

# 핸드폰용 스테레오 카메라에서의 입체시 인지 요소에 대한 연구

\*,\*\*이광훈, \*\*\*손정영,\*김수호, \*윤영수<sup>†</sup>,\*\*김성규<sup>‡</sup>

\*건국대학교 신기술융합학과  
\*\*한국과학기술연구원 영상미디어센터  
\*\*\*대구대학교 정보통신대학  
\*,\*\*geniuspb@kist.re.kr

Research of the human factors required to the stereoscopic camera system in cellular phone.

\*,\*\*K.H.Lee, \*\*\*J.Y.Son, \*S.H.Kim, \*Y.S.Yoon<sup>†</sup> and \*\*S.K.Kim<sup>‡</sup>

\*Dept. Advanced Technology Fusion, Graduated school, Konkuk Univ.  
\*\*3D-display lab, Imaging Medea Research Center, Korea Institute of Science and Technology  
\*\*\*School of Computer and Communication Engineering, Daegu Univ.

## 요약

최근, 핸드폰은 일상생활의 필수품이 되었다. 특히 카메라가 장착된 핸드폰은 개인홍보와 오락요소로의 대표적인 도구로 사용된다. 나아가 양안카메라가 적용된 핸드폰은 사용자에게 입체감을 전달할 것이며, 입체감은 보다 효과적인 개인홍보 및 오락성을 제공할 것이다. 핸드폰은 휴대가 용이하지만 제한된 표시소자의 크기 및 해상도로 인하여 입체시 구현 시 사용자에게 손실된 정보 및 낮은 입장감을 제공한다.

이에 본 연구는 기존의 입체시 구현에 대한 구속조건들을 분석하고 핵심 요인을 산출하여, 핸드폰 환경에서의 최적의 입체시 구현을 위한 새로운 구속조건을 범위를 정량화하였다. 대표적인 구속조건으로는 수평, 수직 시차량이 고려되었다. 본 연구의 결과는 핸드폰용 양안카메라의 제작공차 및 효과적인 시차영상 제작을 위한 기준을 제시한다. 연구에 사용된 제품으로는 QVGA해상도(320\*240) 및 2.8" 크기의 표시소자인 PDA폰이며, 입체시에 대한 구속조건을 정량화하기 위하여 수직, 수평이동이 가능한 지그를 사용하여 실험의 정확성을 높였다. 피실험자는 10명이며 남자 7명, 여자 3명으로 구성되었다.

## 1. 서론

최근, 핸드폰은 현대인의 필수품 중 가장 중요한 요소 중에 하나가 되었다. 대표적인 이유는 장소에 구애 받지 않는 통화 기능과 부피가 작고 소지가 용이하다는 점 그리고 부가적으로 여러 가지 유익한 기능이 제공된다는 점을 들 수 있다. 특히 카메라가 장착된 핸드폰은 청소년 또는 장년층을 중심으로 개인 홍보 및 오락의 수단으로 많이 사용되고 있다. 최근 출시되는 핸드폰은 기본적인 통화의 기능을 넘어서 새로운 개인 미디어

도구로 진화하고 있다. 이는 누구나 휴대할 수 있는 개인용 표시소자이며, 평면 영상정보의 전달 뿐만 아니라 나아가 3차원 입체정보를 전달할 수 있는 전달매체로서의 가능성을 제시한다. 특히 3차원 입체영상이 구현되는 핸드폰은 점점 좁아지는 제품 주기 및 고갈된 시장을 대체할 수 있는 중요 아이템으로 자리 매김 될 것으로 사료된다. 이러한 가능성을 기반으로 국내외의 유명기업들은 청소년 및 장년층을 대상으로 입체영상구현이 가능한 3D 핸드폰의 상업화를 연구하고 있다<sup>[1]</sup>. 최근 출시되는 핸드폰 카메라의 해상도는 200~300만 화소의 고해상도로, 일반적

인 디지털 카메라 비교하여도 손색이 없다. 따라서 출시되고 있는 핸드폰 카메라를 사용하여 VGA급(800\*600 pixs)의 시차영상을 제작할 수 있다. 그러나 핸드폰 표시소자의 크기는 3.5인치 이하이고 해상도 또한 최대 QVGA(320\*240)이하로 제한되어 카메라로부터 입력된 시차영상의 정보는 손실된다. 따라서 제한된 핸드폰의 표시소자의 해상도 및 크기는 입체영상의 재생시 단점으로 작용한다. 표시소자의 낮은 해상도와 작은 화면 크기는 낮은 입체감을 수반한다. 입체감은 관찰자가 실제로 그곳에 임하고 있는 듯한 실감의 정도를 나타내는 것이며, 입체시에 대한 인지요소 중 가장 중요한 요소이다. 입체감은 표시소자의 크기에 비례한다<sup>[2]</sup>. 그러므로 핸드폰 환경에서의 최적의 입체감 구현을 위해서는, 표시소자의 낮은 해상도 및 작은 표시화면크기에 대한 인지요소를 고려하고 최적의 스테레오 카메라 시스템과 시차영상을 고려할 수 있는 구축조건들이 필요하다.

본 논문은 핸드폰 환경에서의 입체영상 구현에 대한 인지요소들을 확립하기 위하여 시차영상 내, 수평 및 수직 시차량을 증가시켜 관찰자가 입체시를 느낄 수 있는 최적의 시차범위를 구하고, 기존에 연구된 입체시 요인에 대한 결과들과 비교하여 핸드폰 환경에서의 입체시 구축조건에 대한 고유치 및 허용범위를 정량화하였다. 실험에 사용된 제품으로는 QVGA해상도(320\*240) 및 2.8" 크기의 표시소자인 PDA폰이며, 입체시에 대한 구축조건을 정량화하고 실험의 정확성을 높이기 위하여 수직, 수평이동의 정밀한 조정이 가능한 지그를 제작하였다. 시차영상은 좌, 우 영상을 각각 촬영하여 수평중사선을 기준으로 분할하여 교대로 배치되었다. 실험의 정확성을 높였다. 피실험자는 10명이며 남자 7명, 여자 3명으로 구성되었다.

## 2. 이론

### 가. 깊이감의 생성 및 재생

깊이감을 야기하는 방법은 크게 양안시차와 운동시차로 구분된다. 양안시차는 물체로부터 나오거나 반사된 빛이 관찰자의 양눈의 간격과 관찰거리에 의해 각각 좌,우 망막상에 다르게 사영되어 그 차이를 통하여 깊이감을 해석하는 방법이고, 운동시차는 단안의 경우 시간의 따라 이동하는 물체의 위치변화량으로 깊이감을 해석하는 방법이다. 이렇게 공간상 시간상 간격을 두어 동일 물체의 정보가 두 개 이상으로 나뉘는 정성을 시차(Parallax)라고 하고 정량을 시차량(Disparity)이라 한다. 이를 카메라 모델로 치환하여 얻은 좌,우 영상을 스테레오이미지(stereo images)라 하고, 스테레오이미지를 한 장의 영상으로 정합한 것을 시차영상(Stereogram)이라 한다. 양안시차 방법은 시각계(Human Visual System - HVS)의 유사모델로서 입체영상 제작 및 구현에 필요한 대표적인 방법이다. 양안시차방법의 장점으로는 스테레오이미지를 획득할 시, 장소나 시간에 제약이 없다는 점과, 두 대 이상의 카메라를 동시에 촬영 또는 한 대의 카메라를 이용하여 순차적으로 획득할 수 있는 점이 있다. 그러나 카메라의 성능이 다르거나 보정이 이루어지지 않으면 올바른 시차영상을 제작할 수 없다는 단점이 있다. 운동시차방법은 한 대의 카메라를 통하여 시간분할 방식의 스테레오이미지를 획득할 수 있는 장점이 있으나, 시간분할에도 시차량이 변하지 않는 정지된 사물에 대해서는 깊이감의 효과를 얻을 수 없다는

단점이 있다. 시차영상으로부터 깊이감을 얻는 대표적인 방법은 시차장벽(Parallax barrier type)방식이 주로 사용된다. 이 방식은 2D 표시소자의 최종 면으로부터 일정거리 이격된 곳에 수직 또는 수평방향의 장벽을 두어 시차영상을 인위적으로 관찰자의 좌,우 눈의 위치로 공간분할하는 방법으로 2D, 3D전환이 가능하고 장벽설계에 따라 다수의 시점으로 보다 효과적인 깊이감을 구현할 수 있는 장점이 있다.

### 나. 시차량과 입체 시역과의 관계

양안시차 방식으로 제작된 시차영상은 두 대의 카메라로부터 얻은 스테레오이미지의 시차량을 포함하고 있다. 따라서 입체영상 표시소자(Three Dimensional display)를 통하여 시차영상을 사영하였을 때, 관찰자는 표시소자와 이루는 관찰거리에 따라 좌,우 눈과 시차영상내 각각의 대응점과 연장선이 이루어 만나는 공간상의 한 점을 원 물체의 깊이감으로 인식한다. 깊이감의 방향은 표시소자를 기준으로 돌출 및 후퇴의 두 방향이고, 시차량의 크기 및 관찰거리에 따라 깊이감은 변화한다.

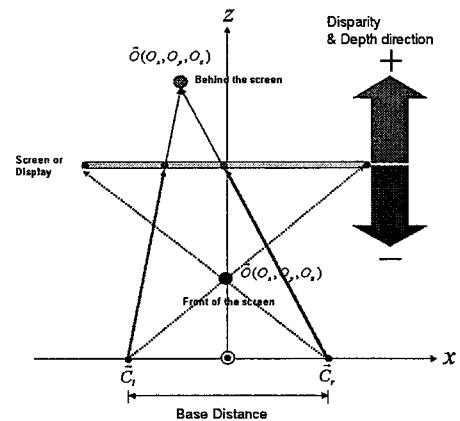


그림 1) 시차량에 따른 깊이감의 방향

시차영상이 허용할 수 있는 깊이감의 최대 시차량은 표시소자의 크기이다. 그러나 관찰자는 시차를 융합하여 깊이감을 얻을 수 있는 시차허용치를 만족해야만 명확한 입체상과 깊이감을 얻을 수 있다. 시차 허용치는 입체영상 표시소자의 종류 및 사용처에 따라 다르게 정의될 수 있다. 앞서 연구된 바에 의하면 표시소자와 관찰자의 거리가 600mm정도인 사무환경에서 외곽선이 분명한 방향패턴의 시차영상의 경우, 허용수평시차량은 +1.3도, 수직시차량은 +0.16도로 보고되고 있다<sup>[2]</sup>. 표 1은 이를 정리한 것이며, 좌측 열 이격량 내의 1은 입체시가 잘됨, 2는 입체시는 되나 이중상 보임 그리고 3은 입체시 안되고 완전한 이중상을 의미한다.

표 1. 앞서 연구된 수평,수직 허용시차량.

이격량	Horizontal		Vertical	
	arc	deg	acr	deg
1	below 80	1.3	below 10	0.16
2	below 100	1.6	below 15	0.25
3	over 100	1.6	over 15	0.25

### 다. 핸드폰 환경에서의 입체시 가능 허용 시차량

사무환경에서의 입체시 구축조건은 관찰거리가 약 600mm정

도 떨어진 경우를 고려한다. 핸드폰 환경의 경우, 관찰자와 핸드폰 표시소자의 거리는 평균 250~300mm로 사무환경과는 다르다. 그러나 사람의 좌,우 눈의 이격거리(양안거리)는 관찰거리에 관계없이 평균 65mm이므로 동일시차량의 시차영상일지라도 사무환경과 핸드폰 환경에서의 입체시가 가능한 허용시차량은 다르게 정의되어야 한다. 결과적으로 허용시차량은 최적의 입체시를 위한 구속조건이며, 더불어 핸드폰용 스테레오 카메라 제작의 허용공차를 의미한다.

### 3. 실험

#### 가. 시차영상 획득

핸드폰용 스테레오 카메라에서, 최적의 입체시 구현을 위한 인지요소를 정의하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 실험장비는 QVGA(320\*240 pixs) 해상도 및 표시소자의 크기가 2.8인치인 PDA폰을 사용하였으며, 장착된 카메라는 최대조리개 개방수치 F/2.6, 시야각(FOV) 60도인 특성을 갖는다. 정확한 실험을 위하여 수평,수직으로 이동할 수 있는 전용지그를 제작하였다. 제작된 지그는 수평, 수직방향으로 1mm씩의 병진이동이 가능하다. 기준 시차량을 정의하기 위하여 100mm<sup>2</sup>크기의 물체를 카메라 셋팅으로부터 1000mm 떨어진 곳에 위치시켰다. 기준 시차량은 2.2mm 이며, 이에 대한 관찰거리는 220mm이다.

스테레오이미지를 획득하기 위하여 단일 카메라 시스템을 고려하였고, 시간에 따라 조도가 변하지 않는 내부조명하에서 이격거리 35mm를 수평병진 이동한 후 좌, 우 스테레오이미지를 촬영하였다. 본 실험에 사용된 양안카메라모델은 평행모델이다. 허용 수평시차량을 구하기 위하여 카메라의 이격거리를 기준 35mm에서부터 각 +10mm씩 병진 이동하여 총 10단계의 스테레오이미지를 획득하였고, 허용 수직시차량은 기준 시차량을 기준으로 수직으로 5mm씩 5단계를 수행하여 각 수평 10단계, 수직 5단계에 대한 스테레오그램 및 시차영상을 획득하였다. 정확한 실험데이터 산출을 위하여 피실험자는 총 10명이 동원되었으며 남자는 7명 여자는 3명으로 구성되었다. 측정은 고정 턱받침대를 사용하여 피실험자의 시야를 고정하였고, 관찰거리는 220mm로 측정되었다. 입체영상구현을 위한 표시소자는 모아레 무늬 방지를 위한 사선형 시차장벽방식이 적용되었다<sup>[3]</sup>. 그림 2)의 좌측은 물체와 카메라와의 조건을, 우측은 사선형 시차장벽방식이 적용된 스테레오카메라 핸드폰의 세팅을 나타낸다.

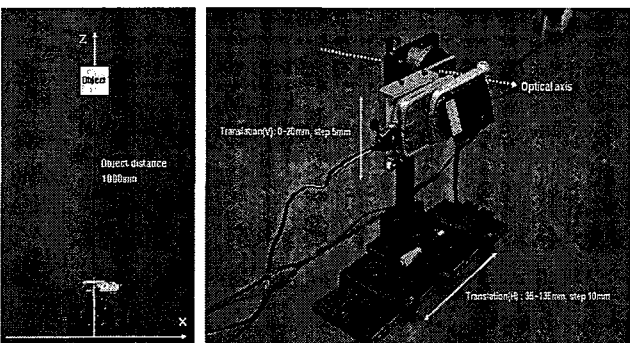


그림 2) 평행모델방식의 스테레오 핸드폰 카메라의 구속조건

#### 나. 허용시차의 정량화

측정실험은 다음과 같은 순서로 진행되었다. 피실험자 10명

의 양안사이의 거리를 측정하고 수평, 수직의 증가된 시차량이 포함된 시차영상을 보여주어 융합정도를 4단계로 구분하였다. 융합정도의 4단계는 다음과 같다.

첫째, 상이 하나로 일치하며 입체감이 뚜렷하다.

둘째, 입체감은 있으나 상은 하나가 아니다.

셋째, 입체감은 다소 있으나 상이 두 개로 보인다.

넷째, 입체감은 없고 두 개의 상만 보인다.

각 단계마다 각각 10점, 7점, 4점, 1점을 부여하여 측정데이터를 정량화 하였다. 최종적으로 10명의 데이터를 평균하여 상이 명확하고 입체시가 가능한 최소기준을 6점으로 하여, 기준점까지의 점수에 해당하는 허용수평, 수직시차량을 구하였다. 그림 3)은 시차영상 획득시 수평, 수직방향으로 병진이동에 따른 시차량의 변화를 모식화한 것이다. 사용된 표기문자의 의미는 다음과 같다.  $\Delta H, \Delta V$ 는 각각 카메라의 수평, 수직방향의 병진 이동량을,  $\tau, \Delta\tau$ 는 각각 기준 시차량 및 증가된 시차량의 탄젠셜각을 그리고 영상좌표  $\vec{P}_l, \vec{P}_r$ 은 물체로부터 사영된 좌, 우 대응점을 의미한다. 허용시차량 ( $\Delta disparity$ )은 관찰자로부터 시차영상내의 대응점이 입체시로 융합될 수 있는 시차량의 범위를 의미한다.

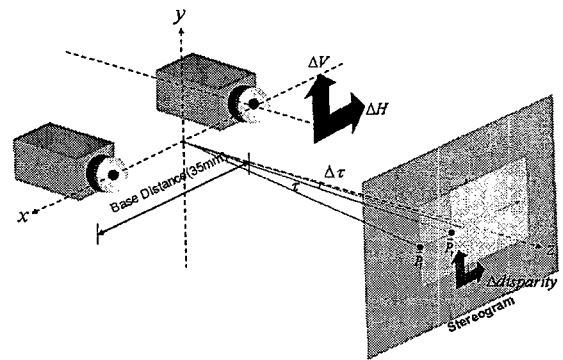


그림 3) 수평, 수직 병진이동에 따른 시차량 변화

### 4. 결 과

표 2.는 피실험자의 기초데이터로서 10명의 이름, 성별 그리고 눈간 거리를 테이블화한 값이다. 측정순서는 테이블 순서로 수행되었으며 측정자간의 눈간 거리는 최저 59mm에서 최대 70mm까지 측정되었다.

표 2. 피실험자의 기초데이터

Table	Name	Gender	Eye gap(mm)
1	K J S	Male	68
2	L K H	Male	65
3	H Y J	Female	62
4	I S M	Female	59
5	C K H	Male	60
6	J J H	Female	63
7	K D W	Male	65
8	K S W	Male	70
9	K D H	Male	64
10	L J H	Male	67

카메라의 간격을 수평방향으로 10mm씩 10단계를 이동 또는 수직방향으로 5mm씩 5단계를 이동시켜 획득한 각 스테레오 이미지는 수직주사 방향으로 한 행씩 교차하며 좌,우 스테레오이

미지가 융합된 시차영상으로 구현된다. 그림 4)는 피실험자로부터 획득된 실측치로서, 카메라의 수평방향 병진이동에 따른 수평시차량의 증가를 수치화하고, 입체시 가능정도를 정량화한 그래프이다. 수평축은 카메라의 수평병진이동량을 나타내고 수직축은 입체시의 융합정도를 나타낸다. 입체시가 가능한 기준을 6점으로 하여 그 이상에 해당하는 병진이동량의 범위를 산출하였다. 측정된 데이터를 기준으로, 입체시가 가능한 수평병진 이동량은 35mm를 기준으로 +30mm까지이다. 이를 입체시 가능한 허용시차량의 범위로 환산하면 탄젠셜각 +0.5도이고, 이 값은 앞서 보고된 수평허용시차량인 +1.3도의 38%에 해당한다. 따라서 핸드폰 환경에서의 입체시 가능한 수평허용시차량은 사무환경에서의 허용시차량보다 작다.

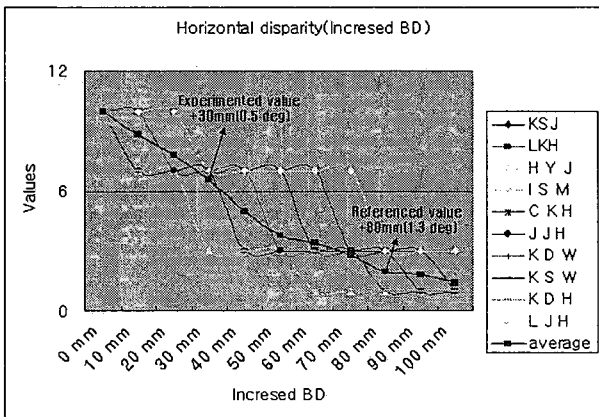


그림 4) 수평방향의 병진이동에 따른 입체시 허용 수평시차량.

그림 5)는 수평방향과 마찬가지로, 수직방향의 병진이동에 따라 수직허용시차를 정량화한 그래프이다. 입체시가 가능한 허용 수직시차량은 좌,우 카메라간의 거리를 35mm로 고정시키고, 우측 카메라를 수직병진이동하여 입체시가 가능한 최소 기준점수를 6점을 만족하는 시차량이다. 측정된 데이터를 기준으로 입체시가 가능한 수직병진 이동량은 +10mm까지이다. 이를 입체시 가능한 허용시차량의 범위로 환산하면 탄젠셜각 +0.16도이고, 이 값은 앞서 보고된 수직허용시차량과 같다. 허용수직시차량의 물리적 의미는 스테레오 카메라의 수직정렬공차와 관계한다. 뿐만 아니라 시차영상제작 시, 수직방향으로의 허용치를 의미한다. 핸드폰 환경에서의 허용수직시차범위는 사무환경의 입체시 가능 범위와 같다.

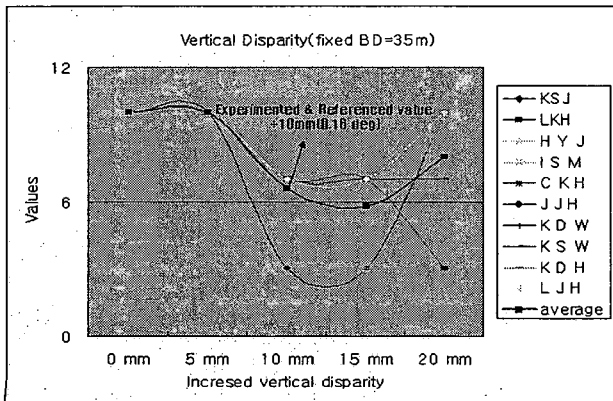


그림 5) 수직방향의 병진이동에 따른 입체시 허용 수직시차량.

## 5. 결론

표시소자의 크기가 2.8인치이고 QVGA의 해상도를 갖는 핸드폰 환경에서의 입체시 가능한 인지요소를 수평, 수직시차량으로 구분하고 정량화 하였다. 수평방향의 허용시차량은 기준시차량으로부터 탄젠셜각 +0.5도이며, 수직방향의 허용시차량은 +0.16도이다. 이 값은 사무환경에서의 허용시차량과 비교하여 수평방향으로는 38%이고 수직방향으로는 100%의 허용도를 갖는다. 수평방향의 허용시차량이 낮은 이유는 표시소자의 크기가 작아 시차영상내의 물체이미지의 크기는 작고 반면에 시차량은 상대적으로 관찰자에게 크게 느껴지므로 허용시차량이 감소되는 것으로 사료된다. 수직방향의 허용시차량은 사무환경과 비교하여 차이가 없다. 원인으로는, 본 연구에 사용된 카메라 모델은 평행모델로서 동일 물체에 대한 시차량은 오직 수평시차량만 존재한다. 따라서 수직시차량이 존재하지 않는다. 뿐만 아니라 인간의 시각계는 수평방향만으로 이격된 시차정보만을 얻기 때문에 수직방향의 시차량에 대한 경험적 부재로 어떠한 표시소자의 환경에서도 동일한 허용시차량을 갖는 것으로 사료된다. 수직방향의 허용시차량은 스테레오 카메라를 제작할 시 수직정렬공차의 기준량으로 사용될 수 있으며, 임의의 시차영상을 제작할 시 수직방향의 허용치로 사용될 수 있다. 핸드폰 환경에서의 최적의 깊이감제공은 관찰거리가 220mm인 경우, 수평허용시차량은 거리로 환산하여 3.75mm이다. 따라서 시차영상제작시 돌출 및 후퇴 깊이감은 수평시차량 3.75mm 이내에서 제작되어야 한다.

핸드폰의 가장 큰 장점은 휴대성이다. 그러므로 휴대폰의 표시소자는 3.5인치 이하로 제작되어야 한다. 이러한 환경에서 효과적인 깊이감을 갖는 입체시는 기대할 수는 없다. 따라서 입체영상 콘텐츠 또한 이미지가 작고 시차량이 적은 오락성 위주의 것으로 제작될 것이다. 낮은 입장감에 대한 근본적인 문제들을 해결하기 위하여 핸드폰 카메라의 해상도를 모두 사용할 수 있고 60인치 이상의 입장감을 키울 수 있는 두부장착형(HMD) 또는 안경식 디스플레이와의 기술접목을 고려하고 있으며, 근거리 물체에 효과적인 수렴모델의 스테레오 카메라를 적용하는 방법에 대한 연구도 진행 예정에 있다.

## 참고 문헌

- [1] 김은수, 차세대 3차원 입체디스플레이 기술의 연구개발동향, KAIST IDEC/3D DISPLAY '05.
- [2] NHK방송기술연구소, 김은수,이승현 공역, 3차원영상의 기초
- [3] 조강현,유범재 공역, 3차원 비전