으로써 클라이언트의 연산량을 줄일 수 있음을 확인 할 수 있었다. 만약 클라이언트가 모바일이라면 소모 전력 측면에서 큰 이득을 기대할 수 있다. 이와 같이 본 논문에서 제안하는 획득 및 생성 과정을 통해 기존의 제한적인 환경에서 효율적인 고화질 파노라마 영상 서비스를 기대할 수 있다. 나아가 호모그래피 오류정보를 이용한 카메라 보정정보 제공 및 고화질 파노라마 영상의 클라우드 컴퓨팅을 이용한 전송 방법에 대해 더 깊은 연구가 필요할 것이다.

### References

[1] O. Scheer, I. Feldmann, C. Weissig, P. Kauff, and R. Schafer, "Ultrahigh-resolution panoramic imaging for format-agnostic video production," in *Proc. IEEE*, vol. 101, no. 1, pp. 99-114, Jan. 2013.

[2] W.-K. Tang, T.-T. Wong, and P.-A. Heng, "A system for real-time panorama generation and display in tele-immersive applications," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 7, no. 2, pp. 280-292, Apr. 2005.

[3] K.-T. Ng, S.-C. Chan, and H.-Y. Shum, "Data compression and transmission aspects of panoramic videos," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 15, no. 1, pp. 82-95, Jan. 2005.

[4] J. Baliga, R. W. A. Ayre, K. Hinton, and R. S. Tucker, "Green cloud computing: Balancing energy in processing, storage, and transport," in *Proc. IEEE*, vol. 99, no. 1, pp. 149-167, Jan. 2011.

[5] E. Lagerspetz and S. Tarkoma, "Mobile search and the cloud: The benefits of offloading," *IEEE PerCom 2011*, Seattle, USA, Mar. 2011.

[6] R. Szeliski, *Image Alignment and Stitching: A Tutorial(2006)*, Microsoft Research, Technical Report MSR-TR-2004-92, Retrieved April, 24, 2014, from <http://research.microsoft.com>.

[7] J. M. Seok and Y. Lee, "Visual-attention-aware progressive RoI Trick Mode Streaming in interactive panoramic video service," *ETRI J.*, vol. 36, no. 2, pp. 253-263, Apr. 2014.

[8] M. Brown and D. G. Lowe, "Automatic panoramic image stitching using invariant features," *Int. J. Computer Vision*, vol. 74, no. 1, pp. 59-73, 2007.

[9] S. B. Yang, H. J. Jeon, and C. J. Hwang, "Panorama image based on combination of feature points," *J. KICS*, vol. 35, no. 8, pp. 179-184, Aug. 2010.

[10] I. J. Lee, Y. J. Cho, M. S. Ki, S. Y. Lim, H. K. Lee, and J. H. Cha, "High quality human converged panorama service," *J. KICS*, vol. 28, no. 6, pp. 11-20, May 2011.

[11] Open Source Computer Vision Library(2014), Retrieved March, 5, 2014, from "<http://opencv.org>"

[12] S. H. Choi and J. P. Choi, "Panoramic image making system using smartphone camera," in *Proc. KICS*, pp. 422-423, Seoul, Korea, Nov. 2011.

조 옹 우 (Yongwoo Cho)



2010년 2월 : 경희대학교 전자  
공학과 (공학사)  
2012년 2월 : 경희대학교 전자  
전파 공학과 (공학석사)  
2012년 9월~현재 : 경희대학교  
전자·전파공학과 박사과정  
<관심분야> 네트워크 비디오,  
몰입형 비디오 서비스, MPEG 표준화

서 덕 영 (Doug Young Suh)



1980년 2월 : 서울대학교 핵 공  
학과(공학사)  
1986년 6월 : 미국 조지아텍 핵  
공학과 (공학석사)  
1990년 6월 : 미국 조지아텍 전  
기·컴퓨터공학과 (공학박사)  
1990년 9월~1999년 2월 : 생산  
기술연구원 HDTV 연구단 선임연구원  
1992년 3월~현재 : 경희대학교 전자정보대학 교수  
<관심분야> Networked video, MPEG/3GPP 표준화

석 주 명 (Joo Myoung Seok)



1999년 2월 : 경희대학교 전자  
공학과 (공학석사)  
2011년 8월 : 경희대학교 전자  
공학과 (공학박사)  
1999년 4월~현재 : 한국전자통  
신연구원 실감방송미디어연  
구부 책임연구원 재직

2009년 3월~7월 : 방송통신위원회 방송통신 융합콘  
텐츠 TF 팀 파견 근무  
2009년 12월: 방송통신위원회 위원장 표창  
<관심분야> 영상처리, 방송통신미디어, 파노라마,  
QoS, 비디오 스트리밍