

# ความจริงเสริมสำหรับระบบการปรากฏทางไกล

## Augmented Reality for Telepresence System

คมกฤษ ทัพย์เกษร และ รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทรศัพท์ +66(0)2-4709339, 9691 โทรสาร +66(0)2+4709691

E-mail: toto@fibo.kmutt.ac.th, siam@fibo.kmutt.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการประยุกต์ใช้ระบบความจริงเสริมร่วมกับระบบการปรากฏทางไกล โดยมุ่งเน้นในการนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้ โดยจะใช้ระบบความจริงเสริมในการเพิ่มข้อมูลต่างๆ เพื่อเพิ่มความเข้าใจให้กับผู้ใช้งานและอาศัยระบบการปรากฏทางไกลเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ได้แม้จะอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ระบบนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงผลภาพให้กับผู้ใช้งานและส่วนการควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งในส่วนการแสดงผลภาพให้กับผู้ใช้งานนั้นจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์วิชั่นเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุที่สนใจแล้วทำการเพิ่มเติมข้อมูลในรูปแบบของคอมพิวเตอร์กราฟิกส์บนภาพแล้วทำการบีบอัดให้มีขนาดเล็กลงเพื่อส่งข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่ายโดยใช้โปรโตคอล UDP ไปยังผู้ใช้งาน และในส่วนการควบคุมอุปกรณ์จะทำการส่งข้อมูลของคำสั่งด้วยโปรโตคอล TCP/IP ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

**คำสำคัญ:** ความจริงเสริม / การปรากฏทางไกล / การประมวลผลภาพ

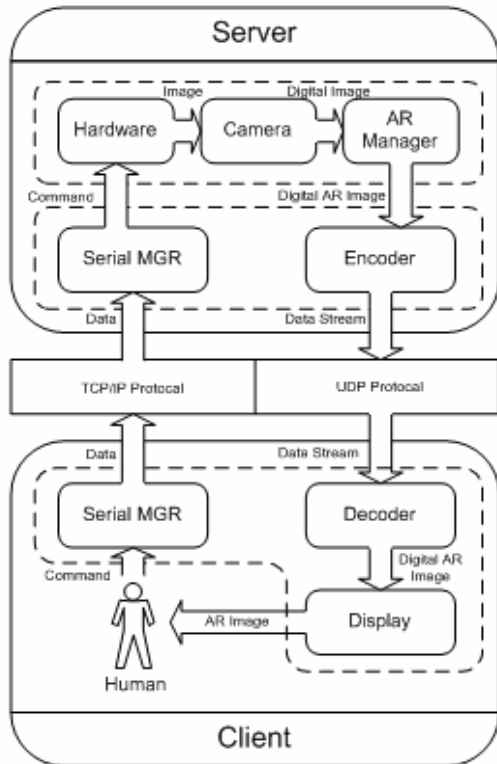
### 1. บทนำ

ระบบความจริงเสริม(Augmented Reality) เป็นระบบซึ่งช่วยเพิ่มเติมข้อมูลต่างๆให้กับผู้ใช้งานทั้งในรูปแบบของตัวหนังสือและภาพกราฟิก ซึ่งเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนรู้ โดยที่ผ่านมามีการวิจัยในเรื่อง

ของการนำระบบความจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้เป็นจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของ Bernd Schwald และ Blandine de Laval [1] ได้นำระบบความจริงเสริมไปใช้เพื่อการฝึกฝนผู้ใช้งานในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วน Arthur Tang และคณะ[2] ได้ทำการวิจัยในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเรียนรู้ด้วยระบบความจริงเสริมกับการเรียนรู้ในแบบต่างๆ โดยจากผลงานวิจัยที่ผ่านมามีพบว่าการใช้ระบบความจริงเสริมทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็ว สำหรับบทความวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวความคิดในการนำระบบความจริงเสริมมาใช้ในการศึกษาร่วมกับระบบการปรากฏทางไกลเพื่อช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนรู้ที่อยู่ห่างไกลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ในเบื้องต้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้ในลักษณะการแสดงให้เห็นภาพ (Visualization) โดยติดตั้งอยู่ที่ฝั่งของเครื่องแม่ข่าย (Server) โดยจะมีแกนกลที่ใช้เพื่อหยิบจับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ เช่น บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำมาถ่ายภาพของอุปกรณ์เหล่านั้นแล้วทำการประมวลผลภาพรวมทั้งเพิ่มเติมข้อมูลลงบนอุปกรณ์แต่ละชิ้น จากนั้นจึงส่งข้อมูลภาพมายังฝั่งของเครื่องลูกข่าย (Client) โดยผู้ใช้จะอยู่ที่ฝั่งของเครื่องลูกข่าย ซึ่งสามารถเลือกดูรายละเอียดของอุปกรณ์รวมทั้งควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องการเรียนรู้ได้

## 2. ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ

ระบบนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแม่ข่าย และส่วนลูกข่าย โดยมีการทำงานดังรูปที่ 1

### 2.1. ส่วนแม่ข่าย

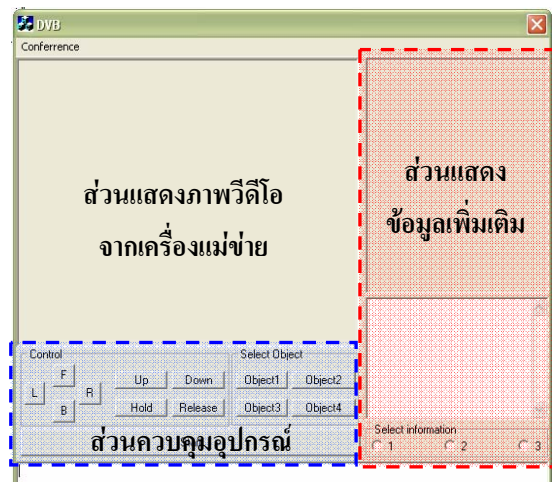
ส่วนแม่ข่ายจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ต้องการเรียนรู้ไปยังตำแหน่งต่างๆ โดยจะมีแขนกลขนาดเล็กที่มี 5 องศาอิสระเป็นส่วนเคลื่อนที่ และมีกล้องวิดีโอสำหรับถ่ายภาพติดตั้งอยู่ตรงข้ามของแขนกลเพื่อทำการถ่ายภาพของอุปกรณ์ที่ต้องการแสดงผลด้วยความละเอียด  $352 \times 288$  พิกเซล ส่วนภาพที่ได้จะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อทำการประมวลผลหาตำแหน่งที่ต้องการแสดงผลข้อมูลเพิ่มเติมและสร้างกราฟิกทับซ้อนลงบนภาพนั้น จากนั้นจะทำการบีบอัดข้อมูลภาพและส่งข้อมูลนั้นไปยังผู้ใช้ที่ฝั่งเครื่องลูกข่าย ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ฮาร์ดแวร์ในส่วนแม่ข่าย



### 2.2. ส่วนลูกข่าย

ส่วนลูกข่ายจะมีหน้าที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโดยจะทำการรับข้อมูลภาพจากฝั่งเครื่องแม่ข่ายเพื่อมาแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน และมีหน้าที่ในการรับคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์จากผู้ใช้งานเพื่อส่งข้อมูลของคำสั่งเหล่านั้นกลับไปยังฝั่งแม่ข่ายเพื่อควบคุมแขนกลไปยังตำแหน่งต่างๆที่กำหนดไว้ โดยหน้าต่างของโปรแกรมในส่วนติดต่อกับผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 3



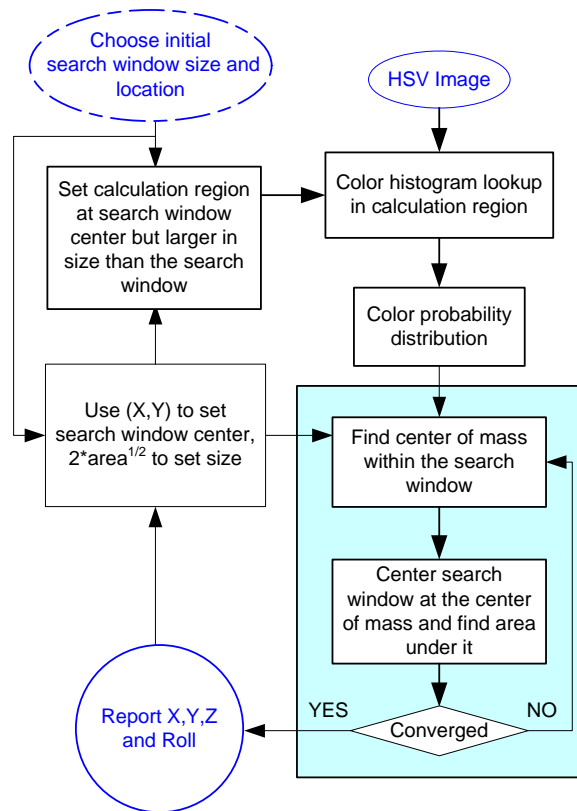
รูปที่ 3 หน้าต่างของโปรแกรมในส่วนลูกข่าย

## 3. การเสริมข้อมูลให้กับภาพ

### 3.1. การหาตำแหน่งในการเสริมข้อมูล

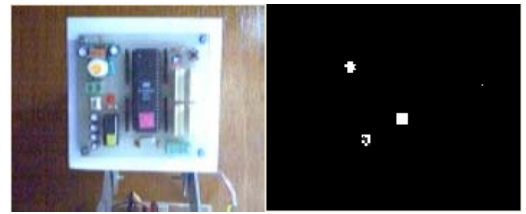
บริเวณตำแหน่งที่ต้องการเสริมข้อมูลให้กับระบบจะมีการติดแถบสีที่ต่างกันเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่จะเพิ่มเติมข้อมูลลงไป โดยอาศัยหลักการตรวจจับสีหรือวัตถุแบบ Continuous Adaptive Mean Shift (CAMSHIFT) [3] ซึ่งจะตรวจจับวัตถุจากการเปรียบเทียบค่าของเม็ดสี ที่ได้จากการแปลงโมเดลสีจาก RGB เป็น HSV โดยการหาความน่าจะเป็นในการ

กระจายตัวของเม็ดสี (Color Probability Distribution) จากนั้นจะทำการหาค่าจุดศูนย์กลางของวัตถุนั้น ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งในการแสดงผลของข้อมูลเสริม



รูปที่ 4 การตรวจจับหาตำแหน่งโดยใช้วิธี CAMSHIFT [3]

เนื่องจากการตรวจจับแบบ CAMSHIFT เป็นการหาดำแหน่งของวัตถุจากการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการกระจายตัวของสี ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการหาดำแหน่งจึงจำเป็นต้องมีการปรับค่าเริ่มต้น (Threshold) ที่เหมาะสมก่อนการใช้งาน จากนั้นจึงทำการหาดำแหน่งของวัตถุตามวิธีการของ CAMSHIFT ดังรูปที่ 4 โดยผลตัวอย่างของการตรวจจับวัตถุแสดงได้ดังรูปที่ 5



ภาพต้นฉบับ

ภาพที่กำหนดค่าเริ่มต้นแล้ว



ผลลัพธ์ที่ได้

รูปที่ 5 แสดงการหาตำแหน่งของวัตถุในภาพด้วยวิธี CAMSHIFT

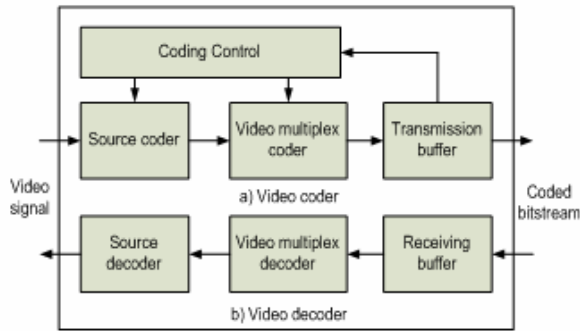
### 3.2. การสร้างข้อมูลที่จะเสริมลงบนภาพ

ข้อมูลคอมพิวเตอร์กราฟิกที่จะเสริมลงบนภาพถูกสร้างด้วยไลบรารี OpenGL จากนั้นจะนำข้อมูลเหล่านี้มาซ้อนทับลงบนภาพในตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งของแถบสีที่ได้มาจากกระบวนการหาดำแหน่งของวัตถุบนภาพก่อนหน้านี้

## 4. ส่งข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่าย

### 4.1. การบีบอัดข้อมูล

เมื่อทำการเสริมข้อมูลลงบนภาพแล้วจะนำภาพที่ได้นั้นมาทำการบีบอัดข้อมูลเพื่อให้มีขนาดเล็กลงเพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย โดยการบีบอัดนั้นใช้มาตรฐาน H.263 ของ International Telecommunication Union [4] (ITU) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับระบบเครือข่ายที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำ โดยมีการทำงานดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการบีบอัดข้อมูลด้วย H.263 [4]

## 4.2. การส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP

หลังจากบีบอัดข้อมูลภาพที่จะทำการส่งข้อมูลแล้ว จะทำการส่งข้อมูลภาพที่ได้นั้นผ่านระบบเครือข่ายด้วยโปรโตคอล UDP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีการรับและส่งข้อมูลที่รวดเร็ว ถึงแม้ว่าจะมีความผิดพลาดของข้อมูลได้เนื่องจากไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่การผิดพลาดของข้อมูลภาพเพียงบางเฟรมในบางครั้งมีผลต่อการรับรู้เพียงเล็กน้อย จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการส่งข้อมูลภาพ

## 5. การส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

คำสั่งสำหรับควบคุมอุปกรณ์ จำเป็นต้องมีความถูกต้องจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้โปรโตคอล UDP แต่จะใช้โปรโตคอล TCP/IP ที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการรับส่ง

## 6. ผลการทดลอง

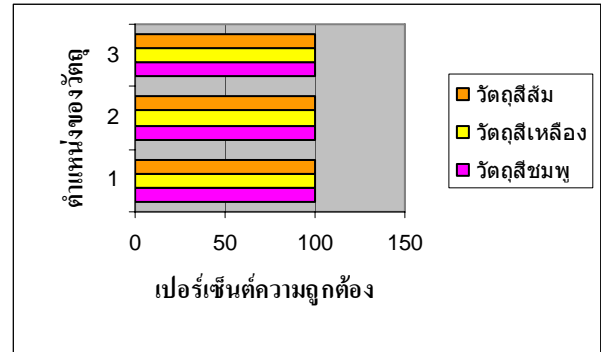
### 6.1. การหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้วิธี

#### CAMSHIFT

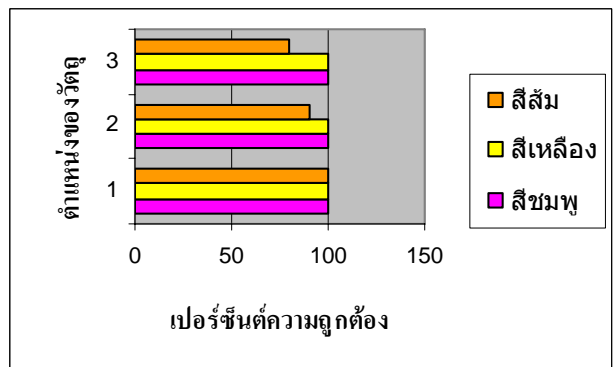
เนื่องจากวิธีการของ CAMSHIFT เป็นการเปรียบเทียบการกระจายตัวของเม็ดสี การเปลี่ยนแปลงของแสงจึงมีผลต่อระบบ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมแสงในพื้นที่ทำงาน โดยในการหาวัตถุพร้อมกันทั้งสามสีโดยมีอัตราการประมวลผลภาพอยู่ที่ประมาณ 13 เฟรมต่อวินาที และมีความแม่นยำในการหาตำแหน่งของสีตามตารางที่ 1-3 โดยมีการเคลื่อนที่วัตถุไปยังตำแหน่งต่างๆกันสามจุด แล้วทำการหาตำแหน่งของสีทั้งสามสี

ภายในวัตถุนั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ออกจากกล้องความแม่นยำในการหาตำแหน่งของวัตถุจะลดลง

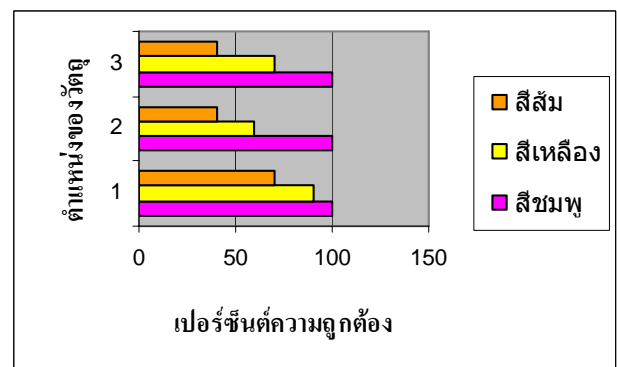
ตารางที่ 1 การหาตำแหน่งของสีที่ระยะห่างจากกล้อง 20 ซม.



ตารางที่ 2 การหาตำแหน่งของสีที่ระยะห่างจากกล้อง 40 ซม.



ตารางที่ 3 การหาตำแหน่งของสีที่ระยะห่างจากกล้อง 60 ซม.



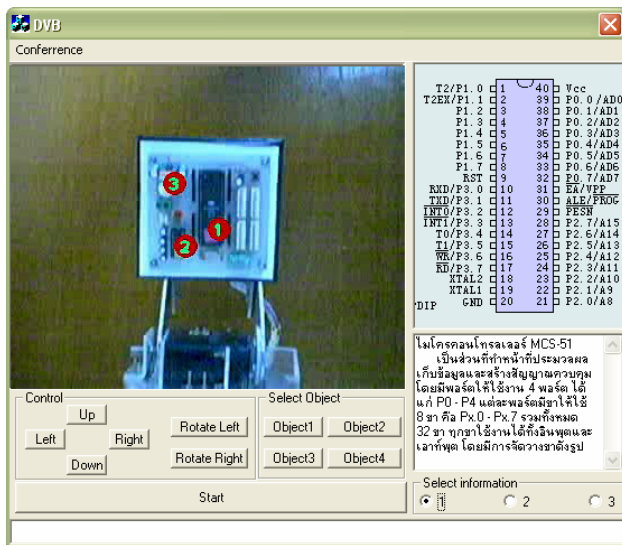
## 6.2. การส่งข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่าย

### คอมพิวเตอร์

จากการทดลองสามารถส่งภาพด้วยขนาด  $352 \times 288$  พิกเซล ผ่านระบบเครือข่ายภายในด้วยความเร็วในการสื่อสารข้อมูล 100 Mbps สามารถส่งภาพได้อย่างต่อเนื่อง มีอัตราการหน่วงของภาพน้อยกว่า 0.1 วินาที

## 6.3. การควบคุมอุปกรณ์และติดต่อกับผู้ใช้งาน

เนื่องจากขนาดข้อมูลที่ส่งมีขนาดเล็กและทำการส่งด้วยโปรโตคอล TCP/IP ทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่องโดยไม่มีความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล โดยในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งานสามารถแสดงข้อมูลเพิ่มเติมได้ถูกต้องตรงกับอุปกรณ์ที่ผู้ใช้งานต้องการเรียนรู้ทั้งในส่วนข้อมูลรูปภาพและข้อความเพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงภาพส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

## 7. สรุป

จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบความจริงเสริมสำหรับการปรากฏทางไกลทำให้เห็นว่าระบบนี้มีความสามารถเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ทางไกล เนื่องจากเมื่อจัดเตรียมระบบในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะทำให้สามารถหาตำแหน่งและเพิ่มเติมข้อมูลได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งความสามารถในการแสดงผลภาพผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้อย่างต่อเนื่องและผู้ใช้งานสามารถควบคุมอุปกรณ์ในฝั่งเครื่องแม่ข่ายได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งในอนาคตสามารถนำระบบนี้มาพัฒนาเพิ่มเติมได้ โดยอาจนำไปใช้ในการสร้างระบบห้องทดลองทางไกลผ่านระบบเครือข่าย เพื่อให้ผู้เรียนที่อยู่ห่างไกลและขาดแคลนอุปกรณ์หรือห้องทดลองสามารถเข้ามาทำการทดลองผ่านระบบเครือข่ายได้ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสทางการศึกษาให้กับผู้เรียนที่อยู่ห่างไกลให้มีศักยภาพในการเรียนรู้ทัดเทียมกับโรงเรียนอื่นๆ ได้

## 8. บรรณานุกรม

- [1] Bernd Schwald and Blandine de Laval, "An Augmented Reality System for Training and Assistance to Maintenance in the Industrial Context", *WSCG'2003, February 3-7, 2003, Plzen, Czech Republic*.
- [2] A. Tang, C. Owen, F. Biocca and W. Mou, "Comparative Effectiveness of Augmented Reality in Object Assembly", *CHI 2003, April 5-10, 2003, Ft. Lauderdale, Florida, USA*.
- [3] G. R. Bradski and Santa Clara, "Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface", *Intel Technology Journal Q2 '98*.
- [4] International Telecommunication Union, "SERIES H: AUDIOVISUAL AND MULTIMEDIA SYSTEMS Infrastructure of audiovisual services - Coding of moving video", ITU, Geneva, Switzerland, 2005