รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง ระบบแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติแบบค่าใช้จ่ายต่ำ

(A Low Cost 3D Stereoscopic Display System)

คณะผู้ดำเนินงานวิจัย

1. นางสาวฝาติหมัะ	เหมมันต์	หัวหน้าโครงการ
2. นายสุมาตร	ฟองเกิด	ผู้ร่วมโครงการ
3. รศ.ดร.วรวุธ	วิสุทธิ์เมธางกูร	ที่ปรึกษาโครงการ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ประจำปีงบประมาณ 2550

คำนำ

การแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ สามารถช่วยในการสื่อสาร ทำให้ภาพที่เห็นนั้นมีความสมจริงและสร้างความเข้าใจในภาพนั้นได้ดีกว่าการมองภาพแบบ 2 มิติ อีกทั้งยังช่วยในการบ่งบอกขนาดและระยะทางได้ดีกว่าอีกด้วย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลาย ๆ ด้าน อาทิ เช่น งานทางด้านการแพทย์ งานทางด้านวิศวกรรม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันส่วนใหญ่ระบบที่ทำให้การแสดงผลภาพแบบสามมิติได้นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ซับซ้อนและราคาสูง ระบบแสดงผลภาพแบบสามมิติที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่แล้ว เช่น โปรเจคเตอร์แบบ LCD และฉากรับภาพ ทำให้สามารถแสดงผลภาพสามมิติที่มีความสมจริงได้ โดยมีค่าใช้จ่ายไม่สูงนักแต่ให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติได้ดี

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์สำหรับแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติหลายแบบ ซึ่งทุกชนิดมีหลักการทำงานเหมือนกันคือ มีภาพสำหรับตาแต่ละข้างซึ่งแตกต่างกันเล็กน้อย และใช้วิธีการที่ทำให้ตาข้างขวามองเห็นภาพสำหรับตาขวาและตาข้างซ้ายมองเห็นภาพสำหรับตาซ้ายเท่านั้น และสมองจะแปลผลภาพเป็นภาพสามมิติที่มีความลึกของภาพเสมือนการเห็นวัตถุจริง โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติแบบค่าใช้จ่ายต่ำ โดยในเบื้องต้นได้ตั้งเป้าหมายที่วิธีการฉายภาพแบบโพลาไรซ์ (polarize projection) คือ การฉายภาพสำหรับตาแต่ละข้างโดยใช้เครื่องฉายภาพ LCD สองตัว ผ่านแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ ที่มีมุมของการโพลาไรซ์ตั้งฉากกัน (45 ° และ 135 °) ฉายไปบนฉากรับภาพที่คงสภาพความเป็นโพลาไรซ์ของแสงได้ และผู้ชมที่ใส่แว่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ที่ทั้งสองข้างมีการกรองแสงที่สะท้อนจากฉากรับภาพ ทำให้ตาแต่ละข้างมองเห็นภาพที่ต่างกัน ทำให้เห็นเป็นภาพสามมิติ

ในระหว่างดำเนินโครงการ ผู้วิจัยได้พบว่ามีอุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่ใช้หลักการเหมือนกันอีกอย่างคือ จอภาพแบบ LCD ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีตัวกรองแสงแบบโพลาไรซ์เป็นส่วนประกอบอยู่แล้ว และสามารถใช้จอภาพ LCD สองตัว ร่วมกับกระจกกึ่งใส ในการแสดงภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาผสมกัน โดยผู้ชมที่สวมแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์ก็จะสามารถมองเห็นภาพสามมิติ ได้เช่นกัน

ผู้วิจัยได้ประกอบอุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติทั้งแบบเครื่องฉายภาพและแบบจอภาพ LCD ขึ้น และได้ทำการทดสอบการแสดงผลเปรียบเทียบกับอีกวิธีการที่ใช้กันมากคือการใช้ภาพเหลื่อมแบบกรองแสงด้วยสี (Anaglyphs) ซึ่งผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ ที่สร้างขึ้นโดยใช้หลักการกรองแสงแบบโพลาไรซ์ให้การแสดงผลที่ดีกว่าแบบ Anaglyphs ในเกือบทุกด้าน

อุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติทั้งแบบเครื่องฉายภาพ และจอภาพ LCD สามารถประกอบขึ้นได้โดยใช้ต้นทุนไม่สูงมาก และ ยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ จึงเหมาะที่จะใช้กับงานด้านการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ และการจำลองการทำงานเสมือนจริง

คำหลัก: สเตอริโอ, สามมิติ, โพลาไรซ์, จอภาพ, เครื่องฉายภาพ

Abstract

Currently there are various types of 3-D stereoscopic display. They all have the same principle of displaying two images, which are slightly different, separately for left and right eyes. The observer's brain will combine the two images into a realistic 3-D image with depth of the objects. This project is a development of a low cost 3-D stereoscopic display system. Initially, our focus is on polarize projection , which uses 2 LCD projectors and two polarize filters, displaying images on a nondepolarising screen. The observers wearing polarize 3D glasses will be able to see 3D pictures appearing on the screen.

During the project, the investigators have learned about another type of 3-D display using the same principle of polarization. This display uses LCD monitors which have polarize filter as a built-in component. Two LCD monitors and a semitransparent mirror can be used to display the combined left-eye and right-eye images. The observers wearing polarze 3D glasses can see 3D pictures in the same way.

Both 3D stereoscopic displays, LCD projection and LCD monitors, are assembled and tested against another commonly used method, 3D anaglyphs. The test results show that the quality of the display from polarization method is better than that obtaining from 3D anaglyph in all aspects. The 3-d monitors and 3-d projectors can be assembled with low cost, and have several advantages over other methods. They are suitable for computer aided design and virtual reality applications.

Keywords: stereo, 3-d, polarize, monitor, projector

สารบัญ

รายการ	หน้า
รายการตาราง	VIII
รายการภาพประกอบ	IX
1. บทนำ	1
ประวัติและวิธีการมองภาพแบบสเตอริโอสามมิติ	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
3. ระเบียบวิธีการวิจัย	3
3.1. ศึกษารายละเอียดของวิธีการต่างๆ ในการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ	3
• การฉายภาพแบบโพลาไรซ์	3
• มอนิเตอร์แสดงผลภาพแบบสามมิติ	5
3.2. จัดหาอุปกรณ์ และวัสดุที่จำเป็นในการประดิษฐ์ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอยู่	5
• แว่นตาสามมิติ	6
• แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์	6
• ฉากรับภาพ	6
• คอมพิวเตอร์และการ์ดแสดงผล	7
• โปรเจคเตอร์	7
• ภาพสเตอริโอ	8
• กระจกกึ่งใส่และกระจกเงา	8
3.3. ออกแบบ สร้างชิ้นส่วนและประกอบระบบ	9
• ส่วนประกอบของอุปกรณ์	9
• ชั้นวางโปรเจคเตอร์	9
• ขาตั้งสำหรับยึดจับแผ่นกรองแสง	9
• ขาตั้งกระจกกึ่งใสและกระจกเงา	9

- หลักการทำงานของระบบแสดงผลภาพสเตอริโอที่ประกอบเป็นระบบ 10

3.4. ทดสอบระบบที่สร้างขึ้น 12

4. ผลการวิจัยและการทดสอบอุปกรณ์ 12

4.1 การจัดหาภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวแบบสเตอริโอสามมิติ 12

4.2 ทดลองนำภาพสามมิติ แสดงผลให้ผู้ทดสอบประเมินโดยแบบสอบถาม 12

4.3 ผลการทดสอบ 13

4.4 อภิปรายผลการทดสอบ 16

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 16

บรรณานุกรม 18

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 20

แบบสอบถามการมองภาพสเตอริโอสามมิติ

ภาคผนวก ข 21

บทความการเข้าร่วมประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21

ภาคผนวก ค 22

หลักฐานการยื่นขอจดทะเบียนสิทธิบัตร ประเภทสิ่งประดิษฐ์คิดค้น

รายการตาราง

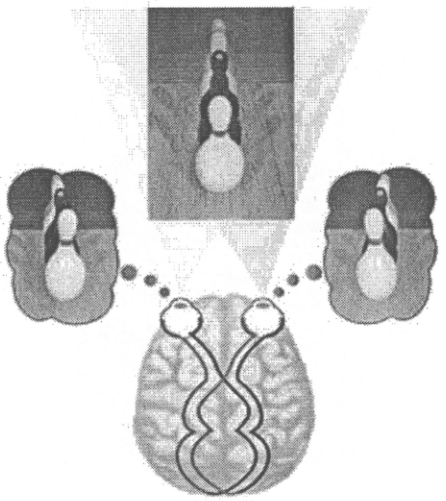
ตารางที่		หน้า
1	ตารางแสดงผลการทดสอบภาพนิ่ง	14
2	ตารางแสดงผลการทดสอบความเคลื่อนไหว	15

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1	การมองภาพที่ต่างกันของสองตาแล้วแปลผลโดยสมอง	1
2	การมองภาพแบบขนานโดยใช้ Stereo Viewer	2
3	การนำภาพแบบสเตอริโอ 2 ภาพ ซ้อนทับกันโดยใช้วิธี Anaglyphs	3
4	ภาพแสดงหลักการฉายภาพไปยังจอรับภาพโดยให้ซ้อนทับกันพอดี	4
5	ภาพแสดงหลักการทำงานของการ Polarize	4
6	ภาพแสดงหลักการทำงานของ Linear Polarizers	4
7	ภาพแสดงตัวอย่างแว่นที่ Polarized แสงเช่นเดียวกับโปรเจคเตอร์	5
8	ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ	5
9	แว่นตาสำหรับดูภาพ	6
10	แผ่นกรองแสง	6
11	ฉากรับภาพแบบ Nondepolarising	7
12	ชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ	7
13	โปรเจคเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ	8
14	ตัวอย่างภาพต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ	8
15	กระจกกึ่งใสและกระจกเงา	8
16	ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบ(1)	9
17	ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบ(2)	10
18	หลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ	11
19	การทดสอบการแสดงผลภาพสเตอริโอ 3 มิติ	12
20	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบภาพนิ่ง	14
21	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบภาพเคลื่อนไหว	15
22	อุปกรณ์ที่มีขายและอุปกรณ์ที่ได้จัดทำจากการวิจัย	17

1. บทนำ

มนุษย์เราสามารถมองเห็นสิ่งของต่าง ๆ เป็นสามมิติ โดยจำแนกระยะใกล้ไกล (หรือความลึก) ได้ เพราะตาสองข้างของเราที่อยู่คนละตำแหน่งมองเห็นภาพที่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งภาพทั้งสองจะถูกสมองรวมและประมวลผลให้เห็นถึงระยะความลึกของวัตถุได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: การมองภาพที่ต่างกันของสองตาแล้วแปลผลโดยสมอง

การแสดงผลภาพโดยทั่วไปจะเป็นภาพที่ได้จากการบันทึกแล้วนำมาพิมพ์ หรือฉายไปบนระนาบเดียว หลักการของการมองภาพแบบสเตอริโอสามมิติ คือการบันทึกภาพสองภาพสำหรับตาแต่ละข้าง แล้วนำมาแสดงให้ตาแต่ละข้างมองเห็นเฉพาะภาพสำหรับตานั้นๆ

วิธีการมองภาพแบบสเตอริโอสามมิติ มี 2 วิธีคือ

การมองภาพโดยไม่ใช้เครื่องมือช่วย

การมองภาพโดยใช้เครื่องมือช่วย

1.1 การมองภาพโดยไม่ใช้เครื่องมือช่วย

การมองด้วยตาเปล่า

วิธีการนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือช่วยแต่จะต้องมีการฝึกฝนกล้ามเนื้อตาของเรา โดยการวางภาพสำหรับตาข้างซ้ายและข้างขวาเคียงข้างกัน แล้วใช้ตาแต่ละข้างมองไปที่ภาพเฉพาะของตานั้น ๆ จนกระทั่งสมองรวมทั้งสองภาพเป็นภาพเดียว การมองภาพโดยตาเปล่านี้สามารถมองได้สองแบบคือ

ก) มองแบบขนาน (parallel eyes) ภาพสำหรับตาด้านซ้ายจะวางอยู่ทางด้านซ้าย และภาพสำหรับตาด้านขวาจะวางอยู่ด้านขวา

ข) มองแบบไขว้ (crossed eyes) จะวางกลับกันคือภาพสำหรับตาด้านซ้ายจะวางอยู่ทางด้านขวา และภาพสำหรับตาด้านขวาจะวางอยู่ด้านซ้าย

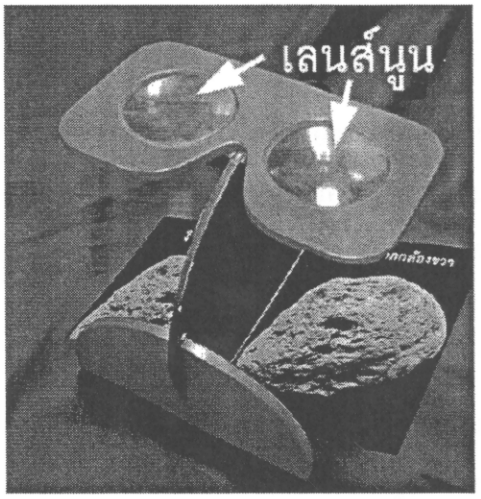
การมองภาพโดยตาเปล่านี้ต้องมีการฝึกฝนจนกว่าจะสามารถทำได้อย่างชำนาญ และในการมองภาพลักษณะนี้นาน ๆ อาจจะทำให้กล้ามเนื้อตาล้า เกิดอาการมึนงงหรือปวดศีรษะได้

1.2 การมองภาพโดยใช้เครื่องมือช่วย สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1.2.1. แยกภาพการมองสำหรับตาซ้ายและตาขวาในแนวขนาน

การมองภาพแบบขนานโดยใช้ Stereo Viewer

เป็นเครื่องมือที่มีเลนส์สำหรับตาแต่ละข้างในการมองภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาแยกจากกัน ดังรูปที่ 2

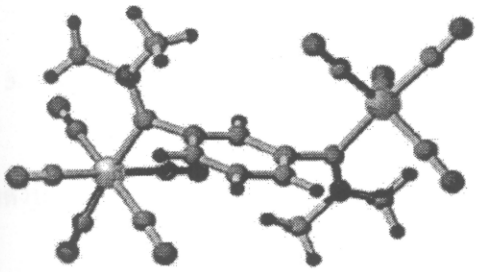


รูปที่ 2: การมองภาพแบบขนานโดยใช้ Stereo Viewer

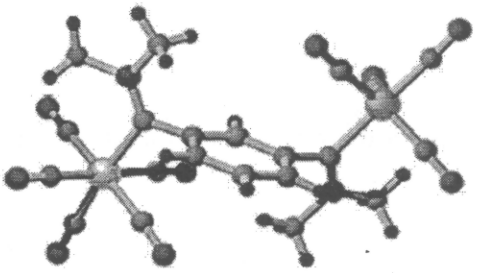
1.2.2. การซ้อนภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาไปบนภาพเดียวกัน แบ่งออกได้เป็นหลายวิธีได้แก่

Anaglyphs

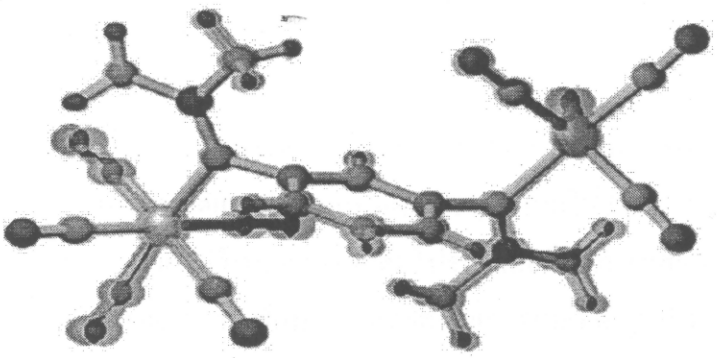
คือการปรับสีภาพแบบสเตอริโอ 2 ภาพ โดยทั่วไปจะปรับโทนสีตาซ้าย และขวาด้วยสีที่แตกต่างกัน แล้วนำมาซ้อนเหลื่อมกัน ดังรูปที่ 3



ภาพตาซ้าย



ภาพตาขวา



รูปที่ 3: การนำภาพแบบสเตอริโอ 2 ภาพ ซ้อนทับกันโดยใช้วิธี Anaglyphs

ในการมองภาพ Anaglyph นี้ ต้องอาศัยแว่นตาพิเศษ ที่มีเลนส์สองข้างในการกรองแสงสีที่ต่างกันสองสี ตามมาตรฐานแล้วมักใช้สีน้ำเงินสำหรับตาขวา และสีแดงสำหรับตาซ้าย แว่นนี้จะกรองให้ตาซ้ายมองเห็นเฉพาะภาพสำหรับตาซ้าย ตาขวาก็จะมองเห็นภาพสำหรับตาขวา และสมองจะแปรภาพออกเป็นสามมิติ วิธีการนี้มีข้อดีคือสามารถพิมพ์ออกเป็นภาพได้ง่าย และ แว่นตามีราคาถูกแต่อาจมีข้อเสียคือภาพที่มองเห็นจะเป็นโทนสีเดียว(สีเทา) และสีของภาพไม่เป็นสีตามธรรมชาติ

Polarized Stereoscope

วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก เพราะการกรองแสงแบบโพลาไรซ์ ยังคงสีของภาพได้อย่างเป็นธรรมชาติ วิธีนี้ทำได้โดยนำภาพ stereo 2 ภาพ ซึ่งเป็นภาพของตาขวาและตาซ้าย มาซ้อนทับกัน การดูภาพให้สมจริงต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ฉายภาพ (Projector) สองตัว ซึ่งแต่ละตัวจะติดตั้งแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ (Polarized Filter) ซึ่งจะทำให้แสงของภาพที่ออกมาจากเครื่องฉายทั้งสองเป็นแบบโพลาไรซ์ แต่จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกัน ผู้ดูจะต้องสวมแว่นตาแบบโพลาไรซ์ ด้วยซึ่งจะมีแผ่นฟิล์มโพลาไรซ์ที่ติดตั้ง ทำให้ตาแต่ละข้างมองเห็นภาพสำหรับตาข้างนั้น ๆ สมองก็จะแปลผลภาพให้เป็นเหมือนภาพสามมิติ สำหรับวิธีนี้จะต้องใช้จอรับภาพแบบ Nondepolarizing เพื่อให้แสงที่สะท้อนจากจอรับภาพไปยังผู้ดู ยังคงเป็นแบบโพลาไรซ์ วิธีการนี้มีข้อดีคืออุปกรณ์หาง่าย แว่นตาที่ใช้มีราคาถูก และให้ภาพสามมิติที่ชัดเจนสมจริง และคงสีธรรมชาติไว้ จึงเป็นวิธีการที่ผู้วิจัยเลือกในการพัฒนาอุปกรณ์

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1. เพื่อศึกษาข้อดีข้อเสียของระบบการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ แบบต่าง ๆ

2.2. เพื่อสร้างและทดสอบระบบแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ แบบค่าใช้จ่ายต่ำ

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

ในการทำโครงการวิจัยเรื่อง "การแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ แบบค่าใช้จ่ายต่ำ" มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1. ศึกษารายละเอียดของวิธีการต่างๆ ในการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ

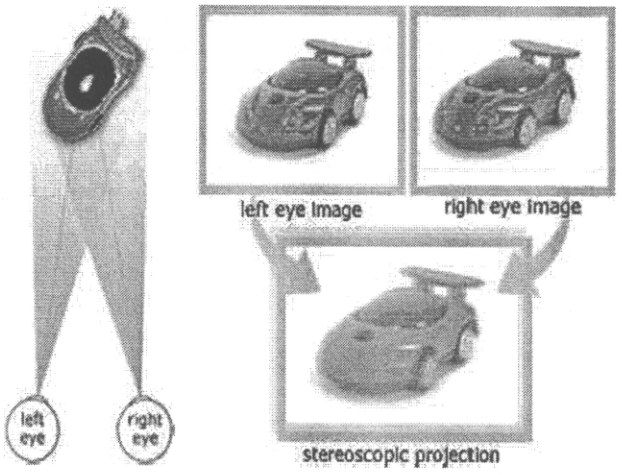
3.2. จัดหาอุปกรณ์ และวัสดุที่จำเป็นในการประดิษฐ์ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอยู่

3.3. ออกแบบ สร้างชิ้นส่วนและประกอบระบบ

3.4. ทดสอบระบบที่สร้างขึ้น

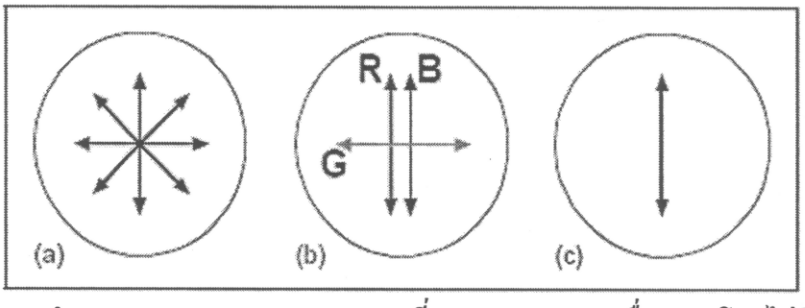
3.1. การศึกษารายละเอียดของวิธีการต่างๆ ในการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ

ศึกษาการแสดงผลภาพสามมิติแบบ Passive Stereoscopic โดยใช้ LCD โปรเจคเตอร์ 2 ตัว โปรเจคเตอร์ตัวที่ 1 แสดงภาพที่ต้องมองด้วยตาซ้ายไปยังจอรับภาพและโปรเจคเตอร์ตัวที่ 2 แสดงภาพที่ต้องมองด้วยตาขวาไปยังจอรับภาพ และให้การแสดงภาพทั้ง 2 ภาพ ซ้อนทับกันที่จอฉายภาพพอดี ดังรูปที่ 4

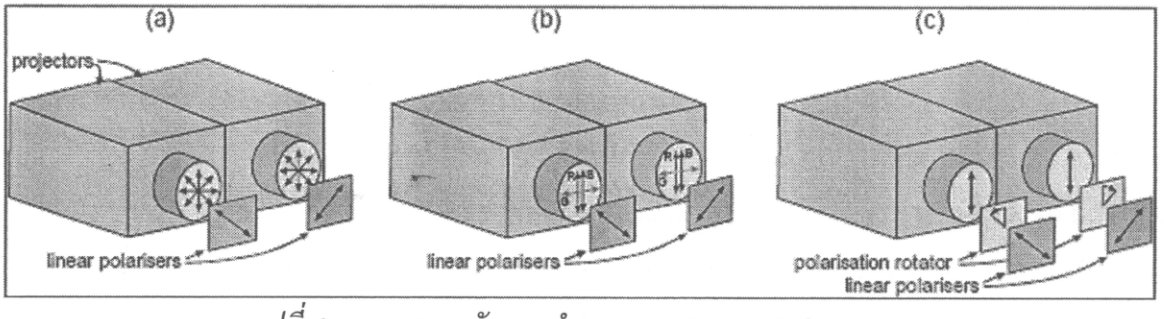


รูปที่ 4:ภาพแสดงหลักการฉายภาพไปยังจอรับภาพโดยให้ซ้อนทับกันพอดี

แต่เนื่องจากแสงจะมีได้ทุกทิศทางดังนั้นจึงต้องมีการกรองให้แสงผ่านในแนวเดียว โดยใช้ Linear Polarizers เพื่อให้ภาพที่ฉายไปยังจอรับภาพเป็นภาพที่แสงผ่านเพียงแนวเดียวเท่านั้นภาพซ้ายและภาพขวาแนวของแสงจะต้องอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกัน โดยหลักการทำงานดังรูปที่ 5 และ รูปที่ 6

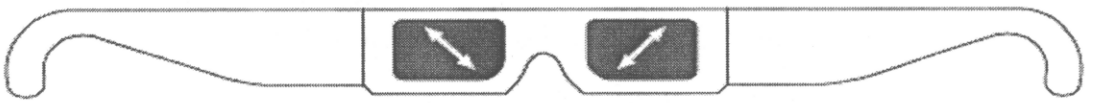


รูปที่ 5:ภาพแสดงหลักการทำงานของการ Polarize (a)แสงที่ฉายออกมาจากเครื่องฉายโดยไม่มีการกรองแสง (b) ทิศทางแสงที่ออกโดย Polarize แสงสีเขียว (c)แสงที่มีการ Polarize แล้วออกมาในแนวเดียว



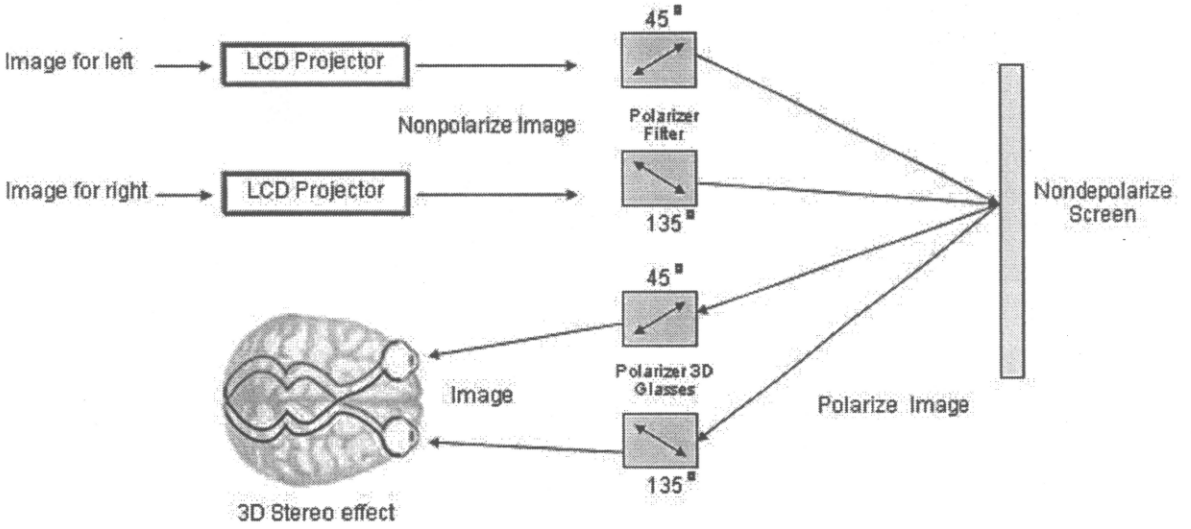
รูปที่ 6:ภาพแสดงหลักการทำงานของ Linear Polarizers

ในส่วนของผู้ชมต้องสวมแว่นที่มีการกรองแสงแบบ Polarized เช่นเดียวกับโปรเจคเตอร์มองไปยังภาพบนจอที่รับภาพฉาย สามารถมองเห็นเป็นภาพสมจริงสามมิติได้



รูปที่ 7:ภาพแสดงตัวอย่างแว่นที่ Polarized แสงเช่นเดียวกับโปรเจคเตอร์

ขั้นตอนการทำงานของระบบแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ แบบ Passive Stereoscopic



รูปที่ 8:ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ

โครงการวิจัยนี้ได้ประยุกต์อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาใช้ทำเป็นระบบแสดงผลภาพสามมิติต้นทุนต่ำเพื่อให้การมองภาพสมจริง 3 มิติ ไม่ได้เป็นเรื่องยากอีกต่อไป

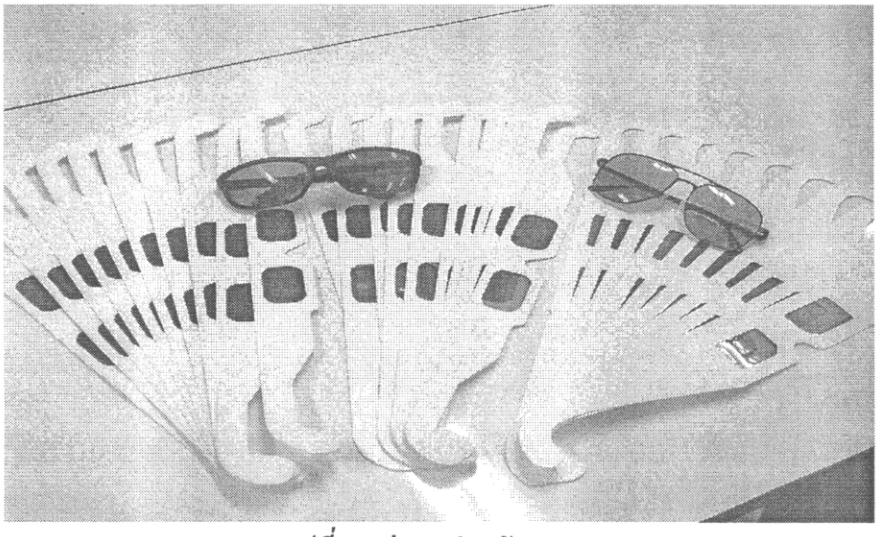
โครงการวิจัยนี้ทดลองสร้างระบบแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ แบบ Passive Polarized โดยประยุกต์ใช้ LCD โปรเจคเตอร์ที่มีอยู่แล้วจำนวน 2 ตัว ประกอบกับอุปกรณ์ต่าง ๆ นั่น คือ แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ฉากรับภาพ และแว่นสามมิติ ทดลองการใช้งานโดยให้ผู้ทดสอบมองภาพสามมิติ ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว และตอบแบบสอบถามต่าง ๆ เกี่ยวกับคุณภาพของภาพสามมิติที่มองเห็น

นอกจากนี้แล้ว หลังจากมีการศึกษาวิธีการแสดงภาพแบบสเตอริโอสามมิติ จนมีความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานแล้วนั้น ได้มีการพัฒนาต่อยอดโครงการวิจัยนี้โดยได้มีความคิดว่าถ้าหากใช้จอภาพแบบผลึกเหลว (LCD Monitors) 2 ตัว วางทำมุมกัน 90 องศา และใช้กระจกกึ่งใส (semi-transparent mirror) วางระหว่างจอ LCD ทั้งสอง ผู้ชมมองภาพสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนกระจกกึ่งใสได้ และได้เพิ่มพื้นที่ในการรับชมภาพได้อีกโดยการเพิ่มกระจกเงาเพื่อรองรับการสะท้อนของภาพที่มาจากกระจกกึ่งใสและจอ LCD โดยผู้ชมจะต้องสวมแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น ซึ่งมีการทำงานที่คล้ายกับการแสดงผลภาพสเตอริโอผ่านทางโปรเจคเตอร์เช่นกัน ผู้จัดทำโครงการวิจัยจึงได้ทำการพัฒนาการแสดงผลภาพสเตอริโอแบบนี้ควบคู่กันกับการแสดงผลภาพสเตอริโอบนฉากรับภาพ

3.2. จัดหาอุปกรณ์ และวัสดุที่จำเป็นในการประดิษฐ์ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอยู่

แว่นตาสามมิติ สำหรับทดสอบภาพ

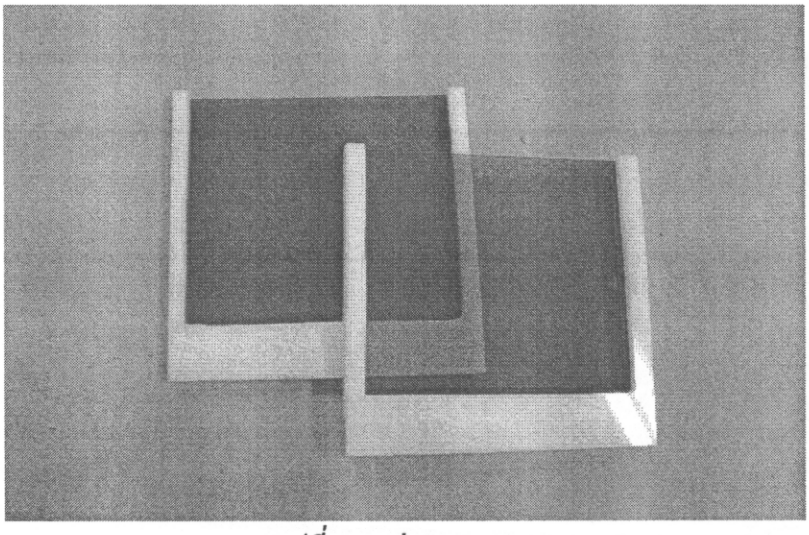
คณะจัดทำโครงการ ได้สั่งซื้อแว่นตาสำหรับทดสอบภาพสามมิติ แว่นตาสำหรับดูทดสอบภาพ Anaglyph จำนวน 21 อัน (คู่) แว่นตาสำหรับดูทดสอบภาพแบบ Polarized จำนวน 11 อัน (คู่)



รูปที่ 9:แว่นตาสำหรับดูภาพ

แผ่นกรองแสง

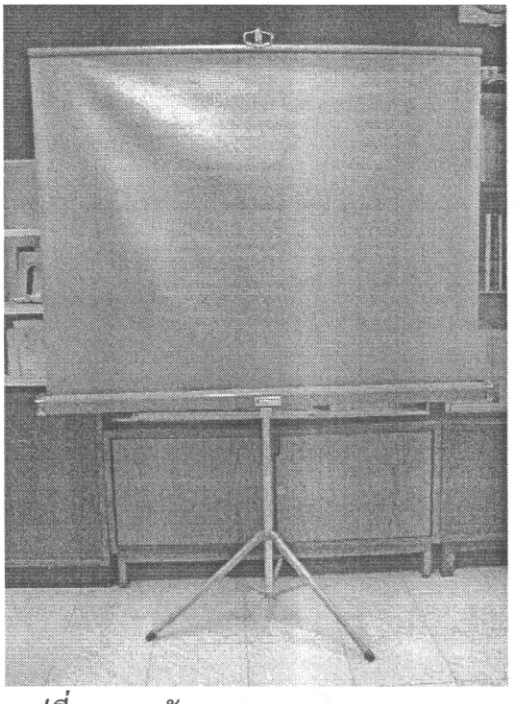
คณะจัดทำโครงการได้จัดเตรียมแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ (Polarized Filter) จำนวน 2 แผ่นสำหรับกรองแสงจากโปรเจคเตอร์ 2 ตัว



รูปที่ 10:แผ่นกรองแสง

ฉากรับภาพ

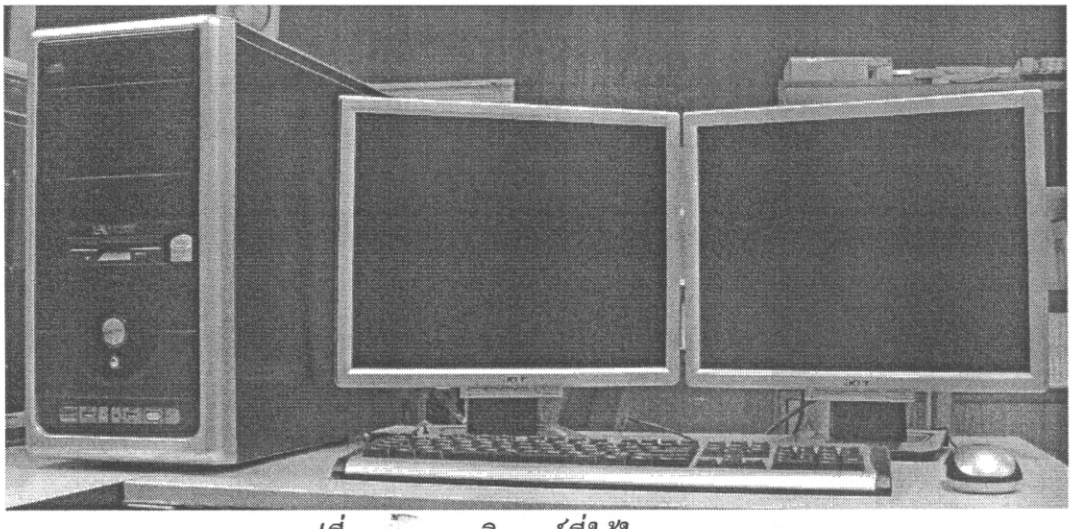
ฉากรับภาพต้องเป็นแบบ Nondepolarising ส่วนใหญ่เป็นจอเงิน (silver screen) สามารถใช้ฉากรับภาพที่มีอยู่แล้ว



รูปที่ 11:ฉากรับภาพแบบ Nondepolarising

คอมพิวเตอร์และการ์ดแสดงผลภาพ

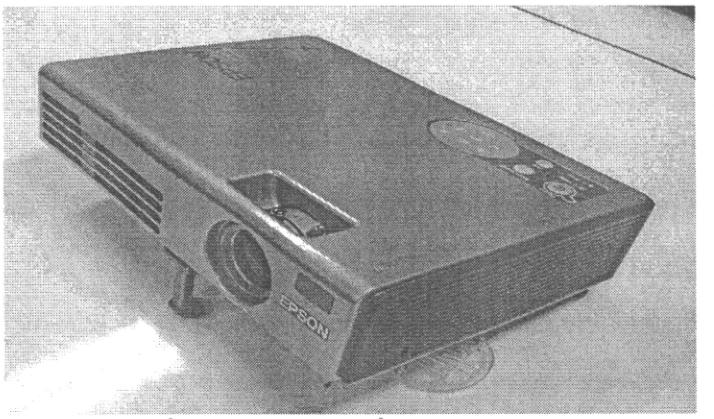
คอมพิวเตอร์สำรับใช้ทดสอบ ได้เปลี่ยนการ์ดแสดงผลภาพธรรมดาเป็นการ์ดแสดงผลภาพสามมิติที่ได้จัดซื้อมา(Nvidia Quadro FX540) ทำให้ภาพออกทางจอคอมพิวเตอร์หรือโปรเจคเตอร์ได้ 2 จอ



รูปที่ 12:ชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

โปรเจคเตอร์สำหรับฉายภาพ

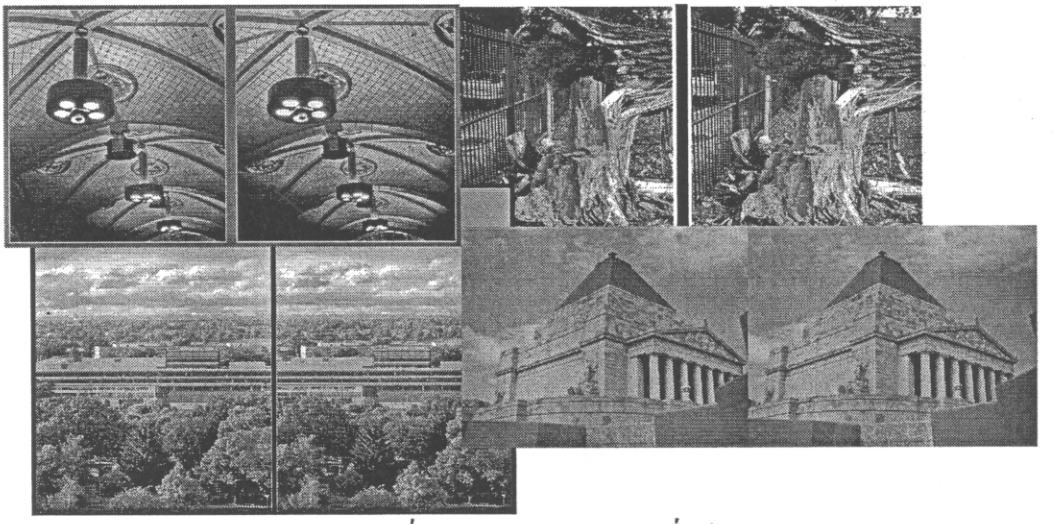
โปรเจคเตอร์สำหรับฉายภาพ ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วภายในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โดยใช้โปรเจคเตอร์ 2 ตัวที่มีอยู่ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล แต่สามารถทำการทดลองกับโปรเจคเตอร์อื่นๆ ทั่วไปได้ เนื่องจากอุปกรณ์ถูกออกแบบให้ใช้ได้กับโปรเจคเตอร์ทั่วๆ ไปได้



รูปที่ 13: โปรเจคเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

ภาพต่างๆ สำหรับทดสอบ

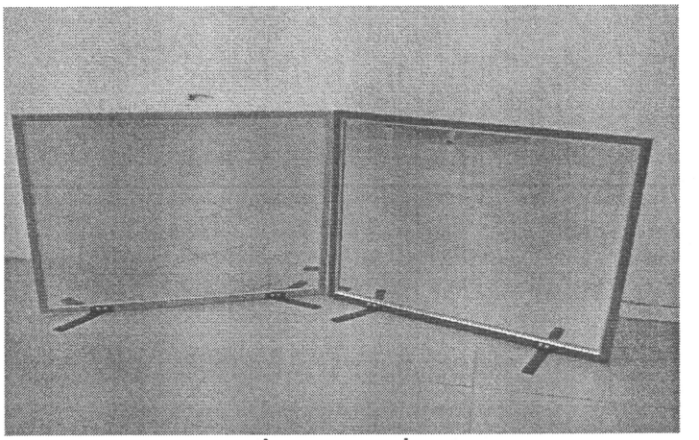
ได้จัดเตรียมตัวอย่างภาพแบบสเตอริโอสามมิติ สำหรับการทดสอบ จำนวนหนึ่ง ดังแสดงในรูป 14



รูปที่ 14:ตัวอย่างภาพต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

กระจกกึ่งใสและกระจกเงา

จากการพัฒนาต่อยอดการแสดงผลภาพผ่านทางมอนิเตอร์ ทางผู้จัดทำโครงการวิจัยจึงได้จัดเตรียมกระจกกึ่งใสและกระจกเงา โดยได้จากการสั่งซื้อและจัดทำ ดังรูปที่ 15



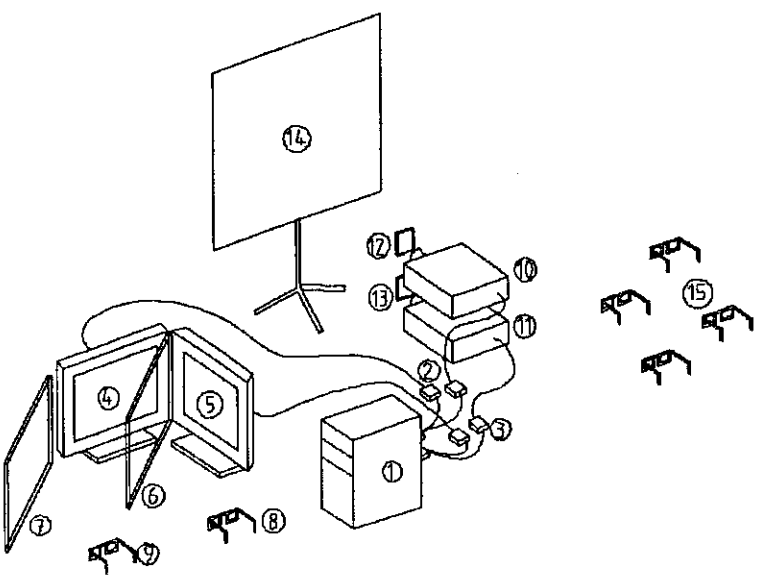
รูปที่ 15:กระจกกึ่งใสและกระจกเงา

3.3. การออกแบบ สร้างชิ้นส่วนและประกอบระบบ

ส่วนประกอบของอุปกรณ์

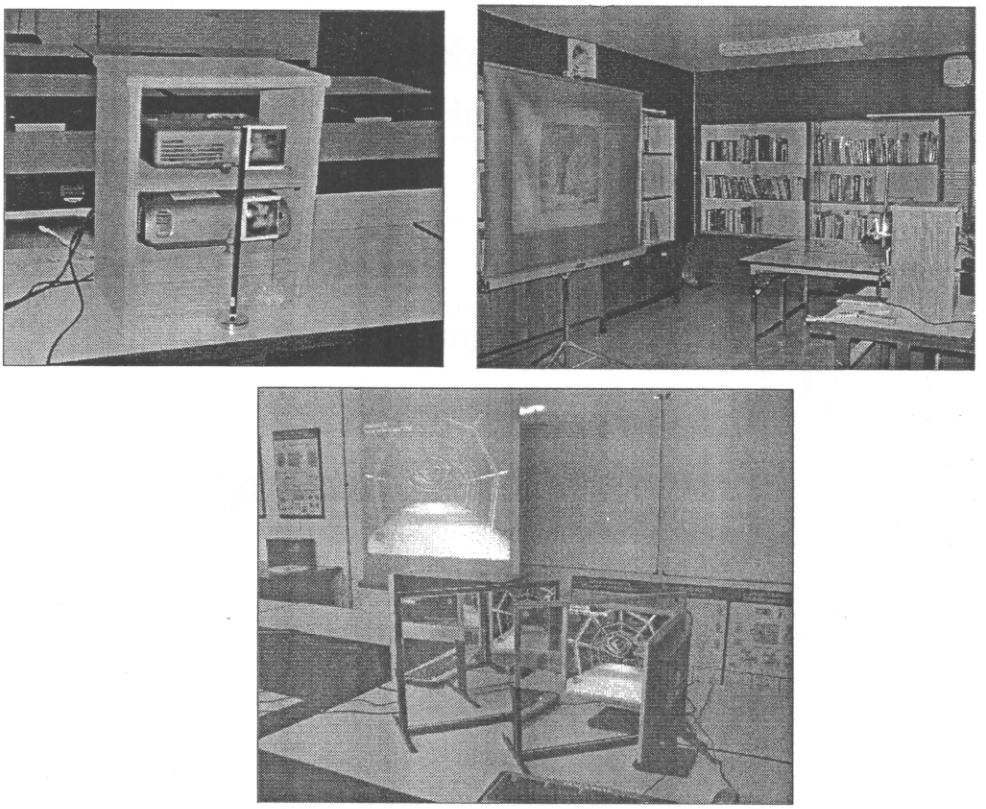
ระบบแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติที่ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างขึ้นมีทั้งส่วนแสดงผลแบบจอภาพและการฉายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 16 ซึ่งประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมกราฟิกการ์ดที่มี output สองช่องสัญญาณ (1) สายแยกสัญญาณภาพ หรือ VGA Y-splitter (2 และ 3) เพื่อแบ่งสัญญาณไปยังจอภาพและเครื่องฉายภาพ ส่วนที่แสดงผลด้วยจอภาพประกอบด้วย จอ LCD 2 ตัว (4 และ 5) กระจกกึ่งใส (6) และกระจกเงา (7) สำหรับเพิ่มพื้นที่ในการแสดงผล ผู้ชม (8 และ 9) ที่สวมแว่นแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น สามารถมองเห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนกระจกกึ่งใส และบนกระจกเงา

อุปกรณ์ส่วนการฉายภาพประกอบด้วยเครื่องฉายภาพแบบ LCD สองตัว (10 และ 11) แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (12 และ 13) และฉากรับภาพที่คงสภาพความเป็นโพลาไรซ์ของแสง (14) ผู้ชม (15) ที่สวมแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์เชิงเส้นสามารถมองเห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16:ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบ

การดำเนินการวิจัยโครงการได้ออกแบบชิ้นส่วนไว้ 3 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งเป็นขาตั้งสำหรับยึดจับแผ่นกรองแสง ส่วนที่สองเป็นชั้นวางสำหรับรองรับโปรเจคเตอร์ 2 ตัว ส่วนที่สามเป็นขาตั้งวางกระจกทั้ง 2 ชิ้น ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบจริง ดังรูปที่ 16



รูปที่ 17:ขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบ

จากรูปที่ 17 คือขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำการทดสอบจริง เห็นได้ว่ามีการทดสอบโดยการแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ 2 แบบ คือแบบที่แสดงผลบนฉากรับภาพ และแบบที่แสดงผลบนกระจกกึ่งใส กระจกเงา ทำให้ผู้ชมมีพื้นที่ในการรับชมภาพสามมิติมากขึ้น โดยสามารถแสดงผลได้พร้อม ๆ ทั้ง 2 แบบ

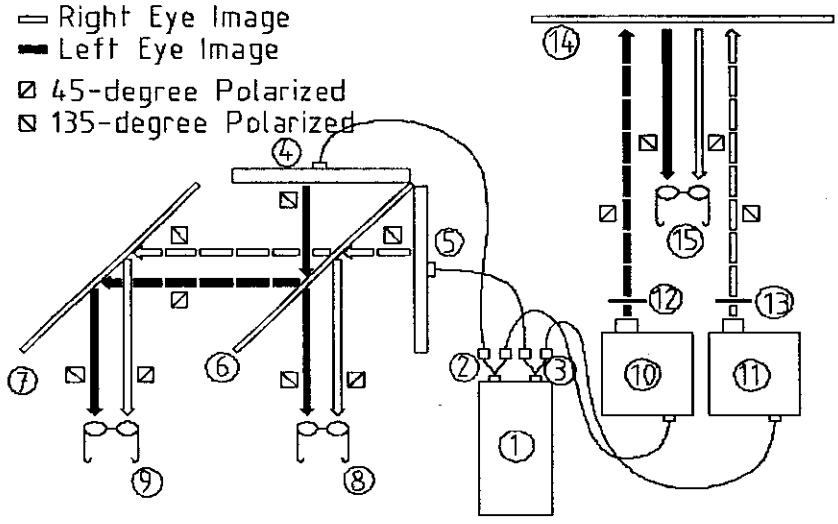
หลักการทำงานของระบบแสดงผลภาพสเตอริโอ

รูปที่ 18 เป็นภาพอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่ประกอบขึ้นโดยเส้นลูกศรแสดงการเดินทางของแสง สำหรับเส้นสีขาวหมายถึงแสงของภาพสำหรับตาขวา และเส้นสีดำคือแสงของภาพสำหรับตาซ้าย เส้นเต็มหมายถึงภาพแบบปกติ ส่วนเส้นประหมายถึงภาพพลิกกลับแบบสะท้อนกระจกเงา (mirror image เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ที่ติดตั้งการ์ดแสดงผลภาพที่มี output 2 ช่อง เมื่อใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม จะสามารถแยกส่งสัญญาณภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาออกมา โดยจะกำหนดให้ภาพสำหรับตาซ้ายเป็นภาพแบบปกติ ออกจาก output แรกผ่านสายแยกสัญญาณ 2 ไปยังจอภาพ LCD 4 และเครื่องฉายภาพ 10 และภาพสำหรับตาขวาซึ่งจะเป็นภาพพลิกกลับแบบสะท้อนกระจกเงา ออกจาก output อีกช่องหนึ่ง ผ่านสายแยกสัญญาณ 3 ไปยังจอภาพ LCD 5 และเครื่องฉายภาพ 11

จอมอนิเตอร์ LCD โดยทั่วไปจะมีตัวกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้นอยู่แล้ว ซึ่งมีมุมโพลาไรซ์ 135 องศา แสงของภาพที่ออกมาจึงเป็นแสงแบบโพลาไรซ์ 135 องศา กระจกกึ่งใสมีคุณสมบัติ คือยอมให้แสงผ่านบางส่วนและสะท้อนแสงกลับบางส่วน บางครั้งจึงเรียกว่า Beam splitter

ภาพปกติสำหรับตาซ้ายจากจอ LCD 4 ที่ทะลุผ่านกระจกกึ่งใส และภาพแบบกระจกเงาสำหรับตาขวา จาก

LCD 5 ที่สะท้อนจากกระจกกึ่งใส 6 จะปรากฏซ้อนกันต่อผู้สังเกตที่สวมแว่นโพลาไรซ์เชิงเส้น 8 แว่นโพลาไรซ์เชิงเส้นซึ่งมีมุมโพลาไรซ์ 135 องศาสำหรับตาข้างซ้าย และ 45 องศาสำหรับตาข้างขวา จะกรองให้ตาซ้ายเห็นภาพสำหรับตาซ้าย และตาขวามองเห็นภาพสำหรับตาขวาเท่านั้น ภาพที่เห็นจึงรู้สึกเสมือนเป็นภาพสามมิติสมจริง



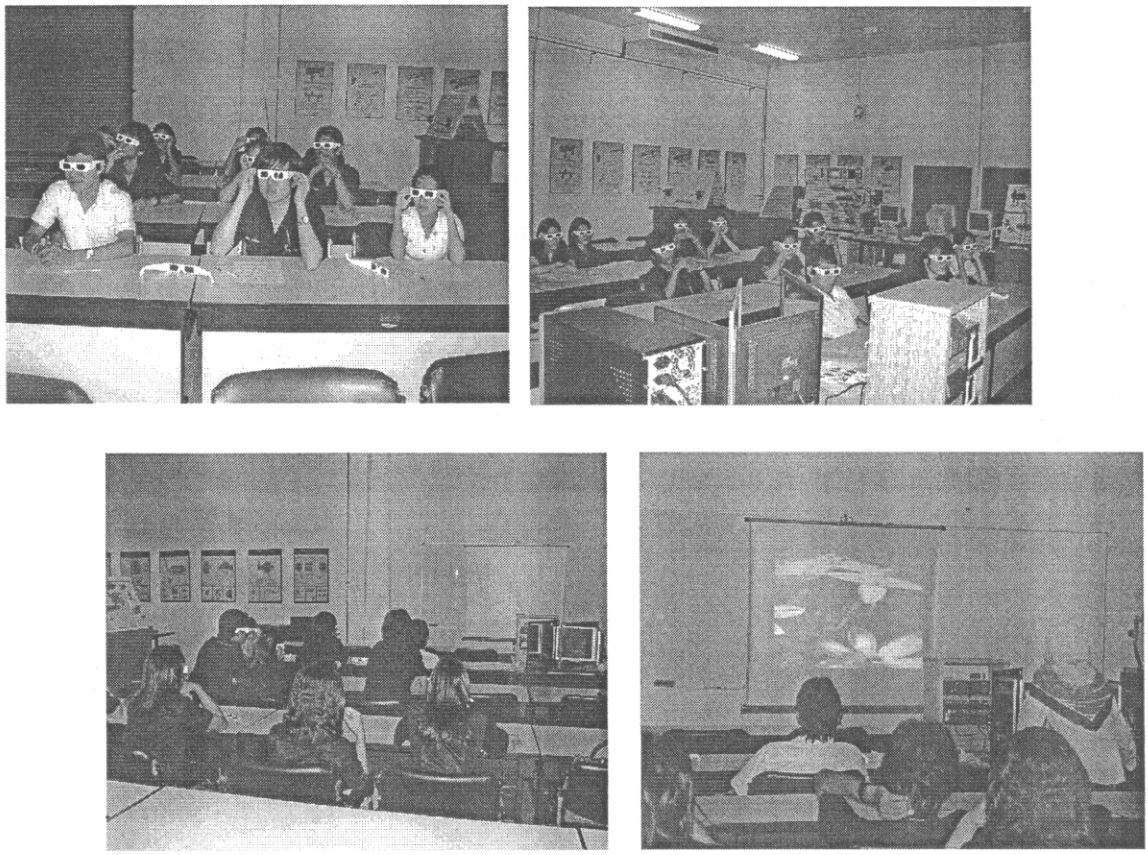
รูปที่ 18:หลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ

แสงจากจอ LCD4 ส่วนที่สะท้อนจากกระจกกึ่งใส และจาก แสงจอ LCD5 ที่ทะลุผ่านกระจกกึ่งใสจะรวมกัน และถูกสะท้อนโดยกระจกเงา 7 ที่วางขนานกับกระจกกึ่งใสไปทางซ้ายมือ และจะปรากฏเป็นภาพสามมิติต่อผู้ชมที่สวมแว่นโพลาไรซ์ 9 ในลักษณะเดียวกัน

สำหรับเครื่องฉายภาพโดยทั่วไป ถ้าเป็นการฉายด้านหน้าฉากรับภาพ แสงที่ส่งออกมาจะเป็นภาพแบบกระจกเงา ซึ่งเมื่อภาพไปปรากฏบนฉากก็จะเห็นแสงสะท้อนออกมาเป็นภาพแบบปกติ หากเป็นการฉายภาพจากด้านหลังฉากแสงที่ส่งออกมาจะเป็นภาพแบบปกติ ในงานวิจัยนี้เราใช้วิธีฉายภาพจากด้านหน้าฉาก แต่สัญญาณภาพที่ส่งมาจากสองช่องต่างกัน ดังนั้นเครื่องฉายภาพ 10 จะถูกตั้งเป็นการฉายจากด้านหน้าฉาก ส่วนเครื่องฉายภาพ 11 จะถูกตั้งให้เป็นการฉายจากด้านหลังฉาก ภาพสำหรับตาทั้งสองข้างที่ปรากฏบนฉากจึงเป็นภาพแบบปกติ และเราจะใช้แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (12 และ 13) วางไว้หน้าเลนส์ของเครื่องฉายภาพทั้งสอง โดยจะกรองแสงที่ผ่านออกมาเป็นแสงแบบโพลาไรซ์ 45 องศา สำหรับเครื่องฉาย 10 และ เป็นแสงโพลาไรซ์ 135 องศา สำหรับเครื่องฉาย 11 ฉากรับภาพ 14 จะต้องเป็นแบบที่รักษาความเป็นโพลาไรซ์ของแสง (non-depolarizing screen) ไว้ ผู้สังเกต 15 ซึ่งสวมแว่นโพลาไรซ์ก็จะมองเห็นภาพสามมิติได้เช่นเดียวกัน

3.5. ทดสอบระบบที่สร้างขึ้น

การแสดงผลภาพให้ผู้ทดสอบประเมินผล ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19:การทดสอบการแสดงผลภาพสเตอริโอ 3 มิติ

4. ผลการวิจัย การทดสอบอุปกรณ์ที่ได้จัดสร้างขึ้น

4.1 การจัดหาภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวแบบสเตอริโอสามมิติ

ผู้จัดทำโครงการวิจัยได้ดำเนินการในหาการหาภาพที่ใช้ในการทดสอบทางเว็บไซต์ ซึ่งมีภาพต่างๆ ไว้ให้ทำการทดสอบเป็นจำนวนมากทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ภาพที่นำมาทำการทดสอบนั้นเป็นภาพที่เป็นภาพสเตอริโอ หรือมีนามสกุล JPS ตัวอย่างภาพดังที่แสดงในรูปที่ 14

4.2 ทดลองนำภาพสามมิติ แสดงผลให้ผู้ทดสอบประเมินโดยแบบสอบถาม

โดยแบ่งการทดสอบเป็น 6 แบบดังนี้คือ

4.2.1การทดสอบภาพนิ่ง โดยแบ่งเป็น

- การฉายภาพบนฉากด้วยโปรเจคเตอร์ แบบ Anaglyphs Projection
- การฉายภาพบนฉากด้วยโปรเจคเตอร์ แบบ Polarized Projection
- การมองภาพด้วย Monitor

4.2.2 การทดสอบภาพเคลื่อนไหว โดยแบ่งเป็น

- การฉายภาพบนฉากด้วยโปรเจคเตอร์ แบบ Anaglyphs Projection
- การฉายภาพบนฉากด้วยโปรเจคเตอร์ แบบ Polarized Projection
- การมองภาพด้วย Monitor

ในการทดสอบทั้ง 6 แบบนี้ ใช้เวลาทดสอบแต่ละแบบประมาณ 15 นาที รวมการทดสอบทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที การทดสอบแต่ละแบบให้ผู้ทดสอบสวมแว่นตาสำหรับการทดสอบนั้นๆ ตลอดระยะเวลาในการทำการทดสอบแต่ละแบบ นั่นคือผู้ทดสอบต้องสวมแว่นตาในการทำการทดสอบแต่ละแบบเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นพักสายตาครู่หนึ่ง แล้วจึงทำการทดสอบในแบบต่อไป โดยทำการวัดความพึงพอใจในการรับชมภาพของผู้เข้าทดสอบ ซึ่งผู้เข้าทดสอบต้องทำเครื่องหมายในช่องที่ต้องการเลือก ซึ่งจะแบ่งคะแนนออกเป็นดังนี้ 1= น้อยที่สุด, 2 = น้อย, 3 = ปานกลาง, 4 = มาก, 5 = มากที่สุด โดยมีหัวข้อในการสอบถามดังนี้

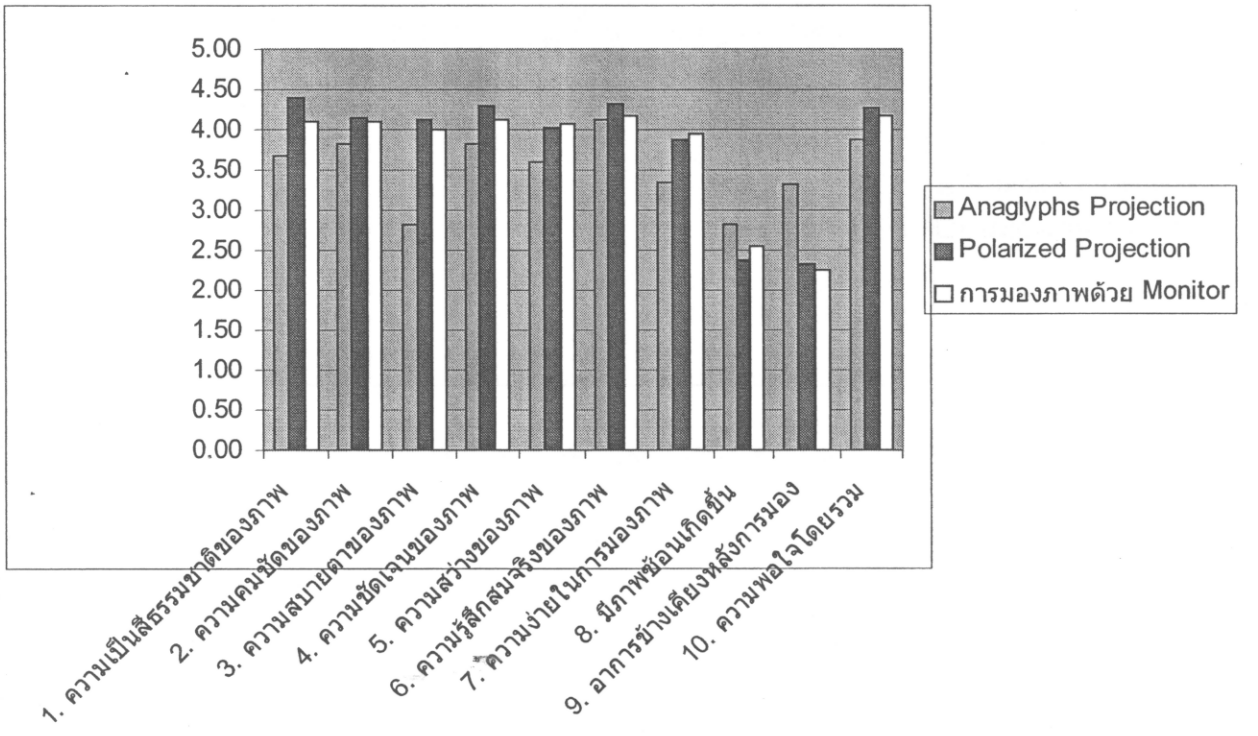
- ความเป็นสีธรรมชาติ
- ความคมชัดของภาพ
- ความสบายตาของภาพ
- ความชัดเจนของภาพ
- ความสว่างของภาพ
- ความรู้สึกสมจริงของภาพ
- ความง่ายในการมองภาพ
- การมีภาพซ้อนเกิดขึ้น
- อาการข้างเคียงหลังการมองภาพ
- ความพอใจโดยรวม

4.3 ผลการทดสอบ

ผลการวิจัยที่ได้จากแบบสอบถาม จากผู้ที่เข้าทดสอบ 40 คน อายุระหว่าง 15-45 ปี ผลที่ได้จากแบบสอบถามดังตารางที่ 1 , 2 และแสดงสรุปค่าเฉลี่ยโดยกราฟในรูปที่ 20 , 21

การมองเห็นภาพ	การทดสอบภาพนิ่ง																	
	Anaglyphs Projection						Polarized Projection						การมองภาพด้วย Monitor					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก
1. ความเป็นสีธรรมชาติของภาพ		3	15	14	8	**3.68**			4	16	20	**4.40**			10	16	14	**4.10**
2. ความคมชัดของภาพ		1	15	14	10	**3.83**			9	16	15	**4.15**		1	10	13	16	**4.10**
3. ความสบายตาของภาพ		15	17	8		**2.83**		3	3	20	14	**4.13**		1	8	21	10	**4.00**
4. ความชัดเจนของภาพ		2	11	19	8	**3.83**			5	18	17	**4.30**			10	15	15	**4.13**
5. ความสว่างของภาพ		3	12	23	2	**3.60**			11	17	12	**4.03**		2	7	17	14	**4.08**
6. ความรู้สึกสมจริงของภาพ		1	7	18	14	**4.13**		1	6	12	21	**4.33**			9	15	16	**4.18**
7. ความง่ายในการมองภาพ	1	2	21	14	2	**3.35**	1	1	8	22	8	**3.88**		2	13	20	7	**3.95**
8. มีภาพซ้อนเกิดขึ้น	3	15	10	10	2	**2.83**	11	9	15	4	1	**2.38**	9	11	12	5	3	**2.55**
9. อาการข้างเคียงหลังการมอง	1	5	18	12	4	**3.33**	8	16	11	5		**2.33**	10	15	10	5		**2.25**
10. ความพอใจโดยรวม			10	25	5	**3.88**			8	13	19	**4.28**		2	6	15	17	**4.18**

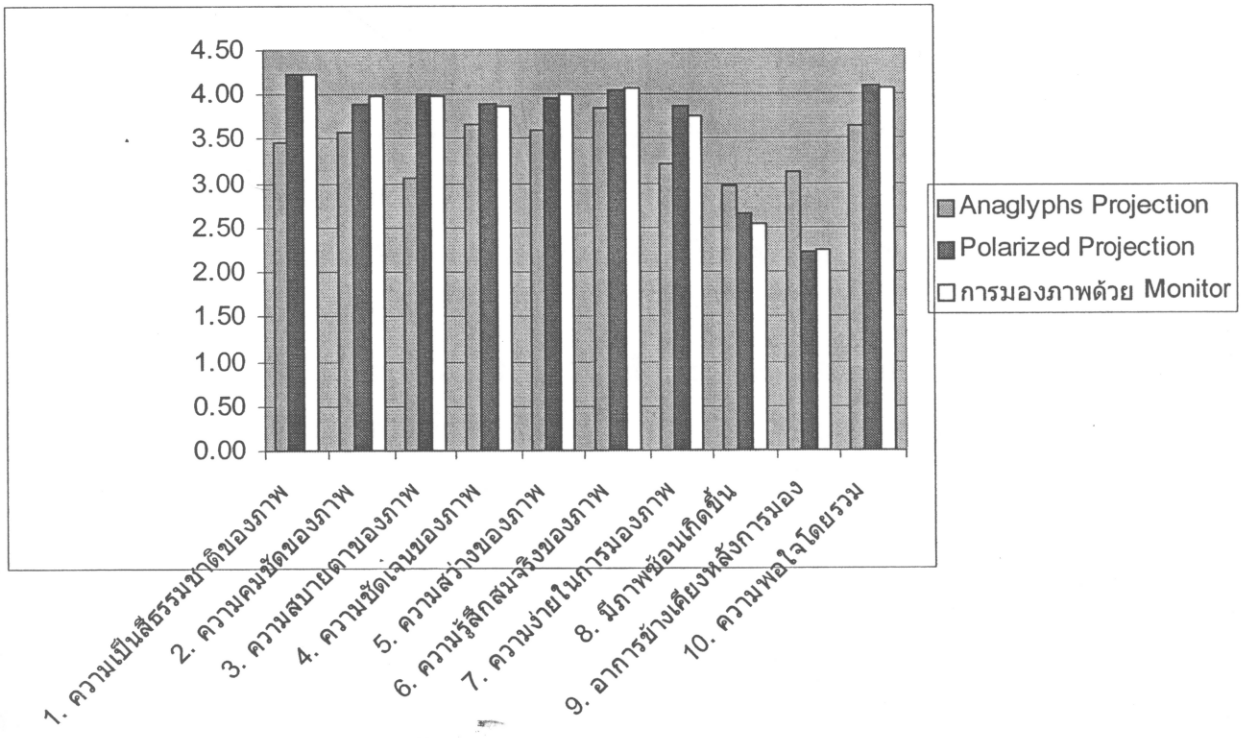
ตารางที่ 1: ผลการทดสอบภาพนิ่ง



รูปที่ 20:แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบภาพนิ่ง

การมองเห็นภาพ	การทดสอบภาพเคลื่อนไหว																	
	Anaglyphs Projection						Polarized Projection						การมองภาพด้วย Monitor					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก
1. ความเป็นสีธรรมชาติของภาพ		8	12	13	7	**3.48**		1	4	20	15	**4.23**			8	15	17	**4.23**
2. ความคมชัดของภาพ	1	3	15	14	7	**3.58**		3	10	15	12	**3.90**		3	8	16	13	**3.98**
3. ความสบายตาของภาพ		11	17	11	1	**3.05**		2	8	18	12	**4.00**		1	10	18	11	**3.98**
4. ความชัดเจนของภาพ		5	12	14	9	**3.68**		4	7	18	11	**3.90**		3	10	16	11	**3.88**
5. ความสว่างของภาพ		3	14	19	4	**3.60**		3	9	15	13	**3.95**		1	10	17	12	**4.00**
6. ความรู้สึกสมจริงของภาพ		4	11	12	13	**3.85**		5	4	15	16	**4.05**		1	7	20	12	**4.08**
7. ความง่ายในการมองภาพ		7	19	12	2	**3.23**		3	9	18	10	**3.88**	1	1	11	21	6	**3.75**
8. มีภาพซ้อนเกิดขึ้น	3	11	10	16		**2.98**	5	16	8	10	1	**2.65**	6	18	8	4	4	**2.55**
9. อาการข้างเคียงหลังการมอง	2	6	18	13	1	**3.13**	9	18	9	3	1	**2.23**	11	15	9	3	2	**2.25**
10. ความพอใจโดยรวม		4	13	16	7	**3.65**		1	7	19	13	**4.10**		1	9	16	14	**4.08**

ตารางที่ 2: ผลการทดสอบภาพเคลื่อนไหว



รูปที่ 21:แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบภาพเคลื่อนไหว

4.5 อภิปรายผลการทดสอบ

ผลจากการทดสอบพบว่าการแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติโดยการฉายภาพแบบโพลาไรซ์ ให้ผลที่ดีกว่าการฉายภาพแบบ Anaglyphs ในทุกหัวข้อทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวดังนี้

- ให้ความเป็นสีธรรมชาติมากกว่า
  (4.40 / 3.68 สำหรับภาพนิ่ง และ 4.23 / 3.48 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้ความคมชัดดีกว่า
  (4.15 / 3.83 สำหรับภาพนิ่ง และ 3.90 / 3.58 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้การมองที่สบายตามากกว่า
  (4.13 / 2.83 สำหรับภาพนิ่ง และ 4.00 / 3.05 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้ความชัดเจนของภาพมากกว่า
  (4.30 / 3.83 สำหรับภาพนิ่ง และ 3.90 / 3.68 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้ความสว่างของภาพมากกว่า
  (4.03 / 3.60 สำหรับภาพนิ่ง และ 3.95 / 3.60 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้ความรู้สึกสมจริงมากกว่า
  (4.33 / 4.13 สำหรับภาพนิ่ง และ 4.05 / 3.85 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้การมองภาพง่ายมากกว่า
  (3.88 / 3.35 สำหรับภาพนิ่ง และ 3.88 / 3.23 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- มีภาพซ้อนเกิดขึ้นน้อยกว่า
  (2.38 / 2.83 สำหรับภาพนิ่ง และ 2.65 / 2.98 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- มีอาการข้างเคียงน้อยกว่า
  (2.33 /3.33 สำหรับภาพนิ่ง และ 2.23 / 3.13 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)
- ให้ความพอใจในภาพรวมดีกว่า
  (4.28 / 3.88 สำหรับภาพนิ่ง และ 4.10 /3.65 สำหรับภาพเคลื่อนไหว)

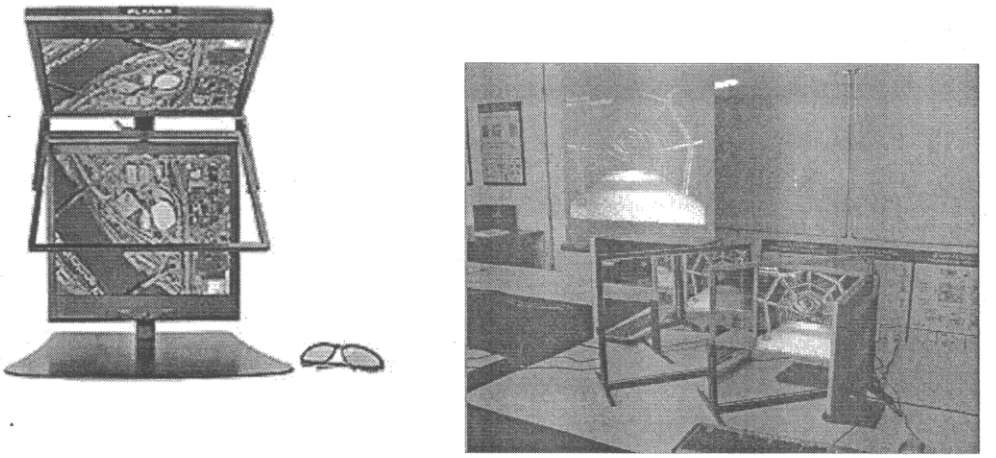
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 โครงการวิจัยนี้เป็นการประดิษฐ์อุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติแบบค่าใช้จ่ายต่ำระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ได้ดี แต่ต้องมีซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ของกราฟิกการ์ดที่เหมาะสม และสามารถใช้ได้กับโปรแกรมที่สามารถแสดงผลแบบสเตอริโอสามมิติได้หลาย ๆ โปรแกรม เช่น Stereo Photo Maker ใช้สำหรับแสดงภาพนิ่งแบบสเตอริโอสามมิติ Stereoscopic Player ใช้สำหรับเล่นไฟล์ภาพยนตร์แบบสเตอริโอสามมิติ โปรแกรมช่วยออกแบบ Solid Works ก็สามารถแสดงชิ้นส่วนเป็นแบบสเตอริโอสามมิติได้ และ Visual Molecular Dynamics (VMD) ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองรูปแบบของโมเลกุลของสารต่าง ๆ เป็นต้น

5.2 จากผลการทดสอบการมองภาพสเตอริโอสามมิติ ที่ได้จากแบบสอบถาม ทำให้สามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติแบบโพลาไรซ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพในการมองภาพสามมิติ ได้

สมจริง และเป็นธรรมชาติ อีกทั้งเป็นระบบที่มีการติดตั้งง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ได้

5.3 ระบบการแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติที่ได้จัดทำขึ้นนี้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับระบบที่มีขายในท้องตลาด เนื่องจากที่มีขายนั้นมีการจัดทำที่ซับซ้อน และเป็นแบบสำเร็จรูป ไม่สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในการอื่นได้ จึงทำให้มีราคาที่สูง เช่น จอ LCD 2 จอ แล้วมีกระจกอยู่ตรงกลาง ดังรูปที่ 22 มีขายอยู่ที่ราคาประมาณ 150,000 บาท แต่อุปกรณ์ที่ทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น มีราคาประมาณ 19,000 บาท แต่สามารถใช้มองภาพได้มีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีราคาสูงกว่าอุปกรณ์ที่ได้จัดทำขึ้น เช่น ที่วางโปรเจคเตอร์ ซึ่งมีราคาประมาณ 9,000 บาท ฉากรับภาพ ซึ่งมีราคาประมาณ 15,000 บาท เป็นต้น



รูปที่ 22:อุปกรณ์ที่มีขายและอุปกรณ์ที่ได้จัดทำจากการวิจัย

5.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆได้ เช่น ใช้ในการเรียนการสอนทางด้านการแพทย์โดยเฉพาะด้านการสร้างปฏิบัติการจำลองการผ่านตัดผ่านทางคอมพิวเตอร์กราฟฟิค การสร้างปฏิบัติการจำลองของการฝึกหัดนักบิน การสร้างภาพยนตร์สามมิติ เกมส์สามมิติ 3D-CAD และ Virtual Reality ได้

5.5 ข้อดีของส่วนจอภาพของระบบนี้ คือ มีพื้นที่แสดงภาพเป็นสองเท่า และไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างรองรับที่ซับซ้อน และยังสามารถปรับเป็นแสดงผลแบบปกติได้ง่าย สำหรับระบบแสดงภาพแบบสามมิตินี้ซึ่งมีทั้งส่วนจอแสดงภาพและเครื่องฉายภาพเหมาะที่จะใช้ในการบรรยาย หรือการเรียนการสอน ที่มีผู้ชมหลายๆ คนได้

บรรณานุกรม

1. McAllister, D.F., 2002. "3D Displays", Wiley Encyclopedia on Imaging, January, pp. 1327-1344.
2. Woods, A.J., 2001. Optimal Usage of LCD Projetors for Polarised Stereoscopic Projection, The Stereoscopic Displays and Applications XII Conference, San Jose, California, January 22-24.
3. Zelle,J.M., and Charles, F., 2004. Simple, Low-Cost Stereographics: VR for Everyone, ACM Special Interest Group on Computer Science Education Conference : SIGCSE 2004, Norfolk, Virginia, March 3-7.
4. Planar Systems Inc., SD Stereo/3D Monitors. http://www.planar.com/StereoMirror/ (accessed May 2007).
5. Gary R. Bertoline ,Eric N. Wiebe , "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill International Edition , pp. 610-616
6. ปรารถนา วันนารี , "รายงานบันทึกการวิจัย การศึกษาการสร้างภาพ 3 มิติ" ,ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
7. http://stereo.jpn.org/eng/
8. http://www.3dphoto.net/stereo/text/projection/displaying.html
9. http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/3-dimension/3-dimension1.htm
10. http://www.3dphoto.net/stereo/text/viewing/technique.html
11. http://www.medicine.cmu.ac.th/secret/medav/html/service_screen1.html

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการมองภาพสเตอริโอสามมิติ

ฝ่ายหอสมุด

แบบสอบถามการมองภาพสเตอริโอสามมิติ

"ระบบแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติแบบค่าใช้จ่ายต่ำ (A Low Cost 3D Stereoscopic Display System)"

1. เพศ ○ ชาย ○ หญิง
2. อายุ ○ 15-30 ปี ○ 31-45 ปี

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ต้องการ

หมายเหตุ 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

3. การรับชมภาพนิ่ง

การมองเห็นภาพ	Anaglyphs					Polarized					Monitor				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. ความเป็นสีธรรมชาติของภาพ															
2. ความคมชัดของภาพ															
3. ความสบายตาของภาพ															
4. ความชัดเจนของภาพ															
5. ความสว่างของภาพ															
6. ความรู้สึกสมจริงของภาพ															
7. ความง่ายในการมองภาพ															
8. มีภาพซ้อนเกิดขึ้นในภาพ															
9. ความพอใจโดยรวม															

4. การรับชมภาพเคลื่อนไหว

การมองเห็นภาพ	Anaglyphs					Polarized					Monitor				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. ความเป็นสีธรรมชาติของภาพ															
2. ความคมชัดของภาพ															
3. ความสบายตาของภาพ															
4. ความชัดเจนของภาพ															
5. ความสว่างของภาพ															
6. ความรู้สึกสมจริงของภาพ															
7. ความง่ายในการมองภาพ															
8. มีภาพซ้อนเกิดขึ้นในภาพ															
9. ความพอใจโดยรวม															

5. ข้อเสนอแนะ / ความเห็นอื่นๆ .....

.....

ภาคผนวก ข

บทความการเข้าร่วมประชุมวิชาการ
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21
17-19 ตุลาคม 2550 จังหวัดชลบุรี

อุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติสำหรับผู้ชมหลายคน

Three Dimensional Stereoscopic Display for Multiple Viewers

วรวุธ วิสุทธิ์เมธางกูร [1*] ฟาติหม๊ะ เหมมันต์ [2] และ สุมาตร ฟองเกิด [3]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทร 0-7428-7195 โทรสาร 0-7421-2893 *อีเมล์ worawut@me.psu.ac.th

[2] โทร 0-7428-7200 อีเมล์ fatimah@me.psu.ac.th

[3] โทร 0-7428-7186 อีเมล์ sumart.f@psu.ac.th

Worawut Wisutmethangoon [1*], Fatimah Hemman [2], and Sumart Fongkerd [3]

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University,
Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand,

Tel: 0-7428-7195, Fax: 0-7421-2893, *E-mail: worawut@me.psu.ac.th

[2] Tel: 0-7428-7200, E-mail: fatimah@me.psu.ac.th

[3] Tel: 0-7428-7186, E-mail: sumart.f@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ สำหรับอุปกรณ์สองแบบ คือ จอภาพสามมิติสำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์และเครื่องฉายภาพสามมิติสำหรับผู้ชมหลายคน โดยมีหลักการทำงานเหมือนกัน คือ ใช้การกรองแสงแบบโพลาไรซ์ ซึ่งผู้ชมต้องใส่แว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์เพื่อให้เห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติ อุปกรณ์ทั้งแบบจอภาพและอุปกรณ์ฉายภาพสามารถสร้างขึ้นได้โดยใช้ต้นทุนไม่สูงมาก และยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ จึงเหมาะที่จะใช้กับงานด้านการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ และการจำลองการทำงานเสมือนจริง

คำหลัก: สเตอริโอ, สามมิติ, โพลาไรซ์, จอภาพ, เครื่องฉายภาพ

Abstract

This paper presents the method to display three-dimensional stereoscopic on two types of display equipment; 3-d monitors for computer users, and 3-d projectors for audience. Both types of display are based on the same principle of polarize filtration of light which requires polarize glasses to realize the stereoscopic effects. The 3-d monitors and 3-d projectors can be assembled with low cost, and have several advantages over other methods. They are suitable for computer aided design and virtual reality applications.

Keywords: stereo, 3-d, polarize, monitor, projector

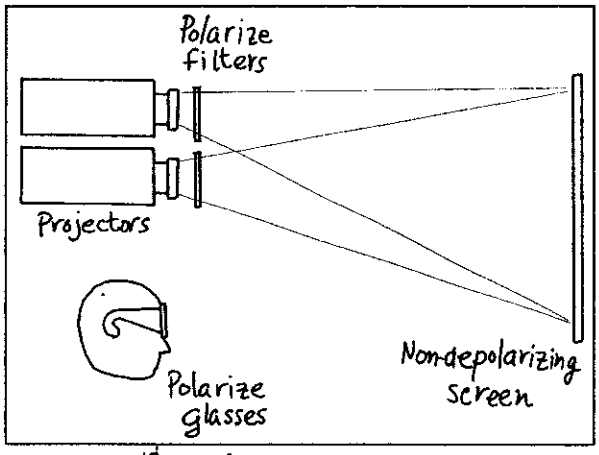
1. บทนำ

มนุษย์เราสามารถมองเห็นสิ่งของต่าง ๆ เป็นสามมิติ โดยจำแนกระยะใกล้ไกล (หรือความลึก) ได้ เพราะตาสองข้างของเราที่อยู่คนละตำแหน่งมองเห็นภาพที่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งภาพทั้งสองจะถูกสมองรวมและประมวลผลให้เห็นถึงระยะความลึกของวัตถุได้ การแสดงผลภาพโดยทั่วไปจะเป็นภาพที่ได้จากการบันทึกแล้วนำมาพิมพ์ หรือฉายไปบนระนาบเดียว หลักการของการมองภาพแบบสเตอริโอสามมิติ คือ การบันทึกภาพสองภาพสำหรับตาแต่ละข้าง แล้วนำมาแสดงให้ตาแต่ละข้างมองเห็นเฉพาะภาพสำหรับตานั้น ซึ่งมีหลายวิธีการได้แก่ การฝึกมองภาพทั้งสองด้วยการแยกประสาทตาโดยไม่ใช้อุปกรณ์ใดเลย คือตาขวาโฟกัสไปที่ภาพสำหรับตาขวา และตาซ้ายโฟกัสไปที่ภาพสำหรับตาซ้าย โดยอาจจะวางภาพทั้งสองตรงกับตา (parallel eye) หรือสลับกันกับตา (crossed eye) หรืออาจใช้อุปกรณ์ช่วยเช่น stereo viewer เพื่อกั้นแยกให้ตาแต่ละข้างมองเห็นเฉพาะภาพสำหรับตานั้น นอกจากนี้อาจใช้ การสร้างภาพเหลื่อม (anaglyph) คือ ปรับภาพทั้งสองให้เป็นโทนสีที่ต่างกัน และนำมาซ้อนเหลื่อมกันเป็นภาพเดียว ผู้มองภาพจะใช้แว่นกรองสีที่ต่างกันสำหรับตาแต่ละข้าง เพื่อให้เห็นภาพสำหรับตาข้างนั้นเท่านั้น อย่างไรก็ดีวิธีการนี้จะทำให้สีของภาพไม่เป็นธรรมชาติ อีกวิธีการหนึ่งที่นิยมกันมากอีกอย่างหนึ่งคือ การกรองแสงแบบโพลาไรซ์ เพราะยังคงสีของภาพได้อย่างเป็นธรรมชาติ

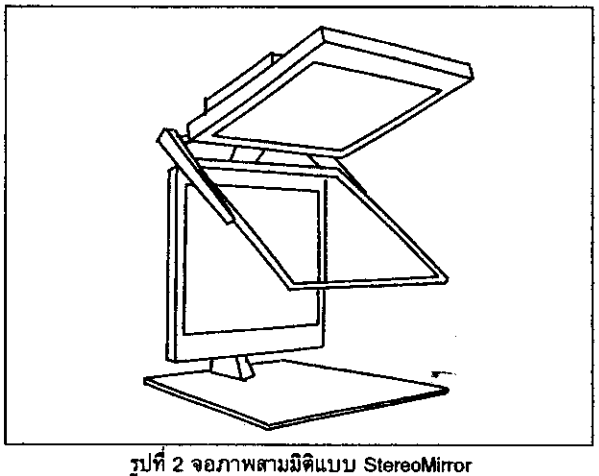
ในส่วนต่อไปของบทความนี้ จะนำเสนอวิธีการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ โดยใช้หลักการกรองแสงแบบโพลาไรซ์ สำหรับอุปกรณ์สองแบบ คือ จอภาพสามมิติสำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ และเครื่องฉายภาพสามมิติสำหรับผู้ชมหลายคน ซึ่งเราสามารถประกอบอุปกรณ์ขึ้นเองได้โดยไม่ยาก และมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากเกินไป

2. การแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติแบบโพลาไรซ์

การฉายภาพแบบสเตอริโอสามมิติแบบโพลาไรซ์ (polarize projection) มีหลักการดังรูปที่ 1 คือการฉายภาพสำหรับตาแต่ละข้าง โดยเครื่องฉายภาพ (projector, โปรเจคเตอร์) สองตัว โดยลำแสงจากแต่ละตัวผ่านแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ (polarize filter) ไปบนฉากรับภาพที่คงความเป็นโพลาไรซ์ของแสงได้ (non-depolarizing screen) ผู้ชมจะมองเห็นภาพสามมิติผ่านแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์ ซึ่งกรองให้มองเห็นภาพเฉพาะสำหรับตาแต่ละข้างเท่านั้น แผ่นกรองแสงและแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์ที่ใช้อาจเป็นแบบเชิงเส้น (linear polarization) หรือแบบวงกลม (circular polarization) ซึ่งการกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้นจะมีราคาถูกกว่า แต่อาจจะให้ผลที่ไม่ชัดเจนได้หากผู้ชมมีการเอียงศีรษะ



รูปที่ 1 การทำงานของ polarize projection

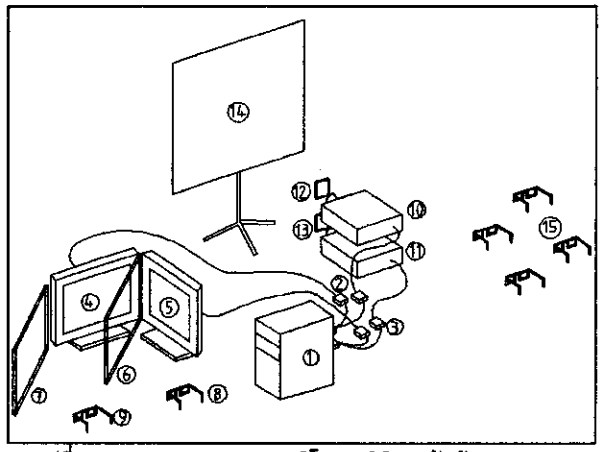

รูปที่ 2 จอภาพสามมิติแบบ StereoMirror

จอแสดงผลแบบสเตอริโอสามมิติ (Monitor) ในปัจจุบันมีหลายประเภท และมีหลักการทำงานแตกต่างกันไป ระบบที่ใช้หลักการกรองแสงแบบโพลาไรซ์ที่มีการผลิตเชิงพาณิชย์แบบหนึ่งคือ Stereo Mirror ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยจอภาพแบบผลึกเหลว (LCD Monitors) สองจอ และกระจกกึ่งใส (semi-transparent mirror) วางระหว่างจอ LCD ทั้งสอง ผู้ชมมองภาพสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนกระจกกึ่งใส โดยต้องสวมแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น

3. ส่วนประกอบของอุปกรณ์

ระบบแสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติที่ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างขึ้นมีทั้งส่วนแสดงผลแบบจอภาพและการฉายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมกราฟิกการ์ดที่มี output สองช่องสัญญาณ (1) สายแยกสัญญาณภาพ หรือVGA Y-splitter (2 และ 3) เพื่อแบ่งสัญญาณไปยังจอภาพและเครื่องฉายภาพ ส่วนที่แสดงผลด้วยจอภาพประกอบด้วย จอ LCD 2 ตัว (4 และ 5) กระจกกึ่งใส (6) และกระจกเงา (7) สำหรับเพิ่มพื้นที่ในการแสดงผล ผู้ชม (8 และ 9) ที่สวมแว่นแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น สามารถมองเห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนกระจกกึ่งใส และบนกระจกเงา

อุปกรณ์ส่วนการฉายภาพประกอบด้วยเครื่องฉายภาพแบบ LCD สองตัว (10 และ 11) แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (12 และ 13) และฉากรับภาพที่คงสภาพความเป็นโพลาไรซ์ของแสง (14) ผู้ชม (15) ที่สวมแว่นสามมิติแบบโพลาไรซ์เชิงเส้นสามารถมองเห็นภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพ


รูปที่ 3 ระบบแสดงผลแบบสเตอริโอสามมิติสำหรับผู้ชมหลายคน

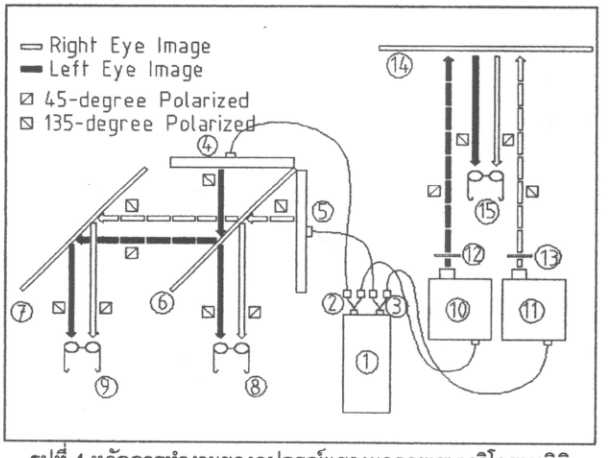
4. หลักการทำงาน

รูปที่ 4 เป็นภาพอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติที่ประกอบขึ้น โดยเส้นลูกศรแสดงการเดินทางของแสง สำหรับเส้นสีขาวหมายถึงแสงของภาพสำหรับตาขวา และเส้นสีดำคือแสงของภาพสำหรับตาซ้าย เส้นเต็มหมายถึงภาพแบบปกติ ส่วนเส้นประหมายถึงภาพพลิกกลับแบบสะท้อนกระจกเงา (mirror image) เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ที่ติดตั้งการ์ดแสดงผลภาพที่มี output 2 ช่อง เมื่อใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม จะสามารถแยกส่งสัญญาณภาพสำหรับตา

ซ้ายและตาขวาออกมา โดยจะกำหนดให้ภาพสำหรับตาซ้ายเป็นภาพแบบปกติ ออกจาก output แรกผ่านสายแยกสัญญาณ 2 ไปยังจอภาพ LCD 4 และเครื่องฉายภาพ 10 และภาพสำหรับตาขวาซึ่งจะเป็นภาพพลิกกลับแบบสะท้อนกระจกเงา ออกจาก output อีกช่องหนึ่ง ผ่านสายแยกสัญญาณ 3 ไปยังจอภาพ LCD 5 และเครื่องฉายภาพ 11

จอมอนิเตอร์ LCD โดยทั่วไปจะมีตัวกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้นอยู่แล้ว ซึ่งมีมุมโพลาไรซ์ 135 องศา แสงของภาพที่ออกมาจึงเป็นแสงแบบโพลาไรซ์ 135 องศา กระจกกึ่งใสมีคุณสมบัติ คือยอมให้แสงผ่านบางส่วนและสะท้อนแสงกลับบางส่วน บางครั้งจึงเรียกว่า Beam splitter

ภาพปกติสำหรับตาซ้ายจากจอ LCD 4 ที่ทะลุผ่านกระจกกึ่งใส และภาพแบบกระจกเงาสำหรับตาขวา จาก LCD 5 ที่สะท้อนจากกระจกกึ่งใส 6 จะปรากฏซ้อนกันต่อผู้สังเกตที่สวมแว่นโพลาไรซ์เชิงเส้น 8 แว่นโพลาไรซ์เชิงเส้นซึ่งมีมุมโพลาไรซ์ 135 องศาสำหรับตาข้างซ้าย และ 45 องศาสำหรับตาข้างขวา จะกรองให้ตาซ้ายเห็นภาพสำหรับตาซ้าย และตาขวามองเห็นภาพสำหรับตาขวาเท่านั้น ภาพที่เห็นจึงรู้สึกเสมือนเป็นภาพสามมิติจริง



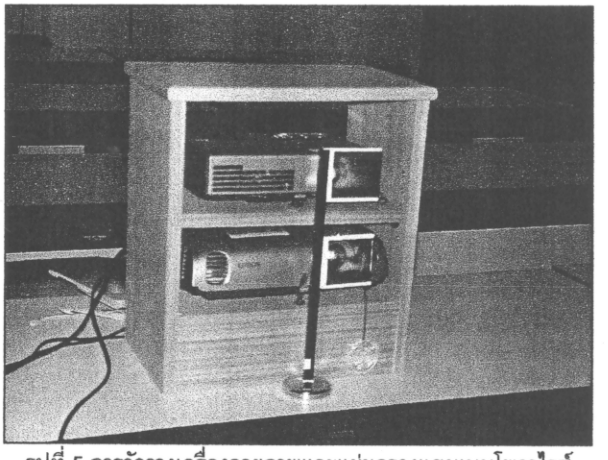
รูปที่ 4 หลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ

แสงจากจอ LCD4 ส่วนที่สะท้อนจากกระจกกึ่งใส และจาก แสงจอ LCD5 ที่ทะลุผ่านกระจกกึ่งใสจะรวมกัน และถูกสะท้อนโดยกระจกเงา 7 ที่วางขนานกับกระจกกึ่งใสไปทางซ้ายมือ และจะปรากฏเป็นภาพสามมิติต่อผู้ชมที่สวมแว่นโพลาไรซ์ 9 ในลักษณะเดียวกัน

สำหรับเครื่องฉายภาพโดยทั่วไป ถ้าเป็นการฉายด้านหน้าฉากรับภาพ แสงที่ส่งออกมาจะเป็นภาพแบบกระจกเงา ซึ่งเมื่อภาพไปปรากฏบนฉากก็จะเห็นแสงสะท้อนออกมาเป็นภาพแบบปกติ หากเป็นการฉายภาพจากด้านหลังฉากแสงที่ส่งออกมาจะเป็นภาพแบบปกติ ในงานวิจัยนี้เราใช้วิธีฉายภาพจากด้านหน้าฉาก แต่สัญญาณภาพที่ส่งมาจากสองช่องต่างกัน ดังนั้นเครื่องฉายภาพ 10 จะถูกตั้งเป็นการฉายจากด้านหน้าฉาก ส่วนเครื่องฉายภาพ 11 จะถูกตั้งให้เป็นการฉายจากด้านหลังฉาก ภาพสำหรับตาทั้งสองข้างที่ปรากฏบนฉากจึงเป็นภาพแบบปกติ และเราจะใช้แผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (12 และ 13) วางไว้หน้าเลนส์ของเครื่องฉายภาพทั้งสอง โดยจะกรองแสงที่ผ่านออกมาเป็นแสงแบบโพลาไรซ์ 45 องศา สำหรับเครื่องฉาย 10 และเป็นแสงโพลาไรซ์ 135 องศา สำหรับเครื่องฉาย 11 ฉากรับภาพ 14 จะต้องเป็นแบบที่รักษาความเป็นโพลาไรซ์ของแสง (non-depolarizing screen) ไว้ ผู้สังเกต 15 ซึ่งสวมแว่นโพลาไรซ์ก็จะมองเห็นภาพสามมิติได้เช่นเดียวกัน

5. ผลการติดตั้งและทดลอง

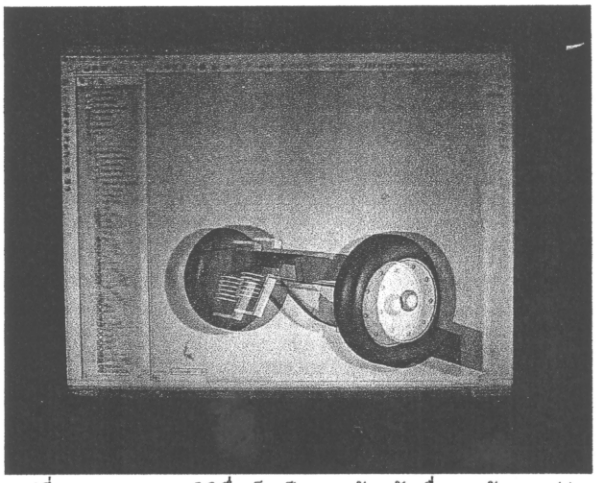
ผู้วิจัยได้จัดหาอุปกรณ์ และประกอบกันเป็นระบบแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติ และได้ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว รูปที่ 5 แสดงวิธีการจัดวางเครื่องฉายสองตัว และแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์หน้าเลนส์ของเครื่องฉายทั้งสอง รูปที่ 6 แสดงการจัดวางจอ LCD ทั้งสองตัว กระจกกึ่งใส และกระจกเงา จากในรูปจะเห็นภาพที่ปรากฏเหมือนกันบนกระจกกึ่งใส กระจกเงา และฉากรับภาพ ภาพดังกล่าวสำหรับผู้ชมด้วยตาเปล่าจะมองเห็นเป็นสองภาพซ้อนกัน


รูปที่ 5 การจัดวางเครื่องฉายภาพและแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์

รูปที่ 6 ภาพที่ปรากฏบนกระจกกึ่งใส กระจกเงา และฉากรับภาพ

ในการทดสอบการใช้งาน จะต้องมีซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการแสดงผลแบบสเตอริโอสามมิติได้ ซึ่งมีอยู่หลายโปรแกรม เช่น Stereo Photo Maker ใช้สำหรับแสดงภาพนิ่งแบบสเตอริโอสามมิติ Stereoscopic Player ใช้สำหรับเล่นไฟล์ภาพยนตร์แบบสเตอริโอสามมิติ โปรแกรมช่วยออกแบบ Solid Works ก็สามารถแสดงชิ้นส่วนเป็น

แบบสเตอริโอสามมิติได้ (ดังแสดงในรูปที่ 7) และ Visual Molecular Dynamics (VMD) ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองรูปแบบของโมเลกุลของสารต่าง ๆ เป็นต้น



รูปที่ 7 ภาพแบบสามมิติซึ่งเห็นเป็นภาพซ้อนกันเมื่อมองด้วยตาเปล่า

6. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอ อุปกรณ์แสดงผลภาพแบบสเตอริโอสามมิติสำหรับผู้ชมหลายคน ระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ได้ดี แต่ต้องมีซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ของกราฟิกการ์ดที่เหมาะสม และสามารถใช้ได้กับโปรแกรมที่สามารถแสดงผลแบบสเตอริโอสามมิติได้หลาย ๆ โปรแกรม ข้อดีของส่วนจอภาพของระบบนี้ คือ มีพื้นที่แสดงภาพเป็นสองเท่า และไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างรองรับที่ซับซ้อน และยังสามารถปรับเป็นแสดงผลแบบปกติได้ง่าย สำหรับระบบแสดงภาพแบบสามมิตินี้ซึ่งมีทั้งส่วนจอแสดงภาพและเครื่องฉายภาพเหมาะที่จะใช้ในการบรรยาย หรือการเรียนการสอน ที่มีผู้ชมหลายๆ คนได้

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการสนับสนุนทุนวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลในการอำนวยความสะดวกด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] McAllister, D.F., 2002. "3D Displays", Wiley Encyclopedia on Imaging, January, pp. 1327-1344.

[2] Woods, A.J., 2001. Optimal Usage of LCD Projetors for Polarised Stereoscopic Projection, The Stereoscopic Displays and Applications XII Conference, San Jose, California, January 22-24.

[3] Zelle,J.M., and Charles, F., 2004. Simple, Low-Cost Stereographics: VR for Everyone, ACM Special Interest Group on Computer Science Education Conference : SIGCSE 2004, Norfolk, Virginia, March 3-7.

[4] Planar Systems Inc., SD Stereo/3D Monitors. http://www.planar.com/StereoMirror/ (accessed May 2007).

ภาคผนวก ค

หลักฐานการยื่นขอจดทะเบียนสิทธิบัตร

ประเภทสิ่งประดิษฐ์คิดค้น

คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☑ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตรนี้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2542

สำหรับเจ้าหน้าที่	
วันรับคำขอ	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
   อุปกรณ์แสดงผลภาพสเตอริโอสามมิติ

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
   ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)	
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110	3.1 สัญชาติ ไทย 3.2 โทรศัพท์ 0-7428-6946 3.3 โทรสาร 0-7421-2839 3.4 อีเมล์ panpimol.h@psu.ac.th

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
   ☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี) / ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด ประเทศ รหัสไปรษณีย์)	
	5.1 ตัวแทนเลขที่
	5.2 โทรศัพท์
	5.3 โทรสาร
	5.4 อีเมล์

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
   1) นายวรวุธ วิสุทธิ์เมธางกูร 2) นางสาวฝ่าติหมิ๊ะ เหมมันต์
   3) นายสุมาตร ฟองเกิด
   ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
   15 ถนนกาญจนวณิชย์
   อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
   ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
   ☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้ โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่

แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้
หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย
ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์
หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 3 หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า
ง. รูปเขียน 3 รูป 2 หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
☐ รูปเขียน รูป หน้า
☐ ภาพถ่าย รูป หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14. เอกสารประกอบคำขอ
☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ หนังสือมอบอำนาจ
☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน
☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)

รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ