

HMD 기반 VR 콘텐츠 서비스의 최적 QoE

서동일 조이편 부사장

1. 머리말

2019년 대한민국 정부와 이동통신사는 5G 기반의 서비스를 준비하기 위하여 인공지능, 블록체인, 자율주행, 빅데이터, 실감형 콘텐츠 등 다양한 산업들을 육성하려고 준비 중이다. 그중에 가장 많은 관심을 받고 있는 분야는 바로 실감형 콘텐츠 산업이다. 실감형 콘텐츠 산업은 증강현실(Augmented Reality), 가상현실(Virtual Reality), 혼합현실(Mixed Reality) 등을 뜻한다. 이 중, 가장 대표적으로 화두가 되고 있는 부분은 바로 가상현실(Virtual Reality) 분야이다. 국내 모든 이동통신사들은 5G의 초기 킬러 콘텐츠로 가상현실 콘텐츠에 많은 기대를 걸고 있는데 현재 가상현실 콘텐츠 서비스는 HMD(Head Mounted Display) 기반의 콘텐츠 서비스가 주를 이루고 있다. 그럼 과연 HMD 기반 VR 콘텐츠 서비스를 5G에서 원활하게 서비스를 하려면 어떤 점들을 고려해야 할까? 통신 네트워크 서비스의 핵심은 데이터를 빠르게 지연을 최소화해서 안정적으로 전송하는 것에 있기 때문에 가상현실 콘텐츠를 제대로 서비스하기 위해서는 속도, 지연 그리고 안정성에 필요한 요소를 5G에서 확보하는 것에 있다고 볼 수 있다. 본고에서는 먼저 가상현실 콘텐츠를 5G에서 원활하게 서비스하기 위해 필요한 요소 중 데이터 전송에 필요한 속도를 확인해 본다.

2. VR HMD에 적용된 Display 해상도와 Video Bandwidth의 상관관계

2016년을 시작으로 2019년 현재까지 다양한 제조사에서 다양한 VR HMD들이 시장에 등장했다. 그중에 시장을 리드하고 있는 기업들의 대표적인 VR HMD를 분석하여 현재 그 기기들이 사용하고 있는 디스플레이의 해상도를 <표 1>에 정리해보았다. 디스플레이의 해상도와 주사율 그리고 'True Color'라고 불리는 24bit의 색상 정보만 알면 1초당 디스플레이에서 이미지를 출력하는데 필요한 비디오 전송 속도를 계산할 수 있다.

<표 1> 상용화 된 대표 VR HMD의 디스플레이 해상도

		1 st Generation		1.5 Generation	2 nd Generation
VR HMD		Oculus Rift	HTC Vive	Oculus Rift S	Oculus Quest
Resolution	Per Eye	1080x1200	1080x1200	1280x1440	1440x1600
Resolution	Both	2160x1200	2160x1200	2560x1440	2880x1600
Refresh Rate		90Hz	90Hz	80Hz	72Hz

$$\text{Bandwidth} = \frac{\text{Resolution}}{\text{Pixel/Frame}} \times \frac{\text{Frame Rate}}{\text{Frame/Second}} \times \frac{\text{Color Depth}}{\text{Bit}}$$

$$\text{Bandwidth} = \frac{\text{Pixel}}{\text{Frame}} \times \frac{\text{Frame}}{\text{Second}} \times \frac{\text{Bit}}{\text{Pixel}} = \text{Bit/Second}$$

$$\text{Color Depth} = 1 \text{ Bit} = 2^1 \text{ colors}$$



1 bit = 2 colors 2 bit = 4 color 4 bit = 16 colors 8 bit = 256 colors 24 bit = 16,777,216

[그림 1] Video Bandwidth 계산 방법 및 Color Depth에 따른 이미지 색감

[그림 1]의 공식을 활용하여 <표 1>에 정리된 표에 비디오 전송 속도를 추가한 표를 아래 <표 2>로 정리해보았다.

<표 2> VR HMD의 디스플레이 스펙에 따른 비압축 Video Bandwidth

		1 st Generation		1.5 Generation	2 nd Generation
VR HMD		Oculus Rift	HTC Vive	Oculus Rift S	Oculus Quest
Resolution	Per Eye	1080x1200	1080x1200	1280x1440	1440x1600
Resolution	Both	2160x1200	2160x1200	2560x1440	2880x1600
Refresh Rate		90Hz	90Hz	80Hz	72Hz
Bandwidth		~5.6Gb/s or ~700MB/s	~5.6Gb/s or ~700MB/s	~7.1Gb/s or ~885MB/s	~8.0Gb/s or ~995MB/s
Display Cable		HDMI 1.3	HDMI 1.3	Mini Display Port 1.2	N/A

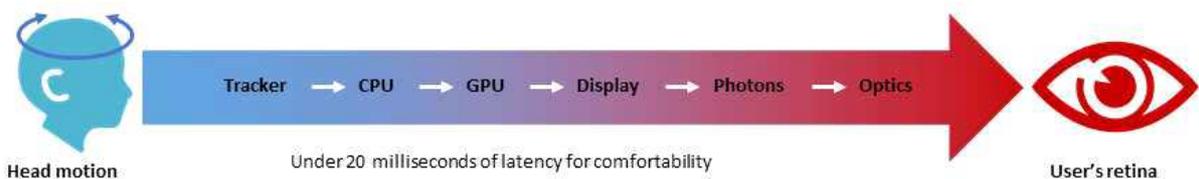
<표 2>에 명시된 Video Bandwidth를 살펴보면 가상현실 콘텐츠를 원활하게 서비스하기 위해서 필요한 비디오 전송 속도는 엄청나게 높다는 것을 알 수 있다. 만약 가상현실 콘텐츠가 이미 촬영된 영상일 경우 비디오를 미리 압축하여 전송을 할 수 있기 때문에 압축률을 잘 활용하면 <표 3>에 명시된 5G 네트워크 전송 속도로 전송이 가능할 수 있을지도 모른다. 하지만 가상현실 게임처럼 사용자의 입력 내용이 즉각적으로 반응하는 형태의 서비스라면 문제는 조금 더 어려워진다. 가상현실 HMD를 착용한 사용자가 머리를 움직이면서 입력하는 비디오 데이터는 실시간으로 렌더링이 되어야 하는데 여기에 렌더링 된 데이터를 압축하는 것까지 진행하게 되면 최종 사용자가 새로운 비디오 데이터를 출력 받기까지 상당한 지연 시간이 걸릴 수 있기 때문이다. 이렇게 발생한 지연 시간은 가상현실 콘텐츠 사용자 경험을 감소시키는 문제가 생긴다. 이는 시간의 지연에 따른 프레임 혹은 해상도 저하를 유발하여 VR Sickness가 발생할 수 있기 때문이다.

<표 3> 4G와 5G 통신 네트워크의 성능 비교

성능 지표	4G (IMT-Advanced)	5G (IMT-2020)
최대 전송속도	1Gbps	20Gbps
체감 전송속도	10Mbps	100~1,000Mbps
주파수 효율성	-	4G 대비 3배
고속이동성	350km/h	500km/h
전송지연	10ms	1ms
최대 연결 기기수	10 ⁵ /km ²	10 ⁶ /km ²
에너지 효율성	-	4G 대비 100배
데이터 처리용량	0.1Mbps/m ²	10Mbps/m ²

3. HMD 기반 VR Content의 QoE 최적화에 필요한 5G 이동통신 요구사항

HMD 기반 VR Content의 QoE 최적화에 필요한 하드웨어 기술 조건 중 하나는 Motion-to-Photon Latency(MTP)다. 이는 VR HMD를 착용하는 사람이 머리를 움직였을 때 이에 반응하여 디스플레이에서 새로운 이미지를 그려내는데 소요되는 시간을 뜻한다.



[그림 2] 머리 동작으로 인한 정보가 광자로 사람의 눈까지 전달되는 과정

[그림 2]는 이 MTP가 발생하는 구간을 총 6구간으로 구별해놓았는데 이 모든 구간에서 발생

하는 MTP의 총합이 20 ms 미만이어야 VR Sickness를 최소화할 수 있다는 조건이 있다. [그림 2]에서 가장 높은 MTP를 발생하는 구간이 바로 디스플레이의 픽셀 전환 구간인 Photon 부분이다. 현재 VR 시장에서 많이 통용되는 VR 디스플레이의 주사율은 90Hz인데 이는 디스플레이에서 픽셀의 전환을 이룰 때 11ms의 MTP를 고정적으로 발생시킨다. 사람 머리의 움직임을 트래킹하는 센서에서 발생하는 지연 시간을 1ms라고 한다면 CPU와 GPU를 통한 이미지 렌더링과 이동통신 네트워크가 가져갈 수 있는 지연 시간은 총 7ms 이하여야 하는데 CPU와 GPU의 성능이 낮을수록 통신 네트워크에서 가져갈 수 있는 지연 속도는 더욱 낮아져야 한다. 5G 이동통신이 추구하는 데이터 전송 지연 속도가 1ms인 만큼 이 부분이 정말 달성될 수 있는 부분이라면 5G는 VR 산업이 활성화될 수 있는 핵심 네트워크 기술로 평가될 수 있다. 따라서 5G에서 가상현실 콘텐츠가 원활하게 구동이 되려면 지속해서 높아지는 VR HMD의 해상도를 고려하여 최적의 비디오 데이터 렌더링 및 압축 방법과 초저지연이라는 두 문제를 잘 해결하여야 한다.