

디지털 홀로그래픽 비디오 기술 동향

오관정, 추현곤, 김진웅
한국전자통신연구원

요약

최근 다양한 실감영상 기술의 발전과 함께 궁극적인 실감영상 재현 기술인 홀로그래피에 대한 관심이 높아지고 있다. 본고에서는 디지털 홀로그래픽 비디오 서비스를 위하여 삼차원 영상 및 홀로그램 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템, 디지털 홀로그래픽 데이터 포맷, 디지털 홀로그래픽 데이터 특성에 대해 알아본다.

I. 서론

홀로그래피(holography)는 두 개의 빛이 만나 일으키는 빛의 간섭효과를 이용하여 물체의 3차원 정보를 기록하고 재생하는 기술이고, 홀로그램(hologram)은 홀로그래피 기술을 통해 얻어진 간섭 패턴이나 해당 간섭 패턴으로부터 복원된 영상을 의미한다.

홀로그래피의 원리는 1947년 영국의 물리학자 데니스 가버(Dennis Gabor)에 의해 처음 증명되었고, 가버는 이 공로로 1971년에 노벨 물리학상을 수상했다. 그 이후로 수많은 연구가 끊임없이 지속되어 왔고, 최근에 보다 고차원적인 실감 영상에 대한 요구와 관련 기술의 발전과 함께 홀로그래피에 대한 연구가 다시 활발히 진행 중이다.

본 원고에서는 삼차원 영상 기반과 홀로그램 기반의 홀로그래픽 비디오 시스템에 대해 분석해보고, 각 시스템에서 이용 가능한 홀로그래픽 데이터 포맷과 그 특성에 대해 분석한다.

II. 본론

1. 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

홀로그래픽 비디오 시스템은 크게 삼차원 영상 기반 시스템과

홀로그램 기반 시스템으로 구분될 수 있다.

가. 삼차원 영상 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

삼차원 영상이란 삼차원 입체감을 제공해 줄 수 있는 형태의 영상으로 스테레오 영상에서부터 홀로그램 영상까지 다양한 형태의 삼차원 영상이 존재한다. 하지만 본 원고에서는 홀로그램과의 차별성을 두기 위해 홀로그램을 제외한 스테레오, 다시점, 다시점 영상 및 깊이 영상등을 삼차원 영상으로 정의하고, 다시점 영상 및 깊이 영상으로 구성된 삼차원 영상만을 다룬다. 삼차원 영상에 대한 연구는 획득/압축/디스플레이 등의 분야에서 현재 활발히 진행되고 있으며, 이러한 삼차원 영상을 기반으로 한 홀로그램 시스템 구현은 기본적으로 기존의 삼차원 영상 관련 프레임워크를 그대로 사용할 수 있다는 면에서 큰 장점을 갖는다. 반면에 수신단측 단말 장치에서 홀로그램을 생성해야 하기 때문에 이에 대한 부담이 크다는 단점과 홀로그램을 직접 획득한 경우에 대해서는 서비스가 쉽지 않다는 단점이 있다. <그림 1>은 삼차원 영상 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템에 대한 구조도이다.

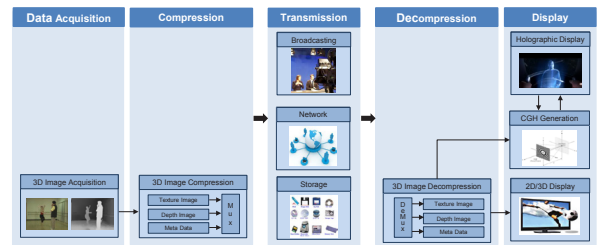


그림 1. 삼차원 영상 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

삼차원 영상 정보 압축에는 현재 JCT-3V에서 사용되는 다시점 영상 및 다시점 깊이영상 압축 코덱이 활용될 수 있다. 그러나 3D 방송을 위한 삼차원 영상 압축과 홀로그램을 위한 삼차원 영상 압축에 대한 요구사항이 다를 수 있으므로 삼차원 데이터인 깊이 영상에 대해서는 홀로그램 관점에서 보다 최적화된 연구가 필요하리라 생각된다. 또한, 홀로그램 생성의 경우 현재 큰 복잡도를 요구하는 프로세스로 SW적으로나 HW적으로 보

다 고속화 된 홀로그램 생성에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 이는 단말 장치의 성능에 의존하는 부분이 있으므로 저성능 홀로그램 단말 장치의 경우 삼차원 영상 기반 홀로그래픽 비디오 서비스에서는 해결해야 할 문제점들이 있다. 그러나 이러한 단점에도 불구하고 삼차원 영상 기반 홀로그램 시스템에 대한 서비스 시나리오가 지지를 받는다는 기존 영상 서비스와 호환이 가능하다는 점이 가장 크다. 즉, 삼차원 영상을 전송하기 때문에 2D/3D/홀로그램 등 시청자가 가진 다양한 단말 장치에 대해 서비스가 가능하다. 따라서 시청자가 일방적으로 방송을 수신만 하는 형태의 방송 서비스에 가장 적합하다.

나. 홀로그램 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

홀로그램이란 실물과 똑같은 입체상을 재현할 수 있는 삼차원 영상으로 물체광과 참조광이 만나 일으키는 간섭무늬를 저장한 것을 일컫는다. 홀로그램은 직접 획득되거나 CGH (computer generated hologram) 방식으로 생성이 가능하고, 홀로그램 기반 코덱의 경우 앞서 소개한 삼차원 영상 기반 코덱과 달리 코덱에서 압축되는 데이터가 홀로그램이다. 현재 홀로그램 압축을 위해 표준화 된 코덱은 없는 상황으로, 만약 홀로그램 기반 코덱 시스템이 서비스화 되려면 추후 홀로그램 코덱에 대한 표준화가 필요하다. <그림 2>는 홀로그램 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템에 대한 구조도를 보여주고 있다.

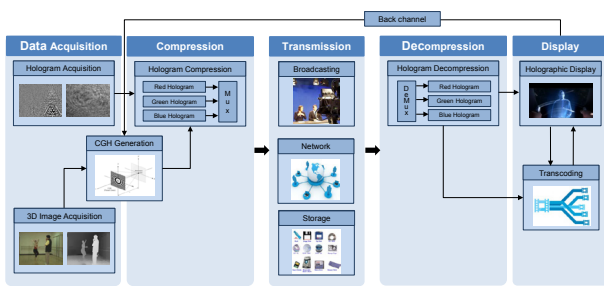


그림 2. 홀로그램 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

홀로그램 기반 코덱 시스템이 해결해야 할 가장 큰 문제점은 홀로그램이라는 데이터가 디스플레이 의존적인 데이터라는 점이다. 즉, 홀로그램 데이터는 디스플레이에 사용되는 광원의 파장과 픽셀 피치에 대한 정보가 고려되어 생성된다[1]. 따라서 A 타입의 디스플레이에 적합하도록 생성된 홀로그램의 경우 B 타입의 디스플레이에서는 전혀 다른 형태의 영상을 재현할 수도 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 송신 단측에 시청자의 디스플레이 환경에 대한 정보를 제공하는 백채널(backchannel)을 두거나 전송하는 여러 디스플레이의 광원 파장대와 픽셀 피치등을 대표할 수 있는 홀로그램 포맷을

정하여 이를 전송하고 대표 포맷과 해당 디스플레이간의 파장대 차이나 픽셀 피치 차이등을 보정할 수 있는 트랜스코더(transcoder)를 이용하는 방법이 있다. 홀로그램에 대한 트랜스 코딩은 현재 연구중으로 이에 대한 성능에 따라 추후 홀로그램 기반 코덱 서비스 시나리오의 확장성은 크게 달라질 수 있리라 생각된다. 만약 트랜스 코딩에 한계가 분명하다면 홀로그램 기반 코덱의 경우 서비스 시나리오에서 서비스 제공자의 경우 사용자에 대한 일반성을 확보하기 어렵고 사용자의 입장에서는 선택적인 서비스를 이용하거나 자신의 디스플레이 장치에 대한 정보를 제공해야 한다.

다. 삼차원 영상 및 홀로그램 기반 디지털 홀로그래픽 비디오 시스템

앞서 소개했듯이 삼차원 영상 정보 및 홀로그램 기반 코덱 시스템은 구성부터 활용까지 각자 장단점을 확연히 가지고 있다. 따라서 현재 시점에서 어느 시스템이 더 우수한지를 논하기는 힘들다. 삼차원 영상 정보 기반 시스템의 장점이 홀로그램 기반 시스템에서는 단점이 되고, 반대로 삼차원 영상 정보 기반 시스템의 단점이 홀로그램 기반 시스템에서는 장점이 되는 형태이다. 따라서 각 시스템이 보다 적용하기 적합한 응용 분야에 대해서 좀 더 자세히 살펴보면 먼저 삼차원 영상 기반 시스템의 가장 큰 특징은 홀로그램 단말 장치를 가지고 있는 사람뿐만 아니라 기존의 2D 혹은 3D 단말 장치를 가지고 있는 사람도 함께 제공받을 수 있는 서비스라는 점이다. 즉, 전송되는 비트스트림은 하위 호환성(backward compatibility)을 제공한다는 점이다. 이는 현재 3D 방송처럼 3D 시청이 가능한 TV를 가지고 있으면 3D 방송을 볼 수 있고, 그렇지 않은 경우에는 2D 방송을 보듯이 홀로그램 시청이 가능한 단말 장치를 가지고 있으면 홀로그램 서비스를 받을 수 있고, 그렇지 않으면 2D/3D 서비스를 받는 방식이다. 이 경우 중요한 부분은 홀로그램 단말 장치가 실시간 홀로그램 생성이 가능할 정도의 고사양 단말 장치여야 한다는 점이다. 때문에 초창기에는 스마트 TV와 같이 고성능 단말 장치부터 서비스가 가능하리라 보고 점차 휴대폰과 같이 소형 단말 장치까지 점차 서비스가 확대되리라 전망된다. 삼차원 영상 정보 기반 홀로그래픽 비디오 서비스의 경우 실시간 혹은 비실시간 서비스가 모두 가능하리라 생각된다. 다만 실시간 서비스의 경우 홀로그램 생성속도에 비례하여 방송 지연이 있을 수는 있다.

이에 반해 홀로그램 기반 코덱 시스템의 활용 범위가 좀 더 넓은 편이다. 가장 큰 단점으로 지적된 2D/3D/홀로그램 통합 방송 서비스에는 현재로선 적합하지 않다고 판단된다. 그 이유는 홀로그램 데이터를 2D 혹은 3D 데이터로 변환하기가 쉽지 않

기 때문이다. 따라서 홀로그램 기반 코덱 시스템이 방송에 활용되기 위해서는 홀로그램 전용 방송 채널이 필요하리라 생각된다. 이 경우 방송은 프리미엄 방송 서비스와 같이 특정 채널 혹은 방송에서는 홀로그램 방송만을 제공하는 것이다. 그리고 이러한 방송에는 사용자의 개입이 필요하다. 즉, 현재 자신의 디스플레이에 적합한 홀로그램 데이터를 선택하여 전송받아야 한다. 즉, 홀로그램 방송 서비스 제공자가 다양한 디스플레이 단말 장치를 고려하여 다양한 홀로그램 데이터를 미리 생성하여 전송을 준비하고 있다가, 서비스 이용자가 특정 타입의 홀로그램 데이터를 선택하면 전송해주는 방식이다. 이러한 서비스 방식은 비실시간 방송에는 큰 문제가 없으나 실시간 방송을 해야 하는 경우에는 방송 서비스 제공자가 다양한 형태의 홀로그램을 실시간으로 생성하여 전송을 준비해야 하므로 큰 노력이 필요하리라 생각된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 홀로그램 단말 장치 이전에 트랜스 코더를 두면된다. 트랜스 코더를 두는 홀로그램 코덱 서비스 방식은 사용자의 개입이 필요없다. 서비스 제공자는 대표 홀로그램 포맷에 대해 비트스트림을 제공하고, 각 사용자의 디스플레이에 맞도록 트랜스코더가 수신된 홀로그램을 변환하는 방식이다. 이러한 트랜스코더를 이용한 서비스가 가능해지기 위해서는 먼저 대표성을 갖는 홀로그램 포맷에 대한 정의가 필요하므로 다양한 산업계가 참여한 국제 표준화 작업이 필요하리라 본다. 그리고 트랜스코더의 성능 향상도 필수적이다. 트랜스코더는 셋톱 박스(set-top box)와 같은 형태로 단말 장치와 별도로 구성될 수도 있고, 각 단말 장치에 내장되어 사용될 수도 있다. 그러나 이러한 서비스의 경우 트랜스코더에 대한 비용을 사용자가 부담해야 하는 문제점과 디스플레이 관련 기술의 발전과 함께 대표성을 갖는 홀로그램 데이터가 변경되는 경우 트랜스 코더에 대한 업데이트가 불가피한 문제점이 야기될 수 있다.

현재까지는 방송 관점의 서비스에서만 중점을 두고 삼차원 영상 기반 방식과 홀로그램 기반 방식에 대해 살펴보았다. 하지만 홀로그램 코덱이 활용될 수 있는 분야는 방송외에 홀로그램 데이터에 대한 저장을 필요로 하는 홀로그램 시네마, 홀로그램 카메라, 홀로그램 현미경등에 활용될 수 있다. 홀로그램 시네마의 경우 영화 제작사에서 각 극장의 디스플레이에 적합한 형태의 홀로그램 데이터를 제공해야 한다. 시네마의 경우 고해상도 및 고화질의 영상이 요구되는 분야로 홀로그램 자체에 대한 효율적인 압축이 반드시 필요한 분야이다. 또한 삼차원 영상 서비스의 보편화가 영화 'Avatar'에서 시작되었듯이, 홀로그램에 대한 서비스의 시작도 극장에서 시작될 가능성이 높다고 본다. 현재는 기술적인 한계로 실험실 환경에서만 홀로그램에 대한 직접 획득이 이루어지고 있지만, 추후 현재의 디지털 카메라 수준

의 홀로그램 카메라가 나온다면 촬영된 홀로그램 영상에 대한 저장시에도 홀로그램 압축은 반드시 필요하고, 홀로그램 현미경에서도 활용될 수 있다.

<표 1>은 삼차원 영상 정보 및 홀로그램 코덱 시스템을 비교하여 보여주고 있다.

	삼차원 영상 정보 기반 홀로그래픽 비디오 시스템	홀로그램 기반 홀로그래픽 비디오 시스템
장점	기존의 2D/3D 비디오 코덱과 호환성이 크고 동시 서비스 가능 데이터의 중복성이 커 압축이 용이함	수신단에서 직접 디스플레이 이용이 가능 다양한 홀로그램 획득 방법에 대한 서비스가 가능함
단점	홀로그램 생성이 수신부 측에 위치하여 수신부의 복잡도가 높음 홀로그램 직접 획득 방식의 경우 3차원 영상으로 변환이 어려움	홀로그램 데이터의 중복성이 크지 않아 압축이 용이하지 않음 기존 비디오 서비스와 호환이 어려움 홀로그램 데이터가 디스플레이 장치에 대한 의존도가 큼
적용 가능 분야	2D/3D/홀로그램 통합 방송 서비스 고사양 스마트 단말 장치(스마트 TV)	홀로그램 전용 방송 서비스 홀로그램 단말 장치(홀로그램 TV) 홀로그램 저장 장치(홀로그램 시네마, 홀로그램 카메라, 홀로그램 현미경)

2. 디지털 홀로그래픽 데이터 특성

홀로그래픽 비디오 시스템은 앞서 소개했듯이 삼차원 영상 기반 및 홀로그램 기반으로 모두 구현이 가능하다. 본 절에서는 각각의 경우에 대해 데이터 특성에 대해 살펴보려고 한다.

가. 삼차원 영상 정보 데이터 특성

삼차원 영상은 스테레오 영상(stereoscopic video), 다시점 영상(multiview video), 컬러 영상과 깊이 영상으로 구성된 video plus depth, 다시점 영상과 다시점 깊이영상으로 구성된 MVD (multiview video plus depth) 데이터까지 다양한 형태의 데이터 포맷이 존재한다[2]. 본 원고에서 다루고자 하는 삼차원 영상 데이터 포맷은 MVD 포맷으로 한정한다. MVD 포맷은 다른 삼차원 영상 데이터 포맷을 모두 포함할 수 있는 가장 포괄적 형태의 데이터 포맷이다. <그림 3>은 다양한 삼차원 영상 데이터 포맷을 보여주고 있다.

앞서 삼차원 영상의 특성에서 언급했듯이 MVD 데이터 포맷에서 깊이 영상에 대한 해상도는 컬러 영상의 해상도에 비해 작거나 같을 수 있고, 또한 그 시점의 수도 컬러 영상의 시점에 비

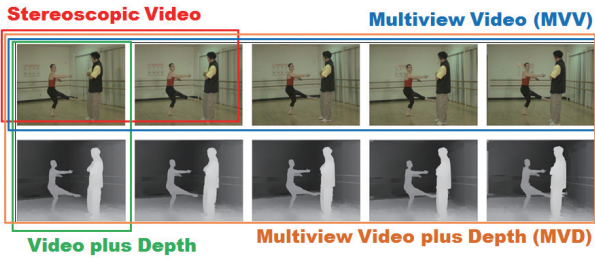


그림 3. 다양한 형태의 삼차원 영상 데이터 포맷

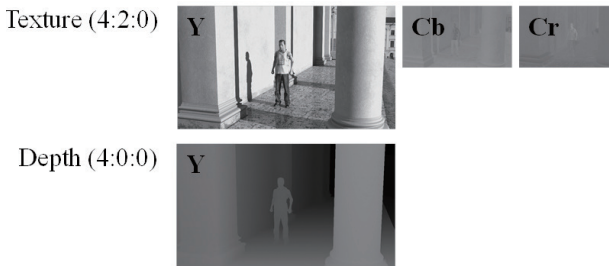


그림 4. MVD 삼차원 영상 포맷

해 작거나 같을 수 있다. <그림 4>는 MVD 포맷을 보여주고 있다. 깊이 영상은 밝기인 Y 성분만 존재한다.

위에서 언급된 데이터는 영상 정보이고, 삼차원 영상 데이터에는 이외에도 메타 데이터(meta data)로 전송되어야 할 추가 데이터가 있다. 대표적인 메타 데이터가 바로 카메라 파라미터이다. 카메라 파라미터란 영상이 획득된 환경에 대한 정보로, 수신단측에서 렌더링에 필요한 데이터이다. [A]는 내부 파라미터(intrinsic parameter), [R|t]는 외부 파라미터(extrinsic parameter)이다. <그림 5>는 삼차원 영상 정보의 메타 데이터인 카메라 파라미터의 한 예이다. 카메라 파라미터는 시점마다 정의된다.

가.1. 2D 영상의 특성

2D 영상의 일반적인 특성으로는 먼저 공간적인 상관도를 들 수 있다. 이는 인접한 화소끼리는 비슷한 특성을 갖고 있음을 의미한다. 다시 말해, 인접한 화소의 화소값이 비슷한 경향을 갖고 급격히 변화하지 않는다는 것이다. 이를 주파수 영역에서 분석하면, 영상의 대부분의 에너지가 저주파 영역에 집중되

1884.190000	-0.654998	513.700000	
0.000000	-1887.490000	371.391000	[A]
0.000000	0.000000	1.000000	
0.96217168137306	0.00402447681999	-0.27253769344141	14.26983937690169
-0.00582380176059	0.99996847776163	-0.00579866818256	-0.17950705107238
0.27250564185959	0.00716308028535	0.96216558348076	4.04633338058394
			[R t]

그림 5. 카메라 파라미터

고, 고주파 영역에는 적은 에너지만 분포한다는 의미이다. 때문에 이러한 2D 영상의 공간적 상관도가 높은 특성을 이용하여, 일반적으로 2D영상의 압축은 공간 도메인(spatial domain)이 아닌 주파수 도메인(frequency domain)에서 이뤄지고, 대표적인 변환으로는 DCT(discrete cosine transform)이나 DWT(discrete wavelet transform)등이 JPEG/MPEG/VCEG 등의 이미지 및 동영상 압축 표준에 채택되어 사용되고 있다.

2D 영상의 개념을 이미지에서 동영상까지 확장하면 동영상의 대표적인 특성인 시간적 상관도를 관찰할 수 있다. 일반적으로 우리가 보는 동영상은 초당 30fps, 즉, 1초에 30장 이상의 영상을 촬영한 것으로 연속하는 프레임들은 아주 높은 시간적 상관도를 갖는다. 이러한 원리를 이용하여 동영상 압축에서는 움직임 예측이라는 기술을 이용한다. 현재 화면을 부호화 하고자 할 때 시간적 상관도가 높은 이전 화면을 참조 화면으로 이용하여 예측 화면을 만들고, 현재 화면과 예측된 화면과의 차분만을 부호화 하는 방식으로 이 때 움직임 예측은 블록 단위로 이루어진다. 2D 영상에서 이러한 기술 적용이 가능한 가장 큰 이유는 시간적 상관도가 매우 높은 특성을 갖기 때문이다

이외에도 사람의 눈의 특성이 색차 성분보다는 밝기 변화에 민감한 특성을 고려하여 영상 압축 시 R, G, B 영상 대신 Y, U, V 영상을 압축한다. 이때 가장 큰 특징은 사람의 눈에 민감한 밝기 성분인 Y는 큰 영상 크기를 이용하지만 사람의 눈에 덜 민감한 색차 성분인 U, V는 Y성분에 비해 1/4크기의 영상을 이용한다는 점이다.

가.2. 다시점 영상의 특성

다시점 영상이란 여러 위치에서 촬영된 영상의 집합으로 앞서 하나의 시점에 대한 동영상의 경우 시간축에 대해 시간적 상관도가 커서 움직임 예측을 통해 효율적인 압축이 가능함을 소개하였다. 다시점 영상의 경우 동일한 장면을 여러대의 카메라로 촬영하기 때문에 시점간에도 높은 상관도가 존재한다. 때문에 시점간에도 시간축에 대해 적용한 움직임 예측 기술의 적용이 가능하다. 이러한 기술이 바로 시점간 예측 기술이다. 일반적으로 시점간 상관도는 시간적 상관도에 비해 떨어진다. 그러나 시간적으로 급격히 변하는 화면 전하나 조명의 밝기가 변화되는 환경등에서는 시간적 상관도에 비해 시점간 상관도가 더 높은 특성을 보인다[3].

가.3. 깊이 영상의 특성

깊이 영상이란 카메라로부터 객체까지의 거리를 이미지 형태로 나타낸 것으로, 일종의 3차원 데이터이다. 깊이 영상은 일반적으로 전경일수록 밝게 표현되며, 배경일수록 어둡게 표현된다. 깊이 영상의 경우 어떤 객체에 대한 깊이값을 나타내기 때

문에 객체가 아무리 복잡한 형태의 무늬를 갖는다고 하더라도 깊이값은 유사하다. 즉, 일반적으로 컬러 영상에 비해 공간적인 상관도가 매우 높다. 그러나 객체의 경계 부분에 대해서는 컬러 영상에 비해 급격히 변하는 특성을 갖는다[3]. 즉, 깊이 영상은 일반적으로 공간적인 상관도는 매우 높지만 객체의 경계 부분에서는 고주파 성분이 매우 크게 나타나고, 이 고주파 성분의 객체 경계는 깊이 영상이 이용되는 렌더링 과정에서 매우 중요하므로 화질에 대한 민감도가 높은 영역이다. 따라서 깊이 영상의 압축에서는 객체 경계를 유지하여 압축하는 것이 중요하다. 그러나 공간적인 상관도가 높기 때문에 다운 샘플링(down sampling)을 통해 효과적인 압축이 가능하다. 이밖에도 깊이 영상은 사람의 눈에 보여지는 데이터가 아닌 렌더링으로 활용되는 데이터이기 때문에 압축시 허용 가능한 에러의 크기가 컬러 영상에 비해 크다는 특징이 있다.

가.4. 컬러와 깊이 영상간의 특성

동일 시점의 컬러 영상과 깊이 영상 사이에도 압축에 이용될 수 있는 중복성이 존재한다. 가장 큰 특징은 동일 시점이기에 각 객체에 대한 위치의 상관도이다. 즉, 컬러 영상에서 어떤 객체가 이미지 상에서 위치한 영역에 깊이 영상에서도 동일 객체가 위치한다는 점이다. 이는 영상 압축에 이용되는 기술 중 움직임 예측 기술 관점에서 보면 컬러 영상의 움직임과 깊이 영상의 움직임이 같다는 것이다. 따라서 이러한 움직임 예측 정보를 서로 공유할 수도 있다.

나. 홀로그램 데이터 특성

홀로그램 데이터는 홀로그램을 기반으로 어떠한 서비스를 할 것인지에 따라 그 포맷이 결정될 수 있다. 본 원고에서는 가장 대중적인 방송을 기준으로 홀로그램 데이터 포맷에 대해 규정하고자 한다. 홀로그래픽 비디오 서비스 시스템 상에서 송신단측에서는 수신단측의 디스플레이 정보를 알 수 없다. 따라서 어떠한 디스플레이에도 디스플레이 될 수 있는 형태의 홀로그램 데이터 포맷을 규정하는 것이 중요하다. 흔히 홀로그램은 진폭(amplitude) 홀로그램과 위상(phase) 홀로그램으로 구분된다. 이 진폭 및 위상 홀로그램은 홀로그램 생성 과정의 complex field에서 계산된다. Complex field는 Real과 Imaginary로 표현되는데 complex field는 진폭 및 위상 홀로그램으로 손쉽게 변환이 가능하다. 따라서 홀로그램 데이터 포맷으로 규정 가능한 데이터 형태는 크게 1) 진폭 홀로그램 + 위상 홀로그램, 2) Real values + Imaginary values, 3) 진폭 홀로그램 + Imaginary values, 4) Real values + 위상 홀로그램 방식으로 구분될 수 있다. 위 네 가지 데이터 형태 중 하나만 있으면 우리는 원하는 홀로그램 형태를 만들어 낼 수 있다. 홀로그램 데이

터 포맷이 기존의 영상과 다른 점 중 하나는 파장에 따라 다른 홀로그램을 갖는다는 것이다. 이는 컬러 홀로그램을 재현하기 위해서는 3개의 파장에 대한 홀로그램이 모두 존재해야 한다는 의미이며, 각 파장의 홀로그램에 대한 데이터 중요도는 동일하다고 볼 수 있다. 즉, 기존의 2D 영상에서는 RGB를 YUV 형태로 변환하여 4:2:0의 색차 포맷을 지원했으나, 홀로그램에서는 독립적인 RGB 4:4:4 방식이 적합해 보인다.

홀로그램에 대한 데이터 특성은 공간적 특성과 주파수 특성으로 구분하여 설명한다[4].

나.1. 공간적 특성

홀로그램의 공간적인 특성을 가장 좌우하는 부분은 홀로그램 획득/생성 과정에서의 홀로그램 평면의 위치이다. 만약 홀로그램 평면이 객체와 매우 가깝게 설정되어 얻어진 홀로그램이라면 2D 영상의 형태를 어느정도 유지하고 있지만, 객체와 거리가 멀어질수록 그 형태를 알아볼 수 없다. 여기에 만약 random phase가 고려된 홀로그램이라면 더더욱 원 2D 영상의 형태는 전혀 알아볼 수 없게 된다. 이 경우 홀로그램은 거의 랜덤 노이즈와 같은 형태의 데이터로 공간적인 상관도는 거의 존재하지 않는 특성을 갖는다. <그림 6>은 'Lena' 영상에 대해 일반적인 홀로그램 영상과 random phase가 고려된 경우에 대한 홀로그램의 공간적인 상관도를 비교하여 보여주고 있다.

이처럼 홀로그램은 일반적인 2D 영상의 공간적 상관도는 기대할 수 없다. 또한 일반적인 2D 영상의 다운 샘플링(down sampling)에도 취약하다. 일반적으로 2D 영상을 다운 샘플링하면 해상도는 줄어들지만 원영상의 형태를 유지한다. 그러나 홀로그램의 경우 <그림 7>과 같이 복원 영상이 아예 달라짐을

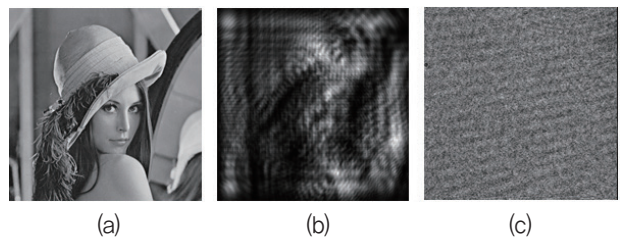


그림 6. (a) 2D 영상, (b) In-phase 홀로그램 영상, (c) random phase 홀로그램 영상



그림 7. 홀로그램의 다운 샘플링에 따른 복원 영상의 손실

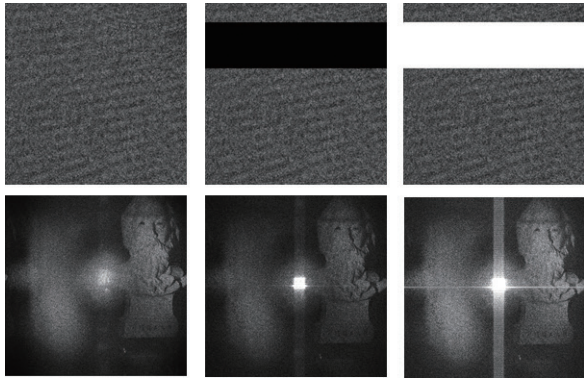


그림 8. 홀로그램의 cropping에 대해 강인성 (상) 홀로그램 영상, (하) 복원 영상

알 수 있다. 이는 홀로그램의 생성 과정을 살펴보면, 홀로그램의 한 화소는 객체의 여러 화소에서 발생하는 파면의 조합으로 이루어진다. 즉, 홀로그램의 하나의 화소는 객체의 여러 화소에서 기인한 것이다. 때문에 하나의 홀로그램 화소는 객체 영상 전체에 대한 정보를 가지고 있는 셈이다. 또한 홀로그램의 화소는 해당 홀로그램의 해상도에서 위치적인 의미를 갖게 된다. 그러나 만약 이미지가 달라지게 되면 이러한 규칙이 모두 깨지게 되므로 알 수 없는 형태의 영상이 복원되는 것이다. 따라서 홀로그램을 다운 샘플링하거나 업샘플링을 할 때는 2D 영상과 다른 접근이 필요하다.

그러나 홀로그램의 화소가 영상 전체에 대한 정보를 포함하고 있는 특성 때문에 홀로그램은 cropping에는 강인하다. <그림 8>는 'Brahms' 홀로그램 영상을 cropping 한 경우에 대해 복원 영상을 비교하여 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 홀로그램은 일부 영역이 cropping되어 없어지더라도 복원 영상에서 커다란 손실이 발생하지는 않는다.

나.2. 주파수 특성

홀로그램의 주파수 특성 또한 일반적인 2D 영상과는 큰 차이를 보인다. 일반적인 2D 영상의 경우 대부분은 에너지가 저주파 대역에 집중되는 형태를 보인다. 그렇지만 홀로그램 데이터의 경우 저주파 대역뿐만 아니라 고주파 대역까지 에너지가 넓게 분포함을 알 수 있다. 물론 두 이미지 모두 DC 영역에 가장 많은 에너지가 모이지만, DC는 밝기 성분이므로 이는 제외하고 분석되어야 한다. <그림 9>은 DCT 후 2D 이미지와 홀로그램의 에너지 분포를 비교하여 보여주고 있다. 좌측 상단으로 갈수록 저주파 영역이다.

홀로그램은 만약 객체와 홀로그램이 무한히 먼 거리를 갖는다면 Fourier 변환을 통해 얻어질 수 있다. 이게 바로 Fourier 변환 홀로그램이다. 따라서 동일한 논리로 만약 홀로그램의 일부 영역에

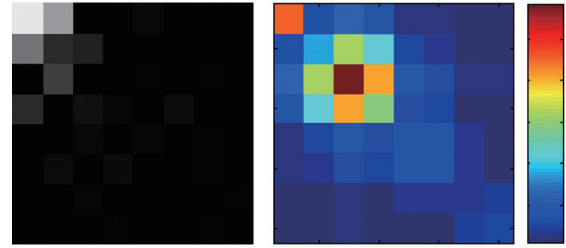


그림 9. DCT 후 2D 영상(좌)과 홀로그램(우)의 에너지 분포 비교

대한 segment의 크기보다 홀로그램과 객체 사이의 거리가 충분히 크다면 segment에 대한 프린지 패턴은 Fourier 변환 홀로그램이 된다. 홀로그램의 공간적 특성 상 일부 segment는 객체 전체에 대한 정보를 가지고 있고, 하나의 segment는 Fourier 변환 홀로그램이므로 만약 하나의 홀로그램 segment에 대해 Fourier 역변환을 수행하면 객체의 형태가 나올 것을 기대할 수 있고, 이를 홀로그램 압축에도 활용할 수 있다.

III. 결론

본고에서는 디지털 홀로그래픽 비디오의 동향에 대해 살펴보았다. 디지털 홀로그래픽 비디오 서비스는 삼차원 영상 기반과 홀로그램 기반으로 구현이 가능하다. 삼차원 영상과 홀로그램 데이터의 특성이 여러면에서 매우 상이하므로 두 시스템에 대한 보다 보다 충분한 검증이 필요하다. 또한 홀로그래픽 비디오 서비스를 위해서는 데이터 포맷, 코덱, 디스플레이 등 여러 분야에서 표준화가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 (재)기가코리아사업단의 '범부처 Giga KOREA 사업'의 일환으로 수행하였음. [GK14D0100, 디지털 홀로그래픽 테이블탑형 단말 기술 개발]

참고 문헌

- [1] X.W. Xu et al., "3D holographic display and its data transmission requirement", IEEE conference publications, IPOC 2011, pp.1-4, 2011.
- [2] K. Muller, P. Merkle, G. Tech, T. Wiegand, "3D video

formats and coding methods”, Proceedings of ICIP 2010, pp. 2389–2392, Hong Kong, 2010.

- [3] A. Vetro, T. Wiegand, G.J. Sullivan, “Overview of the Stereo and Multiview Video Coding Extensions of the H.264/MPEG-4 AVC Standard”, Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 4, pp. 626–642, 2011.
- [4] Y.-H. Seo, H.-J. Choi and D.-W. Kim, “3D Scanning based Compression Technique for Digital Hologram Video”, Image Communication, Feb. 2007.

약 력



오 관 정

2002년 전남대학교 정보통신공학과 학사
 2005년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 2010년 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
 2008년 Mitsubishi Electric Research Laboratories 방문연구원
 2010년~2013년 삼성전자 종합기술원 전문연구원
 2013년~현재 한국전자통신연구원 방송통신미디어연구소 선임연구원
 관심분야: 디지털 홀로그래피, 2D/3D 영상 처리 및 압축, 실감방송



추 현 곤

1998년 한양대학교 전자공학과 학사
 2000년 한양대학교 전자공학과 석사
 2005년 한양대학교 전자통신전파공학과 박사
 2005년~현재 한국전자통신연구원 방송통신미디어연구소 선임연구원
 관심분야: 3DTV, 홀로그래피, 디지털방송기술, 컴퓨터비전



김 진 웅

1981년 서울대학교 공학사
 1983년 서울대학교 공학석사
 1993년 Texas A&M 대학교 공학박사
 1983년~현재 한국전자통신연구원 방송통신미디어연구소 소장 (책임연구원)
 관심분야: 디지털 방송, 실감미디어, 홀로그래피