สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีสร้างภาพเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง

APPLICATION DEVELOPMENT USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

T119271

ธเนศ สาธุกิจชัย
วรภณ ปรีชาสุนทรรัตน์
สถาปนิก สุดเสนาะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119271
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2554

b.18326514
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีสร้างภาพเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง

APPLICATION DEVELOPMENT USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

ผู้จัดทำ

1. นายธเนศ สาธุกิจชัย รหัสนักศึกษา 50010659
2. นายวรภณ ปรีชาสุนทรรัตน์ รหัสนักศึกษา 50011369
3. นายสถาปนิก สุดเสนาะ รหัสนักศึกษา 50011611

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วลัยรัชต์)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.อรัญญา วลัยรัชต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีสร้างภาพเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง

นายธเนศ สาธุกิจชัย 50010659

นายวรภณ ปรีชาสุนทรรัตน์ 50011369

นายสถาปนิก สุดเสนาะ 50011611

ผศ.ดร.สมศักดิ์ วลัยรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.อรัญญา วลัยรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality ร่วมกับ QR Code ในเกมแอพพลิเคชั่น โดยมีแนวคิดเพื่อใช้ QR Code แทน AR Marker แบบปกติเพื่อให้เกมมีความน่าสนใจมากขึ้น ซึ่งเกมที่จะพัฒนาในโครงงานเป็นแนวเกมกระดานที่เล่นตามบทบาทของตัวละคร โดยใช้ไลบรารี่ ARToolKit สำหรับช่วยในการทำงานด้าน Augmented Reality ซึ่งแสดงผลภาพ CG ด้วยไลบรารี่ OpenGL ด้วยข้อดีของเทคโนโลยี Augmented Reality ส่งผลให้การแสดงผลภาพมีความสมจริงมากขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นกับวัตถุในโลกแห่งความจริงได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Development using Augmented Reality Technology

Mr. Thanet	Satukitchai	50010659
Mr. Worapon	Preeshasoonthornratn	50011369
Mr. Sathapanik	Sudsanor	50011611
Asst. Prof. Dr.Somsak	Walairacht	Advisor
Asst. Prof. Dr. Aranya	Walairacht	Co-Advisor

Academic Year 2010

ABSTRACT

In this project, Augmented Reality technology (AR) and Quick Response Code (QR Code) are deployed in a game application development. Using QR Code maker instead of the traditional AR maker makes game application become more interesting. The developed game in this project is a kind of Role-Playing Board Game. ARToolKit library is used for the AR processing, while the computer graphic representation is rendered by using OpenGL library. The advantage of AR affects produces; more realistic image representation. Moreover, user interaction between users and objects in a world can be done in the same way as in the real world.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีสร้างภาพเสมือนในสภาพแวดล้อมจริงนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่ การสนับสนุนและความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายช่วยกันผลักดันให้การศึกษานี้ดำเนินไปด้วยดี และประสบความสำเร็จลุล่วงในที่สุด

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และวิทยาการสารสนเทศ และสถานศึกษาในอดีตสำหรับโอกาสดีๆทางการศึกษาที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาทำให้ผู้จัดทำได้มีโอกาสในทุกวันนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์วัจนพงศ์ เกษมศิริ และผศ.ดร.สมศักดิ์ วลัยรัชต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำต่างๆ ชี้แนะข้อบกพร่องต่างๆและแนวทางในการศึกษา ตั้งคำถาม เอาใจใส่อธิบายข้อข้องใจต่างๆในด้านเน็ทเวิร์คโปรแกรมมิ่ง ด้านภาษาจาวา และช่วยเหลือเสมอมา

และสุดท้ายขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตซึ่งก็คือ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณ อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจเสมอมา ข้าพเจ้าระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธเนศ สาธุกิจชัย
วรภณ ปรีชาสุนทรรัตน์
สถาปนิก สุดเสนาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

11 ความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตโครงงาน 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.6 ส่วนประกอบของรายงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การพัฒนาเกม 4

2.2 Augmented Reality 9

2.3 บาร์โค้ด 1 มิติ 16

2.4 บาร์โค้ด 2 มิติ 17

2.5 QR Code 19

2.6 ทฤษฎีทางเรขาคณิต 21

2.7 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ 30

2.8 การแสดงผลภาพ 31

2.9 Game Engine และ Library 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง 39
3.1 การออกแบบระบบ 39
3.2 การทดลองพัฒนาเกม 43
3.3 การเล่นเกม 60

บทที่ 4 บทสรุปและวิจารณ์ 75
4.1 บทสรุป 75
4.2 ปัญหาอุปสรรค 75
4.2 แนวทางการแก้ไข 75

บรรณานุกรม 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 ตารางเปรียบเทียบบาร์โค้ด 2 มิติชนิดต่าง ๆ 18
3.1 ระบบของการแก้ข้อผิดพลาดของ QR Code 47
3.2 ลักษณะของระบบแท็ค 47
3.3 การเปรียบเทียบระหว่า QR Code และมาร์คเกอร์ที่แม่นยำ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

2.1 ตัวอย่างรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ 5
2.2 ตัวอย่างของงานศิลปะระดับพิกเซล 6
2.3 ความแตกต่างของภาพแบบเวกเตอร์และบิตแมพเมื่อถูกขยายเจ็ดเท่า 6
2.4 ตัวอย่างของคอมพิวเตอร์กราฟิกสามมิติ 7
2.5 อนิเมชั่นลักษณะโมชั่นแคปเจอร์ 9
2.6 เส้นเหลืองบนสนามซึ่งแสดงออกบนโทรทัศน์ 10
2.7 การแสดงข้อมูลนักฟุตบอลโดยใช้ Augmented Reality 10
2.8 Head Mounted Display 12
2.9 Handheld Display 12
2.10 ตัวอย่างการแสดงผลแบบ SAR 13
2.11 ตัวอย่างชนิดของบาร์โค้ด 1 มิติ 17
2.12 ตัวอย่างบาร์โค้ดแบบ 2 มิติ 17
2.13 การใช้งาน QR Code ในการใช้งานเป็น URL 21
2.14 ผลคูณจุด 24
2.15 การหาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยกฎมือขวา 25
2.16 สามเหลี่ยมมุมฉากต้อง 27
2.17 ผลรวมของพื้นที่สีเหลี่ยมสองรูปบนเส้นขอบ 28
2.18 การพิสูจน์ทฤษฎีบทปีทาโกรัสอีกวิธี 29
2.19 ภาพ Vignetting 36
2.20 บอร์ดที่ใช้ในการทำคาลิเบรทกล้องแบบกึ่งอัตโนมัติ 37
3.1 ยูสเคสของระบบ 39
3.2 คลาสไดอะแกรมของระบบ 40
3.3 โครงสร้างของไลบรารี่ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ 42
3.4 ขั้นตอนการทำงานของ ARToolKit 44
3.5 โครงสร้างของ QR Code 45
3.6 รายละเอียดของ QR Code 47
3.7 QR Code ในแบบต่าง ๆ 47
3.8 ขั้นตอนการตรวจจับ QR Code 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.9 position detection pattern	49
3.10 สามเหลี่ยม right triangle	50
3.11 ขั้นตอนการประมวลหาจุดต่าง ๆ ของ QR Code	51
3.12 หมุน QR Code ให้ตรงเพื่อประมวลผล	52
3.13 ARToolKit Marker	53
3.14 QR Code	53
3.15 position detection pattern	54
3.16 การกรองแพทเทิร์นที่ไม่ต้องการออก	55
3.17 รูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุม	55
3.18 การหาจุด P0	56
3.19 การหาจุด A1	56
3.20 การหาจุด B2 และ D4	57
3.21 การหาจุด B1 และ D1	57
3.22 การหาจุด C1	58
3.23 การแสดงผลโมเดลสามมิติ	58
3.24 การเรียงลำดับของแพทเทิร์นตามเข็มนาฬิกา	59
3.25 การใช้เวคเตอร์คำนวณหาทิศทางของแพทเทิร์น	60
3.26 นักธนู	60
3.27 นักดาบ	61
3.28 นักเวทย์	61
3.29 นักบวช	62
3.30 QR Code แผนที่เกม	62
3.31 QR Code นักธนู	62
3.32 QR Code นักดาบ	63
3.33 QR Code นักเวทย์	63
3.34 QR Code นักบวช	63
3.35 QR Code คำสั่ง 0 ถึง 9	64
3.36 เริ่มเกม	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

3.37 สแกนโค้ดเพื่อเลือกอาชีพ 65
3.38 เงื่อนไขการเข้าเล่นเกม 66
3.39 เทิร์นของตัวละคร 66
3.40 คำสั่งภายในเกม 67
3.41 เลือกช่องทางเดินเมื่อโยนลูกเต๋า 67
3.42 ตัวละครเดินตามเส้นทางที่เลือกไว้ 68
3.43 ส่อง QR Code เพื่อใช้ทักษะ 68
3.44 ทักษะของนักธนู 69
3.45ทักษะของนักดาบ 69
3.46 ทักษะของนักเวทย์ 70
3.47 ทักษะของนักบวช 70
3.48 คำสั่ง Help 71
3.49 เพิ่มค่าเวทย์มนต์ 1 หน่วย 71
3.50 ข้อความเมื่อตาย 72
3.51 ผู้เล่นเกิดที่จุดเริ่มต้น 72
3.52 ตัวละครเดินไปจนสุดทาง 73
3.53 ฉากจบของตัวละคร 73
3.54 ภาพรวมของระบบ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เกมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน มีการแสดงผลทั้งในแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะการเล่น และประสิทธิภาพของเครื่องเล่นเกม เช่น เกมหมากฮอส ด้วยลักษณะของเกมที่มีมุมมองจากด้านบน และไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนมุมมองมากนัก จึงนิยมเล่นเป็นแบบ 2 มิติ หรือเกมที่รันบนเครื่องเล่นพกพาหรือโทรศัพท์มือถือที่มีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก ก็อาจจำเป็นต้องแสดงผลเป็นแบบ 2 มิติเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาจะออกแบบการแสดงผลไว้ให้เป็นอย่างไร ด้วยประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน เกมรุ่นใหม่ที่ผลิตออกมาส่วนใหญ่จึงนิยมแสดงผลภาพเป็นแบบ 3 มิติ ทำให้เพิ่มความสมจริงและความน่าสนใจให้กับเกมขึ้นได้ ยกตัวอย่าง เช่น เกมกีฬาฟุตบอล ถ้าแสดงผลเป็นแบบ 3 มิติแล้ว จะทำให้ได้บรรยากาศที่สมจริงกว่าแบบ 2 มิติมาก อีกทั้งผู้เล่นส่วนใหญ่มีความเห็นว่าถ้าเล่นเกมฟุตบอลด้วยจอยสติก จะทำให้ได้อรรถรสในการเล่นมากกว่าการเล่นด้วยคีย์บอร์ดมาก จากที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าลักษณะการแสดงผลและลักษณะการปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นของเกม ส่งผลต่อความน่าสนใจของเกมได้

โดยเกมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะแสดงผลภาพกราฟิกด้วย CG ซึ่งถูกสร้างโดยคอมพิวเตอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ และการปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นส่วนใหญ่ใช้เมาส์กับคีย์บอร์ด หรือจอยสติก ซึ่งรูปแบบการแสดงผลและปฏิสัมพันธ์ของเกมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่เป็นดังที่กล่าวมานี้อย่างยาวนาน จากปัจจัยข้างต้นจึงมีแนวความคิดที่จะเปลี่ยนลักษณะการแสดงผลภาพและลักษณะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเกมกับผู้เล่นเป็นแนวใหม่ เพื่อทำให้เกมน่าสนใจมากขึ้นและมีปฏิสัมพันธ์มากขึ้น โดยนำเอาเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) มาประยุกต์ใช้กับเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยอาศัยเทคโนโลยี AR จะทำให้เกมของเราแสดงผลภาพวิดีโอจากโลกแห่งความจริง โดยมีภาพ CG ที่ถูกสร้างโดยคอมพิวเตอร์วาดซ้อนทับอยู่บนภาพวิดีโอในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในโลกแห่งความจริง ส่งผลให้การแสดงผลภาพมีความสมจริงมากขึ้น อีกทั้งผู้เล่นยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุในโลกแห่งความจริงได้อีกด้วย

เกมที่เราจะพัฒนาเป็นเกมกระดานที่เล่นตามบทบาทของตัวละคร (Role-Playing Board Game) โดยใช้กล้องเว็บแคมในการรับภาพวิดีโอ และในการเล่นเกมจำเป็นต้องมีกระดาษที่พิมพ์สัญลักษณ์ (AR marker) ที่ระบบ AR สามารถตรวจจับได้ โดยผู้เล่นต้องส่องกล้องเว็บแคมไปที่ AR marker และเมื่อระบบตรวจพบจะแปลความหมายของ AR marker และคำนวณตำแหน่งสามมิติของ AR marker ที่สัมพันธ์กับโลกแห่งความจริง ในเกมของเรานั้นใช้ AR marker ในการอ้างตำแหน่งของโลก 3 มิติในเกม รวมทั้งการตัดสินใจเลือกว่าจะแสดงผลตัวละคร 3 มิติตัวใดในเกม เราได้เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลบรารี่ ARToolKit สำหรับช่วยในการทำงานด้าน AR ซึ่งแสดงผลภาพ CG ด้วยไลบรารี่ OpenGL และส่วนติดต่อกับผู้เล่นจะใช้เมาส์และคีย์บอร์ด ควบคู่ไปกับ AR marker นั่นคือผู้เล่นสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับ AR marker เพื่อเป็นอินพุตเข้าไปในเกมได้ ในที่นี้เราเลือกใช้ QR Code ซึ่งเป็นบาร์โค้ด 2 มิติ มาใช้เป็น AR marker สำหรับเกมของเรา ซึ่งเราจะได้ประโยชน์จากข้อดีของ QR Code ดังจะมีรายละเอียดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคโนโลยี Augmented Reality
2) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ QR Code กับเทคโนโลยี Augmented Reality

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพิ่มความน่าสนใจให้กับตัวเกม และทำให้เกมของเราแตกต่างจากเกมทั่วไปได้
2) เพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยี Augmented Reality ด้วยการใช้ QR Code

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างเกมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality รันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป
2) มีรูปแบบการเล่นที่เล่นด้วยกล้องเว็บแคม
3) แสดงผลภาพ CG สามมิติซ้อนบนสัญลักษณ์ที่ตรวจจับได้แบบเรียลไทม์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาความรู้พื้นฐานของภาพ CG
2) ศึกษาความรู้พื้นฐานและการทำงานเกี่ยวกับ Augmented Reality
3) ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ QR Code
4) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ QR Code ร่วมกับ Augmented Reality
5) กำหนดแผนการดำเนินงาน
6) ทดลองเขียนแอพพลิเคชั่น
7) วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ส่วนประกอบของรายงาน

รายงานนี้แบ่งออกเป็น 4 บท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน และส่วนประกอบของรายงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการพัฒนา

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและการทดลอง

บทที่ 4 เป็นบทสรุปและวิจารณ์ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพัฒนาเกม (Game Development)

การพัฒนาเกมคือกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยจะได้ผลิตภัณฑ์วิดีโอเกม การพัฒนาได้ถูกรับผิดชอบโดยนักพัฒนาเกม ซึ่งมีหลายขนาดการพัฒนาอย่างการพัฒนาเป็นกลุ่มเล็กหรือเป็นธุรกิจขนาดใหญ่ การพัฒนาได้ถูกก่อตั้งโดยนักธุรกิจ ในยุคต้นๆของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในบ้านและเครื่องเล่นเกม จะมีเพียงแค่โปรแกรมเมอร์อย่างเดียวที่ดูแลงานที่รับผิดชอบทั้งหมด อย่างไรก็ตามความต้องการในธุรกิจเกมยุคปัจจุบันได้ทำให้เกินความสามารถของโปรแกรมเมอร์และจึงได้มีการกระจายความรับผิดชอบไปส่วนอื่นๆ การพัฒนาของเกมหลักในปัจจุบันได้ใช้เวลาในการพัฒนาเป็นเวลาปีถึงสีปีเลยทีเดียวแม้ว่าบางงานจะต้องใช้เวลาในการทำงานเป็นเวลานาน

วิดีโอเกม (Video Game) เป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อความบันเทิงชนิดหนึ่ง ในรูปของการนำเอาเกมมาประยุกต์เล่นในคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาต่างๆ มาเขียนตามแนวทางของผู้สร้างเกม ว่าจะสร้างให้เสมือนจริง หรือจะสร้างแบบเน้นกราฟิกสองมิติและสามมิติ การสื่อด้วยเทคนิคด้านภาพที่สมจริงโดยใช้ภาพแอนิเมชันเป็นต้น ลักษณะทั่วไปของเกมคอมพิวเตอร์คือ เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อให้ผู้เล่นแก้ไขปัญหา โดยจะมีกฎเกณฑ์ และเป้าหมายแตกต่างกันไปในแต่ละเกม ประเภทของเกมที่ใช้ในการพัฒนาในวิดีโอเกมในโครงงานนี้จะเป็น เกมกระดานที่เล่นตามบทบาทของตัวละคร (Role-Playing Board Game)

เกมเล่นตามบทบาท (Role-Playing Game) หรือ อาร์พีจี (RPG) หรือที่นิยมเรียกกันว่าเกมภาษาเป็นเกมที่พัฒนามาจากเกมสวมบทบาทแบบตั้งโต๊ะ เนื่องจากในช่วงแรกเกมอาร์พีจีที่ออกมาจะเป็นภาษาอังกฤษหรือญี่ปุ่นซึ่งต้องใช้ความรู้ด้านภาษานั้นๆในการเล่น เกมประเภทนี้จะกำหนดตัวผู้เล่นอยู่ในโลกที่สมมติขึ้น และให้ผู้เล่นสวมบทบาทเป็นตัวละครหนึ่งในโลกนั้นๆผจญภัยไปตามเนื้อเรื่องที่กำหนด โดยมีจุดเด่นทางด้านการพัฒนาระดับของตัวละคร (Experience-ประสบการณ์) เก็บเงินซื้ออาวุธ, อุปกรณ์ เมื่อผจญภัยไปมากขึ้นและเอาชนะศัตรูตัวร้ายที่สุดในเกม

เกมกระดาน (Board Game) คือเกมที่ต้องใช้ชิ้นส่วนหรือตัวหมากวางไว้บนพื้นที่เล่น เคลื่อนที่หรือหยิบออกจากพื้นที่เล่น พื้นที่เล่นเปรียบได้กับ "กระดาน" ซึ่งจะมีผิวหน้าหรือรูปภาพเฉพาะสำหรับเกมนั้น ๆ เกมกระดานมีหลายประเภทและหลากรูปแบบ ตั้งแต่รูปแบบที่ง่ายที่สุดคือหมากฮอส ไปจนถึงเกมที่มีความซับซ้อน มีกติกามากมาย ต้องใช้แผนการหรือยุทธวิธีเข้าช่วยเพื่อที่จะให้ตนเองชนะ คือบรรลุจุดประสงค์ของการเล่นเกมนั้น การเล่นเกมกระดานเป็นความบันเทิงอย่างหนึ่ง บางครั้งก็ใช้เกมกระดานสำหรับการแข่งขันในระดับชาติหรือนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเกมกระดานที่เล่นตามบทบาทของตัวละคร (Role-Playing Board Game) คือเกมกระดานที่มีลักษณะของเกมเล่นตามบทบาทผสมเข้าไปในในวิธีการเล่นเกมซึ่งจะทำให้เกมกระดานมีความหลากหลายมากขึ้น จุดเด่นของเกมแนวนี้คือผู้เล่นจำลองตัวเป็นตัวละครซึ่งเป็นตัวหมากของกระดานและสภาพแวดล้อมของกระดานก็สามารถเปลี่ยนไปตามการออกแบบของเกมจึงเหมาะกับการใช้เทคโนโลยี AR เข้าใช้ในการพัฒนา

กราฟิกที่ใช้ในวิดีโอเกมส่วนมากจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลและจำลองรูปภาพที่เป็นผลลัพธ์ออกทางหน้าจอเพื่อให้ผู้เล่นสามาถมองเห็นได้เรียกว่าคอมพิวเตอร์กราฟิก (Computer Graphics)

คอมพิวเตอร์กราฟิกคือกราฟิกที่ถูกสร้างโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนมากในการแสดงผลและการจัดการของข้อมูลรูปภาพโดยคอมพิวเตอร์

การพัฒนาของคอมพิวเตอร์กราฟิกได้ถูกทำให้ง่ายต่อการใช้งานและสามารถเข้าได้ง่ายรวมถึงการใช้งานข้อมูลหลายๆชนิด การพัฒนาในคอมพิวเตอร์กราฟิกมีความซับซ้อนที่ลึกมากของชนิดของสื่อต่างๆและการปฏิวัติอุตสาหกรรมวิดีโอเกม อนิเมชั่นและภาพยนตร์ แบ่งออกเป็นสองประเภทดังนี้

2.1.1 คอมพิวเตอร์กราฟิกสองมิติ (2D Computer Graphics)

เป็นการสร้างภาพดิจิตอล จากคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มาจากโมเดลสองมิติ เช่น รูปทรงเรขาคณิตสองมิติ ข้อความ และรูปดิจิตอล เป็นต้น ดังตัวอย่างแสดงในรูป 2.1

รูป 2.1 ตัวอย่างรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ

ที่ผ่านมา คอมพิวเตอร์กราฟิกสองมิติถูกใช้ในแอพพลิเคชั่นที่ใช้โดยเทคโนโลยีการพิมพ์หรือการวาด เช่น การพิมพ์, การทำแผนที่, การวาดทางเทคนิค, โฆษณา เป็นต้น ในแอพพลิเคชั่นเหล่านั้น ในภาพสองมิติไม่ได้เป็นแค่การนำเสนอของวัตถุในโลกความจริงเท่านั้นแต่ยังเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่โดดเด่นโดยค่าที่มีความหมายลงไป คอมพิวเตอร์กราฟิกสองมิติจึงเป็นที่ต้องการเพราะว่ามันให้ควบคุมได้โดยตรงมากกว่าคอมพิวเตอร์กราฟิกสามมิติ สิ่งที่เข้าใกล้สิ่งเหล่านั้นได้เหมือนกับการถ่ายรูปและการพิมพ์มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

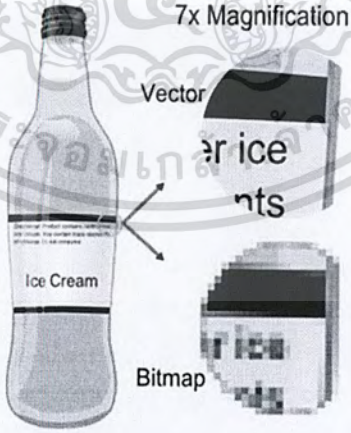
2.1.2 งานศิลปะระดับพิกเซล (Pixel Art)

งานศิลปะระดับพิกเซลเป็นรูปแบบของศิลปะแบบดิจิตอลที่สร้างผ่านการใช้โปรแกรมกราฟิกแบบแรสเตอร์ เมื่อภาพได้ถูกแก้ไขในระดับพิกเซล กราฟิกแบบนี้ส่วนมากอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเก่าและวิดีโอเกม, เกมคิดเลข และอีกหลายๆเกมบนโทรศัพท์มือถือ

รูป 2.2 ตัวอย่างของงานศิลปะระดับพิกเซล

2.1.3 เวกเตอร์กราฟิก (Vector Graphics)

ข้อมูลชนิดเวกเตอร์กราฟิกเป็นการปรับปรุงของกราฟิกแบบแรสเตอร์ที่จะแสดงรูปภาพออกเป็นอาเรย์ของพิกเซลแทนการแสดงของรูปภาพธรรมดา มันค่อนข้างคงที่เมื่อทำงานด้วยเครื่องมือทางเวกเตอร์และข้อมูลที่ใช้งานได้ดีและในกรณีเมื่อทำงานโดยเครื่องมือแบบแรสเตอร์และข้อมูลที่ใช้งานได้ดีเช่นกัน เวลาเมื่อทั้งสองข้อมูลรวมกัน การเข้าใจของประโยชน์และขีดกำจัดของแต่ละเทคโนโลยีและความสัมพันธ์ระหว่างพวกมันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมากในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการงานเครื่องมือ



รูป 2.3 ความแตกต่างของภาพแบบเวกเตอร์และบิตแมพเมื่อถูกขยายเจ็ดเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

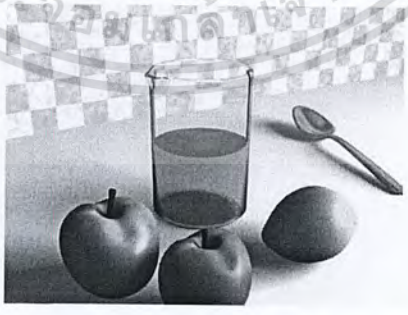
2.1.4 คอมพิวเตอร์กราฟิกสามมิติ (3D Computer Graphics)

คอมพิวเตอร์กราฟิกสาม คืองานกราฟิกส์ที่สร้างขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์เพื่องานคอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติ หรือหมายรวมถึงวิทยาการที่เกี่ยวข้อง เช่นคณิตศาสตร์และกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์

คอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติแตกต่างจากสองมิติตรงที่ภาพจากคอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติจะมีค่าความลึกที่สามารถนำมาเปลี่ยนแปลงใช้ซ้ำ เช่นการเปลี่ยนมุมมอง การหาระยะใกล้ไกลจากในภาพ เป็นต้น ในแง่คณิตศาสตร์การคำนวณภาพแบบสามมิติจะคล้ายคลึงกับภาพสองมิติแบบเวกเตอร์ โดยจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดเดียวกันเพียงแต่เพิ่มตัวแปรเพื่อนิยามความลึกหรือแกน Z ลงไปนอกเหนือจากแกน X และ Y ตามปรกติ ทั้งนี้ งานสามมิติมักผสมผสานงานแบบสองมิติทั้งแบบเวกเตอร์และภาพแรสเตอร์เข้าด้วยกัน เช่นการขึ้นโครงสร้างในแบบสามมิติแล้วใช้การกำหนดลวดลายหรือปรับรายละเอียดพื้นผิวด้วยภาพสองมิติ

เพื่อให้เกิดความสมจริง ในงานคอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติ จึงมีการพัฒนาระบบจำลองต่าง ๆ เช่นระบบคำนวณการเคลื่อนที่ของวัตถุตามหลักฟิสิกส์ เช่นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง แรงลม แรงเสียดทาน ฯลฯ ที่ผู้ใช้ยังสามารถปรับแต่งให้แตกต่างจากความเป็นจริงหรือเหนือธรรมชาติได้อย่างอิสระ ตลอดจนระบบอื่น ๆ เช่นระบบสีที่ใช้การคำนวณการสะท้อนแสง ซึ่งก็สามารถปรับแต่งให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ได้เช่นเดียวกัน ในการแสดงผลภาพสามมิติ OpenGL และ Direct3D เป็นเอพีไอที่ได้รับความนิยมควบคู่ไปกับการใช้ซอฟต์แวร์ในการคำนวณการเคลื่อนที่

ปัจจุบัน การใช้งานคอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติได้รับความนิยมแพร่หลาย ทั้งในสื่อภาพเคลื่อนไหว สิ่งพิมพ์ เกมคอมพิวเตอร์ สถาปัตยกรรม การแพทย์ ตลอดจนการจำลองอื่น ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ



รูป 2.4 ตัวอย่างของคอมพิวเตอร์กราฟิกสามมิติ

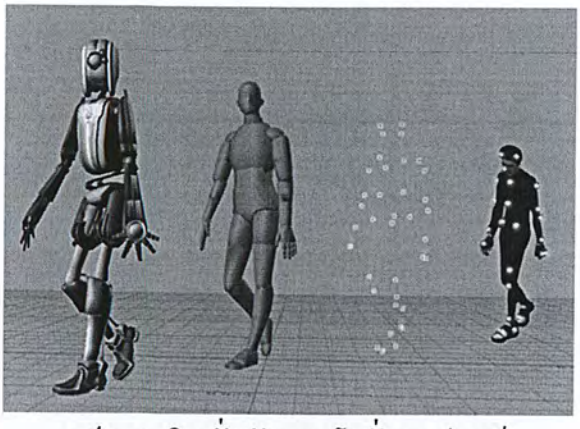
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน

คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน (Computer animation) คือการสร้างภาพเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์โดยอาศัยเครื่องมือ ที่สร้างจากแนวคิดทางคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ช่วยในการสร้าง ดัดแปลง และให้แสงและเงาเฟรมตลอดจนการประมวลผลการเคลื่อนที่ต่าง ๆ โดยเครื่องมือที่ว่าประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ที่สร้างขึ้นจาก ระเบียบวิธี ขั้นตอนวิธี หลักการ กฎ หรือ การคำนวณต่าง ๆ เช่น

1) เฟรมหลัก (keyframing) คือการใช้หลักการสร้างการเคลื่อนไหวโดยกำหนดภาพหรือ เฟรมหลักของการเคลื่อนที่แล้วคำนวณหรือวาดภาพหรือส่วนที่อยู่ระหว่างสองภาพ
2) การประมาณค่าในช่วง (interpolation) คือการคำนวณค่ากลางระหว่างสองค่าที่กำหนดให้
3) จลนพลศาสตร์ (kinematics) หรือการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือตัวละคร โดยไม่คำนึงถึงแรงที่กระทำ โดยอาศัยการแทนตัวละคร หรือ วัตถุด้วย กระดูกหรือโครงสร้างที่เป็นแกนกลางเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ และมีการกำหนดค่ามุมหรือตำแหน่งที่ข้อต่อนั้น
4) การจับภาพการเคลื่อนไหว (motion capture) คือการใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ในการจับการเคลื่อนไหวเป็นข้อมูลดิจิตอล
5) การประมวลผลการเคลื่อนไหว (motion processing) คือการแก้ไข เพิ่ม ลด เปลี่ยนแปลงข้อมูลดิจิตอลของการเคลื่อนไหว
6) การเคลื่อนไหวฝูงชน (crowd animation) คือการกำหนดการเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวละครจำนวนมากเพื่อลดภาระของผู้ใช้หรือแอนิเมเตอร์
7) พลศาสตร์ (dynamics) คือวิธีทางกลศาสตร์ในการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวโดยอาศัยกฎทางฟิสิกส์เข้ามาอธิบายและหาคำตอบของตำแหน่งของภาพเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 อนิเมชั่นลักษณะโมชั่นแคปเจอร์

2.2 Augmented Reality

Augmented Reality(AR) เป็นการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) ผสมเข้ากับเทคโนโลยีภาพที่มีลักษณะเป็นโค้ดภาพ เพื่อทำให้เห็นภาพสามมิติ ในหน้าจอโดยที่มีองค์ประกอบของ สิ่งแวดล้อมจริงๆ

2.2.1 นิยาม

มีนิยามเกี่ยวกับ Augmented Reality ที่ยอมรับในทุกวันนี้อยู่สองนิยามด้วยกัน นิยามหนึ่งได้รับการนิยามจาก Ronald Azuma ในปี 1997 ซึ่งนิยามของ Azuma(Azuma's definition) พูดเกี่ยวกับ Augmented Reality ไว้ดังนี้

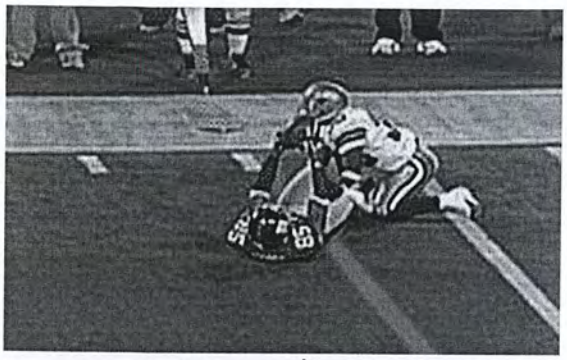
1) รวมโลกจริงและโลกเสมือนไว้ด้วยกัน
2) มีการโต้ตอบระหว่างโลกจริงและโลกเสมือนในเวลาเดียวกัน
3) ถูกแสดงเป็น 3D

อีกนิยามถูกสร้างโดย Paul Milgram และ Fumio Kishino ซึ่งก็คือ Milgram's Reality-Virtuality Continuum ในปี 1994 ทั้งสองได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงว่าเป็นการทำสภาพแวดล้อมจริงให้กลายเป็นสภาพแวดล้อมเสมือน ในระหว่างโลกจริงและโลกเสมือน

2.2.2 ตัวอย่าง

ตัวอย่างของ AR ที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปคือ เส้นแบ่งการทำดาวน์ครั้งแรกในการถ่ายทอดสดอเมริกัน ฟุตบอลโดยใช้ระบบ 1st & Ten ซึ่งวัตถุในโลกของความจริงก็คือ สนามฟุตบอล ตัวนักฟุตบอล และวัตถุที่สร้างขึ้นก็คือเส้นสีเหลือง ที่ถูกเขียนทับบนภาพโดยคอมพิวเตอร์ในขณะนั้น ๆ เหมือนกันกับสนามรักบี้และคริกเกต จะมีการขึ้นโฆษณาโดยสปอนเซอร์จะใช้เทคโนโลยี Augmented Reality ซึ่งจะมีโลโก้ขนาดใหญ่ปรากฏอยู่บนพื้นสนามเมื่อเรามองผ่านโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 เส้นเหลืองบนสนามซึ่งแสดงออกบนโทรทัศน์

รูป 2.7 การแสดงข้อมูลนักฟุตบอลโดยใช้ Augmented Reality

ในบางกรณี การเปลี่ยนแปลงแก้ไขความจริงนั้นจะแก้ไขได้ไม่เกินนี้ ตัวอย่างเช่น โฆษณาอาจถูกปิดทับ(บางส่วนหรือทั้งหมด)ด้วยโฆษณาอีกโฆษณาหนึ่ง การแทนที่นี้เป็นตัวอย่างของ Mediated Reality ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานมากกว่า AR

การถ่ายทอดสดการแข่งขันว่ายน้ำมักจะมีเส้นกราฟิกที่บ่งบอกตำแหน่งของสถิติโลกปัจจุบันที่สามารถว่ายได้ในเวลานั้น ๆ

อีกชนิดหนึ่งของแอพพลิเคชั่น AR จะใช้โปรเจคเตอร์และพื้นรองภาพในการใส่วัตถุลงในสิ่งแวดล้อมจริง ซึ่งวัตถุนั้น ๆ จะสัมพันธ์กันกับสิ่งแวดล้อมของพื้น ซึ่งอาจจะสามารถโต้ตอบได้ดี

เกมแนว first-person shooter หลาย ๆ เกมได้จำลองมุมมองของผู้เล่นโดยใช้ระบบ AR ในเกมประเภทนี้ AR สามารถใช้ในการแสดงมุมมองการเดินไปยังตำแหน่งต่าง ๆ กำหนดทิศทางและระยะทางของผู้เล่นอื่นที่ไม่ได้อยู่ในสายตาของผู้เล่น การให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือ เช่น กระสุนที่เหลืออยู่ในปืน , และแสดงรูปภาพต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ภายในเกม ซึ่งเหล่านี้ถูกเรียกว่า head-up display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบางแอพพลิเคชั่นซึ่งอยู่ในรถยนต์หรือเครื่องบิน บางทีจะใช้ head-up display นี้ในการใช้กับกระจกภายในรถยนต์หรือเครื่องบิน

เครื่องบิน F-35 Lightning II ไม่มี head-up display เนื่องจากเป้าหมายทั้งหมดจะถูกเล็งโดย aircraft's situational awareness และ sensor fusion ซึ่งจะแสดงในหมวกของนักบิน ซึ่งหมวกนี้จะแสดงในระบบของ Augmented Reality ที่จะอนุญาตให้นักบินสามารถมองทะลุเครื่องบินของเขาเสมือนว่าไม่มีเครื่องบินอยู่

2.2.3 เทคโนโลยี

2.1.3.1 ฮาร์ดแวร์

ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์หลักสำหรับการใช้งาน Augmented Reality คือ display tracking, input devices และ คอมพิวเตอร์ รวมกับซีพียูระดับสูง camera accelerometers GPS และเข็มทิศที่เป็น solid state ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีอยู่บน Smartphone ที่ทำให้มันใช้งานกับแพลตฟอร์มที่เข้ากันสำหรับ Augmented Reality

2.2.3.2 การแสดงผล

มีอุปกรณ์สำหรับการแสดงผลหลักๆ 3 ชนิดในการแสดงผล Augmented Reality

1) Head Mounted Displays

2) Handheld Displays

3) Spatial Displays

2.2.3.2.1 Head Mounted Displays

Head Mounted Display (HMD) เป็นตัววางภาพทั้งภาพของสภาพแวดล้อมจริงและภาพวัตถุกราฟิกจำลองลงบนหน้าจอ HMD จะเป็น optical see-through หรือไม่ก็เป็น video see-through การแสดงผล optical see-through จะใช้เทคโนโลยี half-silver mirror ในการอนุญาตให้ภาพของโลกจริงผ่านเข้ามาในเลนส์และภาพกราฟิกเขียนทับลงบนภาพของโลกจริงแล้วสะท้อนมาที่ตาของผู้ใช้ ตัว HMD จะต้องถูกตรวจจับด้วยเซนเซอร์ที่สามารถปรับได้ 6 องศา การตรวจจับนี้เพื่อให้ระบบประมวลผลทำการแสดงข้อมูลจำลองลงบนสภาพแวดล้อมจริง ข้อดีหลัก ๆ ของ HMD AR คือการแสดงผลที่ดีให้กับผู้ใช้ ข้อมูลกราฟิกจะเป็นภาพซ้อนของภาพที่ผู้ใช้มองอยู่ ผลิตภัณฑ์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้กันอยู่ เช่น Micro Vision Nomad , Sony Glasstron , และ I/O Displays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.8 Head Mounted Display

2.2.3.2.2 Handheld Displays

Handheld Augment Reality จะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เท่ากับมือของผู้ใช้ handheld AR จะใช้เทคนิค video see-through ในการซ้อนกราฟิกไว้บนภาพของโลกจริง เริ่มแรก handheld AR จะใช้เซนเซอร์ เช่น เข็มทิศดิจิตอล และ จีพีเอส สำหรับการตรวจจับ การเคลื่อนที่จะเคลื่อนโดยการใช้ระบบ fiducial marker เช่น การใช้ ARToolKit สำหรับการตรวจจับในปัจจุบันระบบการมอง เช่น SLAM หรือ PTAM ถูกใช้เพื่อการตรวจจับ Handheld display AR เป็นตัวแรกที่ประสบความสำเร็จในวงการธุรกิจของเทคโนโลยี AR ข้อดีหลักสองปัจจัยของ handheld AR คือเครื่องที่ใช้กับ handheld AR นั้นพกพาสะดวกและอุปกรณ์ส่วนมากจะมีกล้องแถมมาด้วย

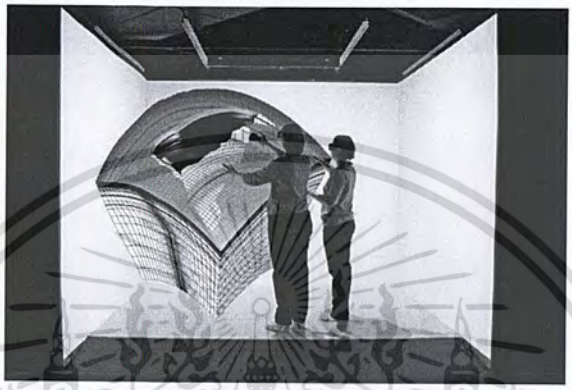
รูป 2.9 Handheld Display

2.2.3.2.3 Spatial Displays

แทนที่ผู้ใช้จะสวมหรือถืออุปกรณ์ที่ใช้ head mounted displays หรืออุปกรณ์มือถือ Spatial Augmented Reality (SAR) จะใช้โปรเจคเตอร์ดิจิตอลในการแสดงกราฟิกบนวัตถุ กุญแจสำคัญที่ทำให้ SAR แตกต่างคือการแสดงที่แยกออกจากระบบของผู้ใช้ เนื่องจากการแสดงผลจะไม่สัมพันธ์กันกับผู้ใช้แต่ละคน SAR นั้นจะเหมาะสมกับผู้ใช้เป็นกลุ่มมากกว่า SAR มีข้อได้เปรียบกว่า head mounted display และ อุปกรณ์มือถือ ตรงที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องถือหรือสวมอุปกรณ์เพื่อที่จะมองเห็นภาพ ทำให้ Spatial AR ทำงานได้ดีกับการงานที่มีผู้ใช้หลาย ๆ คน ร่วมงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกัน ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเห็นหน้าของแต่ละคน ระบบสามารถให้การใช้งานได้กับผู้ใช้หลาย ๆ คน Spatial AR จะไม่จำกัดขนาดของภาพเหมือนกับการใช้งานของ mounted display และอุปกรณ์มือถือ เครื่องโปรเจคเตอร์เป็นเครื่องที่มีระบบการแสดงผลที่สามารถขยายภาพได้ตามพื้นที่ที่รองรับ แต่อุปกรณ์พกพานั้นจะมีจอขนาดเล็ก ระบบ SAR สามารถแสดงผลบนได้ทุกที่ที่พื้นที่รองรับ SAR นั้นมีการสนับสนุน graphical visualization และ passive haptic sensation สำหรับผู้ใช้งาน



รูป 2.10 ตัวอย่างการแสดงผลแบบ SAR

2.2.3.3 Tracking

Augmented Reality ในโทรศัพท์มือถือสมัยใหม่จะใช้ตัวตรวจจับหนึ่งหรือมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของการตรวจจับนั้น ๆ ซึ่งจะมี digital cameras , sensors , accelerometers , GPS, gyroscopes, solid state compasses, RFID, wireless sensors, แต่ละอันจะมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่างกัน สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการตรวจจับรูปแบบและตำแหน่งของศีรษะผู้ใช้งานสำหรับการทำ augmentation ของภาพ มือของผู้ใช้งานสามารถตรวจจับได้หรืออุปกรณ์มือถือสามารถตรวจจับโดยใช้เทคนิค 6DOF interaction ระบบที่อยู่กับที่สามารถใช้ระบบ 6DOF track อย่างเช่น Polhemus, ViCON, A.R.T, หรือ Ascension

2.2.3.4 Computer

ระบบที่ใช้กล้องนั้นต้องการซีพียูที่มีประสิทธิภาพและจำนวนของหน่วยความจำมากสำหรับการประมวลผลภาพจากกล้อง ระบบกล้องที่สามารถสวมใส่ได้จะใช้แล็ปท็อปใส่ในกระเป๋าหลังสำหรับการประมวลผลภาพ สำหรับระบบที่ไม่เคลื่อนที่ที่มีระบบประมวลขนาดใหญ่ด้วยกราฟิกการ์ดที่มีคุณภาพ อุปกรณ์การประมวลผลเสียงจึงสามารถรวมเข้าไปในระบบ Augmented Reality ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.5 Software

สำหรับการรวมภาพจากโลกจริงจากกล้องและภาพจำลอง 3D, ภาพจำลองควรอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ในมุมมองของกล้องในโลกจริง นั้นหมายความว่าโลกจริงนั้นประสานเข้ากับระบบอิสระจากกล้อง ควรคืนค่าเดิมจากภาพของกล้องได้ กระบวนการนี้เรียกว่า Image registration และเป็นส่วนหนึ่งของ Azuma's definition of Augmented Reality

Augmented Reality image registration จะใช้วิธีที่แตกต่างของการคำนวณการมองเห็น, ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการตรวจจับวีดีโอ วิธีคำนวณการมองเห็นหลาย ๆ วิธีของ Augmented Reality นั้นสืบทอดรูปแบบมาจาก visual odometry methods

ในสถานะที่สอง โลกจริงจะประสานเข้ากับระบบโดยการการคืนสภาพเดิมจากข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในสถานะแรก บางวิธีการจะสมมติวัตถุที่เป็นรูปทรงสามมิติจะนำเสนอในฉากและมีการใช้ประโยชน์จากข้อมูลเหล่านั้น ในบางกรณีเหล่านั้นฉากโครงสร้างสามมิติทั้งหมดควรมีการคำนวณก่อน ถ้าฉากทั้งหมดนี้ไม่เป็นที่รู้จักก่อน การทำเทคนิค SLAM สามารถใช้เพื่อจับคู่ตำแหน่งของ fiduciary markers กับ 3D markers ถ้าไม่มีการสมมติฐานเกี่ยวกับรูปทรงสามมิติของฉากที่ถูกทำโครงสร้างจากกฎการเคลื่อนไหว วิธีการนี้จะใช้ในสถานะที่สองซึ่งจะรวม projective geometry, bundle adjustment, rotation representation with exponential ma, kalman และ particle filters

2.2.4 แอพพลิเคชั่น

2.2.4.1 แอพพลิเคชั่นต่าง ๆ ในปัจจุบันนี้

การโฆษณา: นักการตลาดใช้เทคโนโลยี AR ในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ผ่านทางแอพพลิเคชั่นที่มีการโต้ตอบด้วยเทคโนโลยี AR ตัวอย่างเช่น ในงาน LA Auto Show ในปี 2008 นิสสันเปิดตัวแนวคิดของยานพาหนะในรูปแบบ Cube และนำเสนอผู้มาเยี่ยมชมด้วยโบรชัวร์ที่เมื่อถือแล้วส่งบนกล้องเว็บแคม จะมีการแสดงยานพาหนะในหลาย ๆ รุ่นของทางบริษัทนิสสัน ในเดือนสิงหาคมปี 2009 บริษัท Best Buy ได้มีการใช้ Augmented Reality code ที่สามารถให้ผู้ใช้งานกับกล้องเว็บแคมในการโต้ตอบกันกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นแบบ 3D ในปี 2010 Walt Disney ใช้มือถือที่มี Augmented Reality ในการเชื่อมต่อในการดูผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในเว็บไซต์

การสนับสนุนกับงานที่ซับซ้อน: งานที่ซับซ้อน เช่น การประกอบ, การซ่อมบำรุง และการเสริมแต่งสามารถทำให้ง่ายได้โดยการเพิ่มข้อมูลเพิ่มเติมลงไปในการใช้งาน ตัวอย่าง เช่น ป้ายสามารถแสดงอยู่บนชิ้นส่วนของระบบเพื่อทำให้เข้าใจคำสั่งในการปฏิบัติงานง่ายขึ้นสำหรับกลไกต่าง ๆ กับผู้ที่ทำการซ่อมบำรุงให้กับระบบ AR สามารถรวมภาพของวัตถุที่ถูกซ่อนไว้ให้แสดงขึ้นได้ AR มีประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยเกี่ยวกับยาและการศัลยกรรม ตัวอย่าง เช่น การดูภาพรังสี X เทียมซึ่งมาจากการคำนวณด้านภาพตัดขวาง หรือภาพที่เป็นเรียลไทม์จากการอัลตราซาวด์ หรือการเปิดอุปกรณ์ NMR หรือการที่แพทย์สามารถสำรวจทารกในครรภ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์นำทาง: AR สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์นำทางสำหรับแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ ได้ ตัวอย่าง เช่น การจำลองอาคารสามารถเพิ่มความประสิทธิภาพสำหรับจุดมุ่งหมายในการบำรุงรักษาโรงงานอุตสาหกรรมได้, การจำลองสภาพภูมิศาสตร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสั่งการและบริหาร Head-up displays หรือ personal display glasses ในรถยนต์สามารถใช้ในการดูสภาพข้อมูลจราจร อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีประโยชน์มากสำหรับนักบินเช่นกัน Head-up displays ถูกใช้ในเครื่องบินต่อสู้อากาศยานซึ่งเป็นหนึ่งในแอพพลิเคชั่น AR ชิ้นแรกๆ อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีการโต้ตอบได้เต็มที่

การบริกาด้านการทหารและเหตุฉุกเฉิน: AR สามารถประยุกต์ใช้กับการทหารและภาวะฉุกเฉินโดยการใช้ระบบชนิดสวมในการแสดงข้อมูลอย่างเช่น คำสั่ง แผนที่ ที่ตั้งของศัตรู และคลังอาวุธ

การสำรวจ: ในวงการอุทกวิทยา นิเวศวิทยา ธรณีวิทยา AR สามารถใช้เพื่อแสดงการโต้ตอบของการวิเคราะห์คุณลักษณะของภูมิประเทศ ผู้ใช้สามารถใช้ แก้ไขและวิเคราะห์ แผนที่สามมิติ

ศิลปะ: AR สามารถรวมเข้าเป็นแอพพลิเคชั่นทางด้านศิลปะได้ โดยที่จะอนุญาตให้ศิลปินสร้างงานศิลปะในเวลาเรียลไทม์ อย่างเช่น การระบายสี การวาด การขึ้นแบบ และอื่น ๆ ตัวอย่างหนึ่งของปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Eye writer ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในปี 2009 โดย Zachary Lieberman และกลุ่มสมาชิกของ Free Art and Technology(FAT), Open Frameworks และ Graffiti Research Lab จะช่วยศิลปินกราฟฟิตี้ ผู้ซึ่งเป็นอัมพาตให้สามารถวาดรูปได้อีกครั้ง

สถาปัตยกรรม: AR สามารถใช้เพื่อโครงงานของการจำลองแผนการสร้าง

การเที่ยวชม: โมเดลอาจถูกสร้างขึ้นซึ่งจะมีชื่อและข้อความที่เกี่ยวข้องกับโมเดลนั้นรวมอยู่ด้วย ด้วยเทคโนโลยี AR ผู้ใช้สามารถสร้างสิ่งที่เสียหายไปแล้วขึ้นมาใหม่ อาคารหรือภูมิทัศน์เท่าที่มันเหลืออยู่

การร่วมมือ: AR สามารถช่วยให้การทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกภายในทีมผ่านทางวีดีโอคอนเฟอร์เรนซ์โดยใช้ผู้เข้าร่วมจริงหรือปลอมก็ได้ The Hand of God เป็นตัวอย่างที่ดีของระบบ collaboration

ความบันเทิงและการศึกษา: AR สามารถใช้ในแวดวงของความบันเทิงและการศึกษาในการสร้างวัตถุจำลองในพิพิธภัณฑ์และการแสดงงาน

2.2.4.2 แอพพลิเคชั่นในอนาคต

มีสิ่งสำคัญในการจำไว้ว่า Augmented Reality เป็นเทคโนโลยีที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนา จึงเป็นเหตุผลที่ว่า อนาคตของ AR จะขึ้นอยู่ว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างใด ถ้าเทคโนโลยี AR สามารถทำได้ มันจะกลายเป็นที่แพร่หลายแต่ในปัจจุบันผู้ซื้อหลักๆจะเป็นโรงงานต่าง ๆ ที่มีอากาศในการใช้งานเทคโนโลยีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายหน้าจอคอมพิวเตอร์ไปยังสิ่งแวดล้อมจริง: โปรแกรมวินโดว์และไอคอนจะปรากฏเหมือนเป็นวัตถุจำลองในโลกความจริงและการใช้ตา การแสดงท่าทางสามารถสั่งงานไปยังคอมพิวเตอร์ได้โดยการใช้การเพ่งหรือการชี้นิ้ว การแสดงผลแบบบุคคลเดี่ยวสามารถจำลองหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบดั่งเดิมได้หลายหน้าจอหรือแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ บนวินโดว์ได้ในเวลาเดียวกัน

อุปกรณ์จำลอง: การแทนที่ของหน้าจอเดิมๆ หน้าจอการควบคุม และแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ ทั้งหมด ให้เป็นฮาร์ดแวร์จริง ๆ ซึ่งจะเหมือนกับวัตถุสามมิติที่สามารถโต้ตอบและเป็นรูปร่างตามการใช้งานหรือความต้องการของผู้ใช้

แอพพลิเคชั่นประเภทสื่อให้ดีขึ้น: เหมือนกับภาพโฮโลกราฟิกจำลอง, ภาพยนตร์จำลอง, โฮโลเด็กค์จำลอง(ให้คอมพิวเตอร์สร้างภาพในการโต้ตอบกับผู้ใช้งานและนักดนตรี)

การแทนที่โทรศัพท์มือถือและหน้าจออุปกรณ์นำทางในรถยนต์: การต่อสายด้วยตา ,การเพิ่มของข้อมูลโดยตรงลงในมุมมอง เช่นการแนะนำเส้นทางบนถนน

ต้นไม้จำลอง วอลเปเปอร์ ภาพมุมกว้าง งานด้านศิลปะ การตกแต่ง การจัดแสดง ฯลฯ จะเพิ่มคุณภาพชีวิต สำหรับตัวอย่าง เช่น การแสดงภาพจากภาพนอกบ้านบนกำแพง นั้นจะทำกำแพงเสมือนเป็นกำแพงล่องหน

การใช้ระบบ AR ในตลาด: เราสามารถมองเห็นกระจกแต่งตัวจำลอง โปสเตอร์สัญลักษณ์จราจร การตกแต่งวันคริสมาสต์ โฆษณาและอื่นๆ สิ่งเหล่านี้จะมีการโต้ตอบได้อย่างดี ถึงแม้ผู้ใช้อาจจะไม่ได้อยู่ใกล้ โดยการใช้สายตาในการสั่งการ

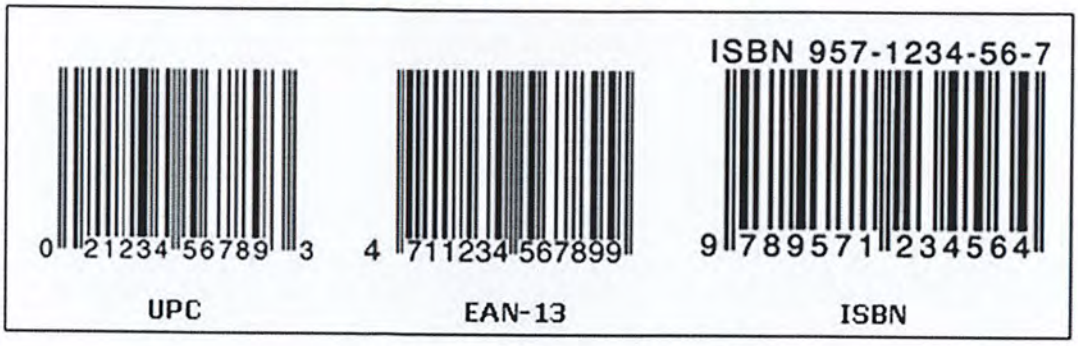
อุปกรณ์ขนาดเล็กจำลอง: สามารถนำอุปกรณ์ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เช่น นาฬิกา วิทยุ คอมพิวเตอร์ ปฏิทินการนัดหมาย เครื่องจำหน่ายตั๋ว พีดีเอ ระบบนำทางรถยนต์ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยอุปกรณ์จำลองที่ไม่จำเป็นต้องเสียต้นทุนในการสร้างสิ่งของข้างต้น เพียงแต่เสียต้นทุนให้กับซอฟต์แวร์เท่านั้น

2.3 บาร์โค้ด 1 มิติ (1-Dimensional Barcode)

บาร์โค้ด 1 มิติมีลักษณะเป็นแถบประกอบด้วยเส้นสีดำสลับกับเส้นสีขาว ใช้แทนรหัสตัวเลขหรือตัวอักษรโดยสามารถบรรจุข้อมูลได้ประมาณ 20 ตัวอักษร การใช้งานบาร์โค้ดมักใช้ร่วมกับฐานข้อมูลคือเมื่ออ่านบาร์โค้ดและถอดรหัสแล้วจะนำรหัสที่ได้ใช้เรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลอีกต่อหนึ่ง บาร์โค้ด 1 มิติมีหลายชนิด เช่น UPC EAN-13 หรือ ISBN ดังรูป 2.11 เป็นต้น ซึ่งบาร์โค้ด 1 มิติเหล่านี้สามารถพบได้ตามสินค้าทั่วไปในซูเปอร์มาร์เก็ต หรือห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

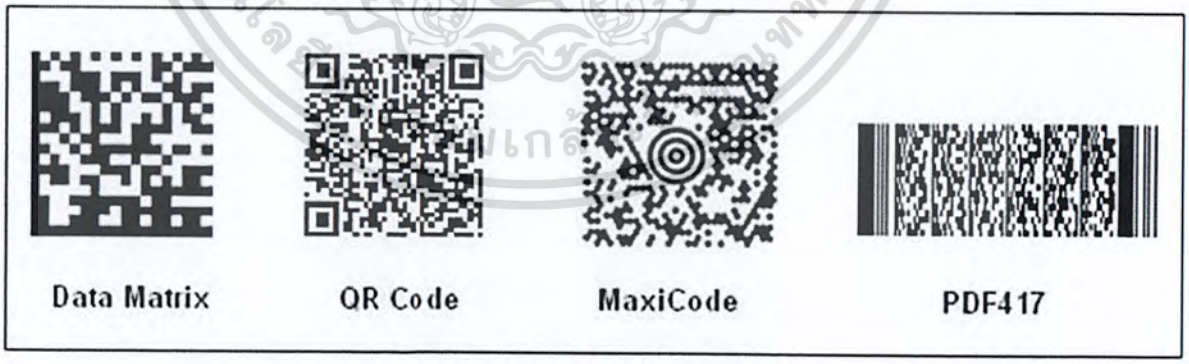
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูป 2.11 ตัวอย่างชนิดของบาร์โค้ด 1 มิติ

2.4 บาร์โค้ด 2 มิติ (2-Dimensional Barcode)

บาร์โค้ด 2 มิติเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาเพิ่มเติมจากบาร์โค้ด 1 มิติ โดยออกแบบให้บรรจุข้อมูลได้ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ทำให้สามารถบรรจุข้อมูลมากได้ประมาณ 4,000 ตัวอักษรหรือประมาณ 200 เท่าของบาร์โค้ด 1 มิติในพื้นที่เท่ากันหรือเล็กกว่า ข้อมูลที่บรรจุสามารถใช้ภาษาอื่นนอกจากภาษาอังกฤษได้ เช่น ภาษาญี่ปุ่น จีน หรือเกาหลี เป็นต้น และบาร์โค้ด 2 มิติสามารถถอดรหัสได้ แม้ภาพบาร์โค้ดบาร์โค้ดบางส่วนมีความเสียหาย อุปกรณ์ที่ใช้อ่านและถอดรหัสบาร์โค้ด 2 มิติมีตั้งแต่เครื่องอ่านแบบซีซีดีหรือเครื่องอ่านแบบเลเซอร์เหมือนกับของบาร์โค้ด 1 มิติ จนถึงโทรศัพท์มือถือแบบมีกล้องถ่ายรูปในตัวซึ่งติดตั้งโปรแกรมถอดรหัสไว้ ในส่วนลักษณะของบาร์โค้ด 2 มิติมีอยู่มากมายตามชนิดของบาร์โค้ด เช่น วงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า คล้ายกับบาร์โค้ด 1 มิติ ดังรูป 2.12 เป็นต้น ตัวอย่างบาร์โค้ด 2 มิติ ได้แก่ PDF417, Maxi Code, Data Matrix และ QR Code



รูป 2.12 ตัวอย่างบาร์โค้ดแบบ 2 มิติ

119271
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านล่างนี้เป็นตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างบาร์โค้ดสองมิติแต่ละชนิด

ตาราง 2.1 ตารางเปรียบเทียบบาร์โค้ด 2 มิติชนิดต่างๆ

บาร์โค้ด 2 มิติ		PDF417	MaxiCode	Data Matrix	QR Code
ผู้พัฒนา (ประเทศ)		Symbol Technologies (สหรัฐอเมริกา)	Oniplanar (สหรัฐอเมริกา)	RVSI Acuity CiMatrix (สหรัฐอเมริกา)	DENSO (ญี่ปุ่น)
ประเภทบาร์โค้ด		แบบสแต็ก	แบบเมตริกซ์	แบบเมตริกซ์	แบบเมตริกซ์
ขนาดความจุข้อมูล	ตัวเลข	2,710	138	3,116	7,089
	ตัวอักษร	1,850	93	2,355	4,296
	เลขฐานสอง	1,018	-	1,556	2,953
	ตัวอักษรญี่ปุ่น	554	-	778	1,817
ลักษณะที่สำคัญ		- บรรจุข้อมูลได้มาก	- มีความเร็วในการอ่านสูง	- บาร์โค้ดมีขนาดเล็ก	- บาร์โค้ดมีขนาดเล็ก - มีความเร็วในการอ่านสูง - บรรจุข้อมูลได้มาก
มาตราฐานที่ได้รับ		- ISO/IEC 15438 - AIM USS-PDF417	- ISO/IEC 16023 - ANSI/AIM BC10-ISS-MaxiCode	- ISO/IEC 16022 - ANSI/AIM BC11-ISS-Data Matrix	- ISO/IEC 18004 - JIS X 0510 - JEIDA-55 - AIM ITS/97/001 ISS-QR Code

ปัจจัยหลักในการเลือก QR Code มากกว่าโค้ดสองมิติอื่น ๆ

1) มีการตอบสนองที่รวดเร็ว
2) ประหยัดพื้นที่ในการเก็บรายละเอียดข้อมูล เนื่องจากใช้แค่จุดสี่เหลี่ยมเล็กๆ ทำให้ QR Code มีขนาดเล็ก
3) ใช้เทคโนโลยีแก้ไขข้อผิดพลาดแบบเดียวกับที่ใช้ในแผ่นซีดี ทำให้สามารถอ่านข้อมูลได้แม้จะเสียหายไม่เกิน 30 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 QR Code

QR code เป็นเมทริกซ์บาร์โค้ด(หรือโค้ดสองมิติ) สามารถอ่านได้โดย QR scanners, กล้องบนโทรศัพท์มือถือและ smart phones โค้ดจะประกอบด้วยส่วนประกอบสีดำที่เรียงอยู่บนรูปสี่เหลี่ยมที่มีพื้นสีขาว ข้อมูลสามารถเข้ารหัสเป็นข้อความ , URL หรือข้อมูลอื่นๆได้

ในญี่ปุ่นซึ่งเป็นประเทศที่เป็นผู้สร้างเทคนิคนี้ขึ้น โดยบริษัท Japanese corporation Denso-Wave

ในปี 1994 QR code เป็นหนึ่งในสิ่งที่เป็นที่นิยมเกี่ยวกับการใช้บาร์โค้ดสองมิติ QR เป็นตัวย่อมาจาก Quick Response ซึ่งมาจากผู้สร้างสนใจโค้ดซึ่งสามารถให้ข้อมูลสามารถถูกถอดรหัสออกมาได้ด้วยความเร็วสูง

แม้ว่าการเริ่มใช้ชิ้นส่วนของการค้นหาเส้นทางในอุตสาหกรรมยานพาหนะ ในขณะนี้ QR code ใช้ในบริบทที่กว้างขึ้น รวมทั้งการค้นหาเส้นทางในแอพพลิเคชั่นด้านธุรกิจและแอพพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือด้วย (รู้จักกันในชื่อ mobile tagging)

QR code จะเก็บแอดเดรสและURLซึ่งอาจจะปรากฏบนแมกกาซีน, ป้าย , รถบัส , นามบัตร หรือวัตถุใดๆก็ตามที่ผู้ใช้ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น ผู้ใช้สามารถใช้กล้องที่ติดตั้งแอพพลิเคชั่นสำหรับอ่านโค้ดสแกนรูปภาพโค้ดสองมิติให้เปลี่ยนเป็นข้อความ, นามบัตร, การทำการเชื่อมต่อเครือข่าย

หรือการเปิดเว็บเพ็จบนโทรศัพท์มือถือ การทำการเชื่อมต่อจากวัตถุจากโลกจริงนั้นเป็นที่รู้จักกันในชื่อ hard link หรือ physical world hyperlinks

ระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งเป็น โอเอสบนมือถือของกูเกิลสนับสนุนการใช้ QR code โดยการนำเอา barcode scanner (ZXing) บนโมเดลบางตัวและเบราว์เซอร์ที่สนับสนุนการทำ URI redirection ที่ให้ QR codes ส่ง metadata ไปยังแอพพลิเคชั่นที่อยู่บนอุปกรณ์ ระบบปฏิบัติการ symbian มีการทำอุปกรณ์สแกนบาร์โค้ดที่สามารถอ่านโค้ดสองมิติได้เช่นกัน ส่วนระบบปฏิบัติการ Maemo ก็มี mbarcode เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านโค้ดสองมิติ ผู้ใช้สามารถสร้างและพิมพ์โค้ดสองมิตินี้มาเพื่อให้อุปกรณ์อื่นสามารถสแกนและนำไปใช้โดยการเข้าไปยังเวปไซต์ที่ให้บริการการสร้างโค้ดสองมิตินี้ได้

มาตรฐานของ QR Code

มีเอกสารมาตรฐานมากมายที่สามารถบอกถึงการเข้ารหัสของโค้ดสองมิติได้

October 1997 — AIM International

January 1999 — JIS X 0510

June 2000 — ISO/IEC 18004:2000 Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Bar code symbology — QR Code (now withdrawn)

Defines QR Code Model 1 and QR Code Model 2 symbols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 September 2006 — ISO/IEC 18004:2006 Information technology — Automatic identification and data capture techniques — QR Code 2005 bar code symbology specification

การกำหนดลักษณะของโค้ดสองมิติซึ่งเป็นโค้ดสองมิติที่ขยายมาเป็นโค้ดสองมิติรุ่นที่สอง จะไม่สามารถระบุวิธีการอ่านโค้ดสองมิติในรุ่นที่หนึ่งได้

ในชั้นของแอพพลิเคชั่น มีตัวแปรบางอย่างระหว่างการอิมพลีเมนท์ บริษัท NTT DoCoMO ซึ่งได้สร้างมาตรฐานของตัวเองสำหรับการเข้ารหัสของ URLs ข้อมูลการติดต่อสื่อสาร และข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งก็คือ โครงการโอเพ่นซอร์สตัวหนึ่งในชื่อ "ZXing" ได้ทำการปรับปรุงรายชื่อของชนิดโค้ดสองมิติ

ลิขสิทธิ์ โค้ดสองมิตินั้นไม่มีลิขสิทธิ์ในการนำไปใช้งาน โค้ดสองมิติถูกกำหนดและแจกจ่ายภายใต้มาตรฐาน ISO อย่างชัดเจนแล้ว Denso Wave ผู้ซึ่งเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์โค้ดสองมิติอย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถถูกเลือกในการใช้งานโค้ดเหล่านี้

Micro QR Code เป็นรุ่นขนาดเล็กของมาตรฐาน QR Code ใช้สำหรับแอพพลิเคชั่นที่มีความสามารถในการควบคุมการสแกนโค้ดใหญ่ๆ ได้น้อย ซึ่งมีรูปแบบหลายรูปแบบของ Micro QR Code ที่ใช้ได้ดี ความจุมากที่สุดของ Micro QR Code สามารถบรรจุได้ถึง 35 ตัวอักษร ภายหลังมีการออกแบบให้ QR Code สามารถรวมรูปภาพหรือโลโก้ลงไปได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอัตราการแปลงรหัส

2.5.1 การใช้ QR Code เป็น Artwork

ตั้งแต่ปี 2006 ศิลปินชาวอิตาลี Fabrice de Nola ใช้ QR Code ในภาพวาดสีน้ำมันหรือการฝังโค้ดไว้ในภาพถ่าย

ในปี 2007 นักดนตรีกลุ่มชาวอังกฤษ “Pet Shop Boys” ใช้ QR code สำหรับการดาวน์โหลดเพลง Integal โดยวีดีโอเพลงนี้จะมีส่วนของ QR code อยู่ เมื่อโค้ดถูกแสกน เครื่องของผู้ใช้จะเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์ Pet Shop Boys

ในเดือนมิถุนายนปี 2010 ค่ายเพลง SYCO ศิลปิน Labrinth ได้ใช้ QR Code เป็นส่วนหนึ่งของการโฆษณาเพลงของเขา “Let The Sun Shine” ในรูปแบบของการ์ตูนในการสอนให้ผู้ฟังในการใช้งาน QR Code พวกเขาวางไว้ในสื่อต่าง ๆ เช่น โปสเตอร์ข้างถนน มิวสิควีดีโอของพวกเขา เว็บไซต์ และโซเชียลเนตเวิก

2.5.2 Standalone Applications

ในขณะที่มีการยอมรับของ QR Code ในบางตลาดการค้าซึ่งรวมทั้งตลาดในสหรัฐนั้นได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นนั้นมีช้า แต่เทคโนโลยีนี้ได้รับการฉุดขึ้นด้วยการนำมาใช้ในตลาดของสมาร์ทโฟนโทรศัพท์แอนดรอยด์หลาย ๆ ตัวได้นำตัวอ่าน QR Code ติดตั้งลงไปในโทรศัพท์ด้วย อย่างเช่น โทรศัพท์แบลคเบอร์รี่ที่รันโปรแกรม Blackberry Messenger ซึ่งสามารถใช้สแกน QR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code โดยใช้ตัวเลือก "Scan A Group Barcode"ในเมนู BBM ทั้งตลาดของ Android และของ iTunes นั้นได้นำเสนอแอพพลิเคชั่นหลาย ๆ ตัวที่ซึ่งสามารถถอดรหัสของ QR Code ได้

การสร้าง QR Codes มีการเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ เข้าไปในกระแสนิยมหลักในอเมริกา ได้อย่างดี มีแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตมากมายที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถสร้างและจัดการ QR Code แพลตฟอร์มที่ใช้ในการสร้างจำนวนมากจะให้ผู้ใช้สามารถดูการวิเคราะห์เกี่ยวกับวิธีการและรหัส เมื่อมีการสแกน

รูป 2.13 การใช้งาน QR Code ในการใช้งานเป็น URL

2.6 ทฤษฎีทางเรขาคณิต

ในการตรวจจับ QR Code จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทางเรขาคณิตในการค้นหาจุดต่าง ๆ บน QR Code ดังต่อไปนี้

2.6 1 การคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดสองจุด

ในเรขาคณิตสัมบูรณ์ (absolute geometry) ระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดสองจุด คือ ความยาวของส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเหล่านั้น

ในเรขาคณิตเชิงพีชคณิต (algebraic geometry) เราสามารถหาระยะทางระหว่างจุดสองจุด บนระนาบ xy โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ระยะทางจาก (x_1, y_1) ไปยัง (x_2, y_2) คำนวณได้จาก

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad (2.1)$$

และในกรณีเดียวกัน ระยะทางจาก (x_1, y_1, z_1) ไปยัง (x_2, y_2, z_2) บนปริภูมิสามมิติ คำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$$
$$= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (2.2)$$

ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ง่ายโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก แล้วคำนวณหาความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก (hypotenuse) โดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

ในการศึกษาเรขาคณิตในระดับที่ซับซ้อน เราจะเรียกการหาระยะทางแบบนี้ว่าเป็น ระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance) ซึ่งขยายผลมาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส แต่จะไม่ครอบคลุมถึงเรขาคณิตนอกแบบยุคลิด (non-Euclidean geometry) สูตรการหาระยะทางข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับความยาวส่วนโค้ง (arc length) ได้ด้วย

ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ที่ไม่สามารถเป็นจำนวนลบ และมีเพียงขนาด (magnitude) ในขณะที่ระยะกระจัด (displacement) จะเทียบเท่ากับปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง

ระยะทางที่นับโดยยานพาหนะ (ด้วยมาตรระยะทาง) หรือโดยคน สัตว์ สิ่งของ ฯลฯ ควรแยกแยะออกจากระยะกระจัดระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด ถึงแม้ว่าจะหมายถึงระยะทางที่สั้นที่สุดก็ตาม เนื่องจากเส้นทางอาจมีการวนรอบ ซึ่งจุดสิ้นสุดสามารถเป็นจุดเดียวกับจุดเริ่มต้นก็ได้

2.6.2 การหาจุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด

จุดกึ่งกลาง (midpoint) คือจุดจุดหนึ่งที่อยู่บนตำแหน่งกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง ซึ่งอยู่ห่างจากจุดปลายทั้งสองเป็นระยะทางเท่ากัน จุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรงบนระนาบ โดยที่มีจุดปลายอยู่ที่พิกัด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) สามารถคำนวณได้จาก

$$M = \left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}\right) \quad (2.3)$$

ในทำนองเดียวกัน จุดกึ่งกลางในปริภูมิสามมิติของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน สามารถหาได้จาก

$$M = \left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}, \frac{z_1+z_2}{2}\right) \quad (2.4)$$

ในฮิสโทแกรมจะเรียกจุดกึ่งกลางว่า คะแนนชั้น (class mark)

2.6.3 การหาจุดตัดของเส้นตรง 2 เส้น

ใน Euclidean geometry จุดตัดของเส้นตรงสองเส้นสามารถเป็นเซตว่าง, จุด, หรือเส้นตรง ให้แบ่งกรณีต่างๆออกและหาจุดตัดที่ใช้ สำหรับตัวอย่าง เช่น ในคอมพิวเตอร์กราฟิกโมชั่นแพลนนิ่ง และคอลลิชั่นดีเทคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนและตำแหน่งของจุดตัดที่น่าจะเป็นไปได้ระหว่างเส้นตรงสองเส้นและจำนวนของเส้นที่น่าจะเป็นไปได้ที่ไม่ตัดกัน(ขนานกัน) ด้วย

2.6.3.1 การคำนวณ

การตัดกันของเส้นสองเส้นคือ L1 และ L2 ในระนาบสองมิติ เส้น L1 ถูกกำหนดโดยสองจุดคือ (x1,y1) และ (x2,y2), และเส้น L2 ถูกกำหนดด้วยสองจุด (x3.y3) และ (x4,y4) การตัดกันที่จุด P ของเส้นตรง L1 และ L2 สามารถหาได้โดยใช้ดีเทอร์มิแนนท์ดังนี้

$$P_x = \frac{\begin{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} x_3 & 1 \\ x_4 & 1 \end{vmatrix} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_1 & 1 \\ y_2 & 1 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_3 & 1 \\ x_4 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_3 & 1 \\ y_4 & 1 \end{vmatrix} \end{vmatrix}} \tag{2.5}$$

$$P_y = \frac{\begin{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_1 & 1 \\ y_2 & 1 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_3 & 1 \\ y_4 & 1 \end{vmatrix} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_1 & 1 \\ y_2 & 1 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_3 & 1 \\ x_4 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} y_3 & 1 \\ y_4 & 1 \end{vmatrix} \end{vmatrix}} \tag{2.6}$$

ซึ่งดีเทอร์มิแนนท์สามารถเขียนออกมาได้เป็น

$$P_{(x,y)} = \left(\frac{(x_1y_2-y_1x_2)(x_3-x_4)-(x_1-x_2)(x_3y_4-y_3x_4)}{(x_1-x_2)(y_3-y_4)-(y_1-y_2)(x_3-x_4)}\right), \left(\frac{(x_1y_2-y_1x_2)(y_3-y_4)-(y_1-y_2)(x_3y_4-y_3x_4)}{(x_1-x_2)(y_3-y_4)-(y_1-y_2)(x_3-x_4)}\right) \tag{2.7}$$

จุดตัดสำหรับเส้นตรงที่ยาวไม่สิ้นสุดสามารถนิยามได้โดยจุด แทนที่จะเป็นเส้นระหว่างจุด และสามารถสร้างจุดตัดตลอดความยาวของเส้น

2.6.4 ผลคูณจุด (Dot Product)

ในทางคณิตศาสตร์ ผลคูณจุด หรือ ผลคูณเชิงสเกลาร์ คือการดำเนินการทวิภาคบนเวกเตอร์สองอันในปริภูมิแบบยุคลิด ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นปริมาณสเกลาร์ที่เป็นจำนวนจริง ต่างกับผลคูณไขว้ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์อีกอันหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.1 นิยาม

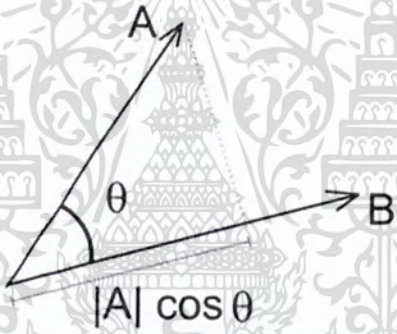
ผลคูณจุดของเวกเตอร์ a และเวกเตอร์ b เขียนแทนด้วย a · b (อ่านว่า เอ ดอต บี) นิยามโดยผลบวกของผลคูณระหว่างสมาชิกแต่ละตัวของ a และ b

$$a \cdot b = \sum_{i=1}^{n} a_i b_i = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \cdots + a_n b_n \quad (2.8)$$

ตัวอย่างเช่น ผลคูณจุดของเวกเตอร์ [1, 3, −5] กับ [4, −2, −1] สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$[1 \quad 3 \quad -5] \cdot [4 \quad -2 \quad 1] = (1)(4) + (3)(-2)(-5)(-1) = 3 \quad (2.9)$$

2.6.4.2 ความหมายทางเรขาคณิต



รูป 2.14 ผลคูณจุด

ในปริภูมิแบบยุคลิด ผลคูณไขว้มีความสัมพันธ์กับความยาวและมุม สำหรับเวกเตอร์ a ผลลัพธ์ของ a · a คือกำลังสองของความยาวของ a ส่วนในกรณีทั่วไปเมื่อ b เป็นเวกเตอร์อีกอันหนึ่ง จะได้ว่า

$$a \cdot b = |a||b| \cos\theta \quad (2.10)$$

เมื่อ $|a|$ และ $|b|$ แทนความยาว (ขนาด) ของเวกเตอร์ a และ b ตามลำดับ และ θ คือมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง

$|a| \cos\theta$ คือความยาวของเงาของ a ในแนวตั้งฉากไปยัง b ตามรูป เมื่อมุมระหว่างเวกเตอร์ตั้งฉากต่อกัน โคไซน์ของมุม 90° จะเท่ากับศูนย์ จึงทำให้ผลคูณจุดของสองเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกันจะเป็นศูนย์เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 ผลคูณไขว้ (Cross Product)

ในทางคณิตศาสตร์ผลคูณไขว้หรือผลคูณเชิงเวกเตอร์คือการดำเนินการทวิภาคบนเวกเตอร์สองอันในปริภูมิแบบยุคลิดสามมิติ ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์อีกอันหนึ่งที่ตั้งฉากกับสองเวกเตอร์แรก ในขณะที่ผลคูณจุดของสองเวกเตอร์จะให้ผลลัพธ์เป็นปริมาณสเกลาร์ ผลคูณไขว้ไม่มีการนิยามบนมิติอื่นนอกจากสามมิติ และไม่มีคุณสมบัติการเปลี่ยนกลุ่ม เมื่อเทียบกับผลคูณจุด สิ่งที่เหมือนกันคือผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับปริภูมิอิงระยะทาง (metric space) ของปริภูมิแบบยุคลิด แต่สิ่งที่ต่างกันคือผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดทิศทาง (orientation)

2.6.5.1 นิยาม

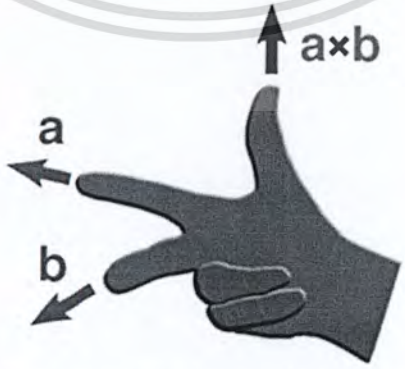
ผลคูณไขว้ของเวกเตอร์สองอัน a และ b ในปริภูมิสามมิติ เขียนแทนด้วย a × b (อ่านว่า เอ ครอสส์ บี) คือเวกเตอร์ c ที่ตั้งฉากกับทั้ง a และ b โดยมีทิศทางตามกฎมือขวา และมีขนาดเท่ากับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เวกเตอร์สองอันนั้นครอบคลุม

ผลคูณไขว้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$a \times b = ab \sin\theta \hat{n} \tag{2.11}$$

เมื่อ θ คือขนาดของมุม (ที่ไม่ใช่มุมป้าน) ระหว่าง a กับ b ($0° \leq \theta \leq 180$) a กับ b ในสูตรคือขนาดของเวกเตอร์ a และ b ตามลำดับ และ $\hat{n}$ คือเวกเตอร์หน่วยที่ตั้งฉากกับเวกเตอร์ a และ b ถ้าหากทั้งสองเวกเตอร์นั้นร่วมเส้นตรงกัน (คือมีมุมระหว่างเวกเตอร์เป็น 0° หรือ 180°) ผลคูณไขว้จะได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ศูนย์ 0

ทิศทางของเวกเตอร์ $\hat{n}$ ถูกกำหนดโดยกฎมือขวา ซึ่งให้นิ้วชี้แทนทิศทางของเวกเตอร์ a และนิ้วกลางแทนทิศทางของเวกเตอร์ b ทิศทางของเวกเตอร์ $\hat{n}$ จะอยู่ที่นิ้วโป้ง(ดูรูปประกอบ)



รูป 2.15 การหาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยกฎมือขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5.2 วิธีคำนวณผลคูณไขว้

2.6.5.2.1 สัญกรณ์พิกัด

กำหนดให้ **i, j, k** เป็นเวกเตอร์หน่วยในระบบพิกัดมุมฉาก ที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันตามคุณสมบัติต่อไปนี้

$$i \times j = k \tag{2.12}$$

$$j \times k = i \tag{2.13}$$

$$k \times i = j \tag{2.14}$$

โดยเวกเตอร์ **a** และ **b** สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของ **i, j, k** ได้ดังนี้

$$a = a_1 i + a_2 j + a_3 k = (a_1, a_2, a_3) \tag{2.15}$$

$$b = b_1 i + b_2 j + b_3 k = (b_1, b_2, b_3) \tag{2.16}$$

ผลคูณไขว้ $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ สามารถคำนวณได้จากสูตรนี้ โดยไม่ต้องพิจารณาขนาดของมุม

$$\begin{aligned} a \times b &= (a_2 b_3 - a_3 b_2)i + (a_3 b_1 - a_1 b_3)j + (a_1 b_2 - a_2 b_1)k \\ &= (a_2 b_3 - a_3 b_2, a_3 b_1 - a_1 b_3, a_1 b_2 - a_2 b_1) \end{aligned} \tag{2.17}$$

2.6.5.2.2 สัญกรณ์เมทริกซ์

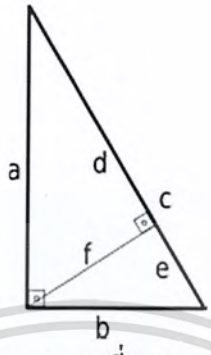
สัญกรณ์พิกัดข้างต้นสามารถเขียนได้อีกอย่างหนึ่งเป็นดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ดังนี้

$$\begin{aligned} a \times b &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} \\ &= i(a_2 b_3) + j(a_3 b_1) + k(a_1 b_2) - i(a_3 b_2) - j(a_1 b_3) - k(a_2 b_1) \end{aligned} \tag{2.18}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 รูปสามเหลี่ยมมุมถูกต้อง (Right Triangle)

รูปสามเหลี่ยมมุมถูกต้องคือรูปสามเหลี่ยมที่มุมหนึ่งมุมเป็นที่ขนาดมุม 90 องศา และมีความสัมพันธ์ของมุมและด้านตามหลักการของตรีโกณมิติ



รูป 2.16 สามเหลี่ยมมุมถูกต้อง

2.6.6.1 คุณสมบัติ

2.6.6.1.1 พื้นที่

ในทุกๆรูปสามเหลี่ยม พื้นที่จะเท่ากับครึ่งของผลคูณของความยาวของฐานและความสูงจากฐานไปยังจุดเป็นมุมอีกด้านหนึ่ง ในกรณีของรูปสามเหลี่ยมมุมถูกต้องถ้าขาหนึ่งของมันถูกวัดจากฐานไปยังความสูงที่ต่างๆกัน พื้นที่จะเป็นครึ่งหนึ่งของผลลัพธ์ของเส้นสองเส้นที่ถูกแบ่งโดยขานั้นตามสูตร

$$Area = \frac{1}{2}ab \tag{2.19}$$

เมื่อ a และ b เป็นเส้นขอบของรูปสามเหลี่ยม

ถ้าส่วนที่ไม่ได้เป็นวงกลมคือเส้นสัมผัสวงไปด้านตรงข้ามมุมฉาก AB ที่จุด P แล้ว PA = s – a และ PB = s – b และพื้นที่ที่ได้คือ

$$Area = PA \cdot PB = (s - a)(s - b) \tag{2.20}$$

2.6.6.1.2 ความสูง

ถ้าความสูงถูกลากจากเวอเทคกับรูปสามเหลี่ยมมุมถูกต้องไปเส้นสัมผัสวงแล้วสามเหลี่ยมจะถูกแบ่งเป็นสามเหลี่ยมสองรูปที่ขนาดเล็กกว่าแล้วทั้งคู่ก็มีความเหมือนซึ่งกันและกันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงคือค่าเฉลี่ยได้สัดส่วนของสองส่วนของเส้นสัมผัสวง เส้นขอบแต่ละเส้นของรูปสามเหลี่ยมคือค่าเฉลี่ยได้สัดส่วนของสองส่วนของเส้นสัมผัสวงและส่วนที่ติดกันในสมการ

$$f^2 = de, b^2 = ce, a^2 = cd \tag{2.21}$$

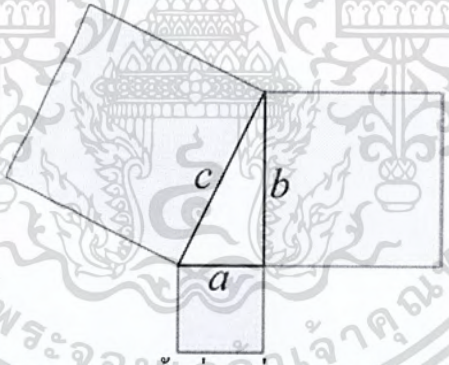
เมื่อ a,b,c,d,e,f คือส่วนที่ระบุในรูป ดังนั้น fc = ab

นอกจากนั้นความสูงไปถึงเส้นสัมผัสวงจะสัมพันธ์กันของเส้นขอบของรูปสามเหลี่ยมมุมถูกต้องโดย

$$\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} = \frac{1}{f^2} \tag{2.22}$$

2.6.7 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Pythagorean theorem)

ทฤษฎีบทพีทาโกรัส กล่าวไว้ว่า "ผลรวมของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านประชิดมุมฉากทั้งสอง จะเท่ากับ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉาก"



รูป 2.17 ผลรวมของพื้นที่สีเหลี่ยมสองรูปบนเส้นขอบ

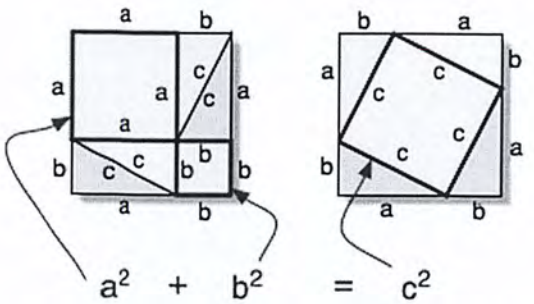
จากรูปจะสังเกตว่าผลรวมของพื้นที่ของสี่เหลี่ยมสีน้ำเงินและสีแดง จะเท่ากับ พื้นที่ของสี่เหลี่ยมสีม่วง เราสามารถเขียนทฤษฎีบทนี้ให้อยู่ในรูป สมการ

$$c^2 = a^2 + b^2 \tag{2.23}$$

โดยที่ a และ b เป็นความยาวด้านประชิดมุมฉากทั้งสองของสามเหลี่ยมมุมฉาก และ c เป็นความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการพิสูจน์อีกแบบแสดงได้ดังรูปด้านล่าง



รูป 2.18 การพิสูจน์ทฤษฎีบทปีทาโกรัสอีกวิธี

2.6.7.1 บทกลับของทฤษฎีบทปีทาโกรัส

บทกลับของทฤษฎีบทปีทาโกรัสนั้นเป็นจริง โดยกล่าวไว้ดังนี้

"กำหนด a, b และ c เป็นจำนวนจริงบวกที่ $a^2 + b^2 = c^2$ จะมีสามเหลี่ยมมุมฉากหนึ่งรูปที่มีความยาวด้าน เป็นจำนวนสามจำนวนนั้น และด้านที่มีความยาว a และ b จะเป็นด้านประกอบมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมนั้น"

บทกลับนี้ยังปรากฏอยู่ในหนังสือ Euclid's Elements ของ ยุคลิดด้วย โดยบทกลับนี้สามารถพิสูจน์ได้โดยใช้ กฎของโคไซน์ หรือตามการพิสูจน์ดังต่อไปนี้

กำหนดสามเหลี่ยม ABC มีด้านสามด้านที่มีความยาว a, b และ c และ $a^2 + b^2 = c^2$ เราจะต้องพิสูจน์ว่ามุมระหว่าง a และ b เป็นมุมฉาก ดังนั้น เราจะสร้างสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีความยาวของด้านประกอบมุมฉาก เป็น a และ b แต่จากทฤษฎีบทปีทาโกรัส เราจะได้ว่าด้านตรงข้ามมุมฉาก ของสามเหลี่ยมรูปที่สองก็จะมีค่าเท่ากับ c เนื่องจากสามเหลี่ยมทั้งสองรูปมีความยาวด้านเท่ากันทุกด้าน สามเหลี่ยมทั้งสองรูปจึงเท่ากันทุกประการแบบ "ด้าน-ด้าน-ด้าน" และต้องมีมุมขนาดเท่ากันทุกมุม ดังนั้นมุมที่ด้าน a และ b มาประกอบกัน จึงต้องเป็นมุมฉากด้วย

จากบทพิสูจน์ของบทกลับของทฤษฎีบทปีทาโกรัส เราสามารถนำไปหาว่ารูปสามเหลี่ยมใด ๆ เป็นสามเหลี่ยมมุมแหลม, มุมฉาก หรือ มุมป้าน ได้ เมื่อกำหนดให้ c เป็นความยาวของด้านที่ยาวที่สุดในรูปสามเหลี่ยม

ถ้า $a^2 + b^2 = c^2$ สามเหลี่ยมนั้นจะเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก

ถ้า $a^2 + b^2 < c^2$ สามเหลี่ยมนั้นจะเป็นสามเหลี่ยมมุมแหลม

ถ้า $a^2 + b^2 > c^2$ สามเหลี่ยมนั้นจะเป็นสามเหลี่ยมมุมป้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพอาศัยทฤษฎีที่เรียกว่า Thresholding เป็นทฤษฎีพื้นฐานของการแบ่งภาพจาก grayscale image เทรสโฮลด์สามารถใช้ในการสร้างภาพไบนารี่ได้

2.7.1 ทฤษฎี

ในระหว่างการประมวลผลเทรสโฮลด์ พิกเซลในภาพจะถูกมาร์คเป็นวัตถุถ้าค่าของพิกเซลมากกว่าค่าเทรสโฮลด์ค่าหนึ่ง(สมมุติว่าวัตถุสว่างกว่าพื้นหลัง)จะแปลงค่าเป็นพิกเซลพื้นหลัง การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า threshold above การเปลี่ยนแปลงอีกอย่างหนึ่งเรียกว่า threshold below ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ตรงกันข้ามกัน threshold above และมีอีกปัจจัยหนึ่งคือ threshold inside ซึ่งเป็นพิกเซลที่มีค่าอยู่ระหว่างค่า threshold above และค่า threshold below threshold outside เป็นค่าเทรสโฮลด์ที่ตรงกันข้ามกับ threshold inside โดยปกติแล้วพิกเซลวัตถุจะให้ค่า “1” และพิกเซลพื้นหลังจะให้ค่า “0” ภาพไบนารี่จะถูกสร้างขึ้นโดยพิกเซลสีขาวและดำขึ้นอยู่กับค่าของพิกเซลนั้นๆ

คีย์พารามิเตอร์ในการประมวลผลเทรสโฮลด์เป็นตัวเลือกของค่าเทรสโฮลด์ ทฤษฎีที่แตกต่างกันหลาย ๆ ทฤษฎีสำหรับการเลือกเทรสโฮลด์ที่มีอยู่ ผู้ใช้สามารถเลือกค่าเทรสโฮลด์ได้ด้วยตนเอง หรือจะให้อัลกอริทึมในการคำนวณค่าโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ automatic thresholding ทฤษฎีง่ายๆในการเลือกค่ามีนหรือมีเดียน เหตุผลที่พิกเซลวัตถุจะต้องสว่างกว่าพื้นหลัง มันควรจะสว่างมากกว่าค่าเฉลี่ย ในภาพที่มีความรบกวนน้อยกับพื้นหลังที่เป็นมาตรฐานและค่าวัตถุ ค่ามีนหรือมีเดียนจะทำงานได้ดีในการทำเทรสโฮลด์ อย่างไรก็ตาม การที่มีภาพความรบกวนต่ำนี้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยทั่วๆ ไป วิธีการที่ซับซ้อนอาจจะสร้าง histrogram ของความเข้มพิกเซลและใช้จุดวอลเลย์เป็นค่าเทรสโฮลด์ การทำ histogram ถือว่ามีบางค่าเฉลี่ยสำหรับพื้นหลังและวัตถุพิกเซล แต่ค่าพิกเซลจริงมีการเปลี่ยนแปลงราวๆ ค่าเฉลี่ยเหล่านี้บ้าง อย่างไรก็ตาม สิ่งนี้อาจจะเป็นการคำนวณที่ซับซ้อน และ histogram ของภาพอาจจะไม่มีการกำหนดจุดวอลเลย์ที่ชัดเจน การทำการเลือกในมีความแม่นยำของค่าเทรสโฮลด์นั้นบางทีจะทำได้ยาก วิธีหนึ่งที่ค่อยข้างง่ายนั้นจะไม่ต้องการความรู้เฉพาะของภาพมาก และทนทานต่อสัญญาณารบกวน เป็นไปตามวิธีที่มีการวนไปเรื่อยๆต่อไปนี้

1) ค่าเทรสโฮลด์เริ่มต้น (T) ถูกเลือก ซึ่งจะสามารถเลือกได้จากการสุ่มหรือวิธีใดๆ ก็ตาม
2) ภาพจะถูกแบ่งออกเป็นพิกเซลวัตถุและพิกเซลพื้นหลังซึ่งได้อธิบายไว้ด้านบน การสร้างนี้เป็นไปตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_1 = \{f(m,n): f(m,n) \leq\}(Object\ Pixel) \quad (2.24)$$

$$G_2 = \{f(m,n): f(m,n) \leq\}(\text{Background Pixel}) \quad (2.25)$$

โดย f(m, n) เป็นค่าของพิกเซลที่อยู่ในตำแหน่งคอลัมน์ที่ m แถวที่ n

3) ค่าเฉลี่ยของแต่ละเซตจะถูกคำนวณ

$$m_1 = \text{ค่าเฉลี่ยของค่า } G_1 \quad (2.26)$$

$$m_2 = \text{ค่าเฉลี่ยของค่า } G_2 \quad (2.27)$$

4) ค่าเทรสโฮลด์ใหม่จะถูกสร้างซึ่งจะเป็นค่าเฉลี่ยของ m_1 และ m_2

$$T' = \frac{(m_1+m_2)}{2} \quad (2.28)$$

5) กลับไปยังข้อที่ *2* และใช้ค่าเทรสโฮลด์ใหม่ในการคำนวณในขั้นที่ *4* วนอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีค่าเทรสโฮลด์ที่เหมือนกันกับค่าเทรสโฮลด์ก่อนหน้า

อัลกอริทึมวนซ้ำนี้เป็นกรณีพิเศษของ k-means clustering algorithm ซึ่งถูกพิสูจน์ว่าจะไปบรรจบกันที่ local minimum ซึ่งหมายความว่าค่าเทรสโฮลด์ที่เริ่มต้นต่างกันอาจจะได้รับค่าสุดท้ายที่ต่างกัน

2.8 การแสดงผลภาพ

การแปลงอีกแบบหนึ่งที่สำคัญในเรื่องกราฟิกคอมพิวเตอร์สามมิติคือ เปอร์สเปคทีฟ โปรเจ็คชั่น เนื่องจากว่าโปรเจ็คชั่นแบบขนานได้ถูกใช้ฉายบนระนาบของภาพตามเส้นขนาน เปอร์สเปคทีฟ โปรเจ็คชั่นฉายบนระนาบของภาพตามเส้นที่กระจายออกจากจุดเดียวที่เรียกว่าศูนย์กลางของโปรเจ็คชั่น นั้นหมายความว่าวัตถุมีโปรเจ็คชั่นขนาดเล็กเมื่อมันอยู่ไกลออกไปจากจุดศูนย์กลางของโปรเจ็คชั่น และโปรเจ็คชั่นขนาดใหญ่ก็อยู่ใกล้กว่า

เปอร์สเปคทีฟ โปรเจ็คชั่นที่ง่ายที่สุดใช้จุดกำเนิดเป็นจุดศูนย์กลางของโปรเจ็คชั่นและ z = 1 เป็นระนาบของภาพ ฟอร์มเกี่ยวกับการทำงานของการแปลงนี้คือ

$$x' = \frac{x}{z} \quad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y' = \frac{y}{z} \tag{2.31}$$

เราสามารถอธิบาย โฮโมจีเนียส์ โคออดิเนต ได้เป็นดังนี้

$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ w_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ z \end{bmatrix} \tag{2.32}$$

หลังจากหาการคูณของเมตตริกซ์ โดยปกติตัวประกอบโฮโมจีเนียส์ w_c จะไม่เท่ากัน

ดังนั้นการจะแมพกลับเป็นระนาบจริง เราจะต้องใช้การหารแบบโฮโมจีเนียส์หรือการหารแบบเปอร์สเปคทีฟ โดยหารแต่ละตัวประกอบด้วย w_c

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \frac{1}{w_c} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} \tag{2.33}$$

เปอร์สเปคทีฟ โปรเจ็คชั่นสามารถประกอบได้ด้วยการรวมกันด้วยการหมุน การปรับขนาด การแปลง และการตัดเพื่อที่จะขยับระนาบของภาพและจากจุดศูนย์กลางของโปรเจ็คชั่นเมื่อไรก็ตามที่ต้องการ

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{2.34}$$

2.9 Game Engine และ Library

ในโครงงานมีการใช้งาน Game Engine และ Library ต่าง ๆ ดังนี้

2.9.1 Irrlicht

Irrlicht Engine เป็น โอเพ่นซอร์สที่เป็น high performance realtime 3D engine ซึ่งใช้ภาษา C++ และ .NET ในการพัฒนา engine นี้จะเป็นแบบครอสแพลตฟอร์มโดยใช้ D3D,OpenGL และซอฟต์แวร์ที่ใช้เรนเดอร์ภาพต่าง ๆ ยังมีฟีเจอร์ต่าง ๆ ที่จะพบได้ใน 3d engine ที่ใช้ในการค้าทั่วไป ซึ่งมีฟีเจอร์ต่าง ๆ ดังนี้

2.9.1.1 Special effects

ใน Irrlicht Engine มี special effects ทั่ว ๆ ไปมากมายที่ใช้ได้ ซึ่งมีการใช้งานที่ไม่ยาก ซึ่งส่วนใหญ่โปรแกรมเมอร์เพียงแค่เปิดใช้มันเท่านั้น และสามารถสร้างส่วนของเอฟเฟกต์ใหม่ ๆ ได้ เมื่อมีการใช้ Irrlicht engine โปรแกรมเมอร์ไม่จำเป็นต้องรู้ว่า API ไหนที่ engine ใช้งาน เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แค่ต้องการบอก engine ให้รู้ว่า API ไหนที่ engine ควรใช้เท่านั้น ซึ่งมี 3 เหตุผลที่ engine ไม่จำเป็นต้องเจาะจงเพียง 1 API ดังนี้

2.9.1.1.1 Performance

graphic adapters บางตัวใช้ได้ดีกับ OpenGL บางตัวใช้ได้ดีกับ Direct3D

2.9.1.1.2 Platform independence

Direct3D จะใช้ไม่ได้บนเครื่องที่เป็น Mac หรือ Linux ซึ่ง OpenGL สามารถใช้ได้ แต่ OpenGL ไม่สามารถใช้งานกับเครื่องที่เป็นแพลตฟอร์มนอกจากนี้ได้

2.9.1.1.3 Driver problems

ที่เป็นปัญหาทั่วของผู้ใช้เมื่อมีการใช้งานซอฟต์แวร์ 3D ซึ่งมีการตั้งค่าให้กับฮาร์ดแวร์มากมาย และเกมหรือแอพพลิเคชั่น 3D บางตัวที่ไม่สามารถเข้ากันได้ทำให้เกิดการผิดพลาดของการทำงาน เนื่องจากมีการใช้งาน driver รุ่นเก่า ซึ่งการทำให้มีการเลือกใช้งาน driver ได้ทำให้สามารถแก้ปัญหานี้ได้

2.9.1.2 Materials and shaders

ในการที่จะสร้างสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงอย่างรวดเร็วได้ จะต้องมี built in materials มากพอสมควรในการใช้งานใน engine บาง materials มีพื้นฐานมาจาก fix function pipeline และบางตัวจะอาศัยการทำงานของ programmable pipeline ในทุกวันนี้ฮาร์ดแวร์จะเป็นที่นิยม มันสามารถที่จะผสมชนิดของ material ต่าง ๆ ในฉากโดยปราศจากปัญหาและเมื่อมีการใช้งาน material ที่ต้องการ feature ที่ฮาร์ดแวร์ไม่สามารถทำได้ ตัว engine จะเตรียม fall back material อย่างไรก็ตาม ถ้า built in material มีไม่มากพอ engine สามารถเพิ่ม material ใหม่ ๆ เข้าไปได้ในตอน runtime โดยไม่จำเป็นต้องทำการ modify หรือ recompile ตัว engine ใหม่ ซึ่ง engine นี้มีการสนับสนุน shader language ดังนี้

1) Pixel and Vertex Shaders 1.1 to 3.0
2) ARB Fragment and Vertex Programs
3) HLSL
4) GLSL

2.9.1.3 Platforms

Irrlicht Engine สามารถใช้ได้กับทุก Platform ซึ่งหมายความว่ามันสามารถใช้งานได้บน Platform มากกว่า 1 Platform ดังแสดงด้านล่างนี้

1) Windows 98, ME, NT 4, 2000, XP, XP64, Vista, CE
2) Linux
3) OSX
4) Sun Solaris/SPARC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) All Platforms using SDL

โปรแกรมเมอร์สามารถพัฒนาเกมหรือแอพพลิเคชั่นครั้งเดียวแต่สามารถใช้งานได้กับทุก Platform โดยไม่ต้องเปลี่ยนโค้ดใหม่

2.9.1.4 Scene Management

การเรนเดอร์ใน Irrlicht Engine สามารถใช้งานได้โดยใช้ hierarchical scene graph Scene node จะติดต่ออยู่กับแต่ละโหนดและจะตามการเคลื่อนไหวในโหนดอื่น ๆ และสามารถทำ collision detection ซึ่ง Scene node สามารถเป็นกล้อง ,เป็นมุมภายในหรือภายนอก , เป็นโครงร่างของตัวละคร,น้ำที่มีการเคลื่อนไหว , เป็นภูมิประเทศ , หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ต่างออกไป

Irrlicht engine สามารถรวม indoor และ outdoor scene เข้าด้วยกัน และโปรแกรมเมอร์สามารถควบคุมทุกสิ่งอย่างเต็มที่ที่เล่นบนฉาก มันสามารถขยายได้ง่ายเนื่องจากโปรแกรมเมอร์สามารถเพิ่ม scene node, mesh, texture loaders, GUI elements และอื่น ๆ

ตัวสร้างรูปทรงเรขาคณิตสามารถสร้างรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่าย ๆ ได้ง่าย เช่น รูปทรงกระบอก, ทรงสี่เหลี่ยม และอื่น ๆ

2.9.1.5 Character Animation

จะมี 2 ชนิดของ character animation ที่สามารถใช้ได้

1) Morph target animation: โครงสร้างตาข่ายจะถูกแทรกได้จากเฟรมหนึ่งไปยังอีกเฟรมหนึ่ง
2) Skeletal animation: ผิวของตัวละครจะถูกควบคุมโดยข้อต่อทางแอนิเมชั่น

ซึ่งโปรแกรมเมอร์ไม่จำเป็นต้องรู้ทุกสิ่งเกี่ยวกับแอนิเมชั่น ถ้าไม่ต้องการรู้ ทั้งหมดที่ต้องทำเพียงแค่โหลดไฟล์ลงใน engine และปล่อยให้มันทำงานเอง

2.9.1.6 Supported Formats

Irrlicht Engine สามารถใช้งานกับฟอร์แมทไฟล์ต่าง ๆ ได้มากมาย และสามารถโหลดเข้ามาได้โดยตรง ข้อมูลจะไม่จำเป็นต้องแปลงข้อมูลก่อนการใช้งาน การจัดการข้อมูลภายในของ Irrlicht จะเตรียมการเข้าถึงไฟล์อย่างง่ายไปยังไฟล์และดูแลการเฟทช์ mesh หรือ texture จากแคชของตัวเองแทนที่จะโหลดจากดิสก์ถ้าข้อมูลมีการโหลดเข้ามาแล้วก่อนหน้านี้

2.9.1.7 Supported Render Features

Irrlicht สนับสนุน render feature ทั่ว ๆ ไปทั้งหมด แต่ยังมีส่วนน้อยที่ยังไม่สนับสนุน feature ทั้งหมดสามารถใช้งานได้กับ hardware accelerated APIs ทุกชนิด และบางตัวถูกสนับสนุนโดยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการ render

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ARToolKitPlus

ARToolKitPlus เป็นไลบรารี่ที่ใช้ในการตรวจจับโค้ดในอุปกรณ์มือถือ แม้ว่า ARToolKitPlus จะมีพื้นฐานมาจาก ARToolKit แต่โค้ดของ ARToolKitPlus ส่วนใหญ่จะไม่มีโค้ดของ ARToolKit อยู่เลย ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของ ARToolKitPlus มีดังนี้

2.9.2.1 Pixel formats

จะมีการสนับสนุนพิกเซลฟอร์แมทของกล้องมือถือนั้น ๆ ให้มีความสามารถในการตรวจจับได้สุดความสามารถของกล้อง การแปลงไปยังฟอร์แมททั่ว ๆ ไปนั้นจะต้องใช้ทรัพยากรของเครื่องมาก โดยเฉพาะการใช้แบนด์วิธของเมมโมรี่มากบนอุปกรณ์ ฟอร์แมทของกล้องบางตัวจะให้ข้อมูลในฟอร์แมทที่สมบูรณ์สำหรับการตรวจจับมาให้แล้ว เช่น ฟอร์แมท YUV12 ซึ่งเป็นฟอร์แมททั่วไปบนโทรศัพท์มือถือ YUV12 จะเก็บค่าความสว่างไว้ที่ 8 บิท ซึ่งเป็นไปตามส่วนประกอบค่าสี 2 ตัว คือ UV ซึ่งเก็บค่าสีไว้ตัวละ 2 บิท โดยปกติภาพ 8 บิทจะให้ฟอร์แมทที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับที่มาร์คเกอร์ที่มีสีขาวและดำในขณะที่มีการลดลงของหน่วยความจำ ในทางตรงกันข้าม ฟอร์แมท เช่น RGB565 จะต้องการใช้การค้นหาในตารางเพื่อการแปลงฟอร์แมทอย่างรวดเร็ว

2.9.2.2 Id-markers

ARToolKit จะใช้การจับคู่รูปแบบของรูปสองมิติซึ่งถูกล้อมกรอบโดยขอบสีดำหลังจากการควอนไทซ์รูปไปเป็นค่าเมทริกซ์ แต่น่าเสียดายที่ข้อจำกัดของจำนวนมาร์คเกอร์ที่ใช้ได้ในทีเดียวกันในช่วงเวลารันไทม์จะเป็นสาเหตุของการเพิ่มการค้นหาในฐานข้อมูลรูป แต่ ARToolKitPlus จะใช้รูปแบบของไบนารี่มาร์คเกอร์ ซึ่งการเข้ารหัสจะมีการทำ error correcting (CRC) รวมอยู่ด้วย การตรวจจับมาร์คเกอร์ของ ARToolKitPlus ซึ่งเรียกว่า “id-markers” นี้จึงมีความเร็วมากกว่าการตรวจจับของมาร์คเกอร์ของ ARToolKit เสมอ เนื่องจากไม่ต้องทำการค้นหารูปภาพในขั้นตอนของการจับคู่ ซึ่งในขณะนี้ ARToolKitPlus สามารถสนับสนุนมาร์คเกอร์ได้ถึง 4096 มาร์คเกอร์ที่ไม่ซ้ำกัน

ไอดีมาร์คเกอร์จะมีข้อดีมากกว่าเทมเพลทมาร์คเกอร์ของ ARToolKit ซึ่งแม้ว่า ARToolKit จะสามารถให้ผู้ใช้เลือกรูปภาพต่าง ๆ ได้ แต่ผู้ใช้ส่วนใหญ่จะเลือกรูปภาพที่เล็กจนเกินไปไม่สามารถใช้งานได้กับ ARToolKit ซึ่งไอดีมาร์คเกอร์จะไม่ให้ผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพเองได้ แต่สามารถเลือกมาร์คเกอร์ที่ถูกเตรียมให้ไว้ทั้งหมด 4096 รูปแบบ ซึ่งจะตรงข้ามกับเทมเพลทมาร์คเกอร์ ผู้ใช้ไม่ต้องทำการบอกให้ ARToolKitPlus รู้เกี่ยวกับมาร์คเกอร์ที่จะนำมาใช้เนื่องจาก ARToolKitPlus นั้นรู้อยู่แล้ว

2.9.2.3 Automatic thresholding

ในการตั้งค่าความสว่างมักจะสามารถควบคุมการให้ความสว่างที่สมดุลกันตลอดทั้งสภาพแวดล้อมของวัตถุที่เราสนใจ ในอุปกรณ์เคลื่อนที่มันจะต้องสามารถใช้งานได้ในหลาย ๆ

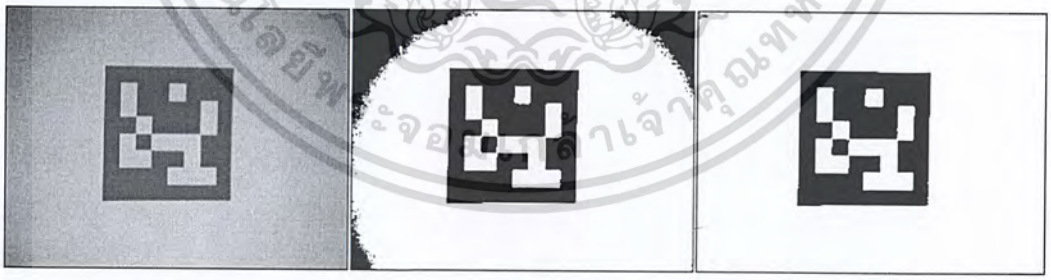
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ ดังนั้นการตรวจจับจะต้องปรับให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของความสว่างของแสงในแต่ละที่ แม้ว่าในทุกวันนี้กล้องทั่ว ๆ ไปสามารถปรับค่าต่าง ๆ ได้โดยอัตโนมัติ แต่ความสว่างของรูปภาพที่ออกมานั้นยังเป็นต้นเหตุของหลาย ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับค่าเทรสโฮลด์ การแก้ปัญหานี้นั้นมีการแก้ไขอยู่ แต่เป็นการแก้ไขที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงและไม่เหมาะสมกับแพลต์ฟอร์มฝังตัว

ซึ่ง ARToolKitPlus แก้ปัญหานี้ได้โดยการใช้วิธีที่ง่าย ๆ แต่มีประสิทธิภาพสำหรับการทำ automatic thresholding ซึ่งกำหนดให้ไม่มีการสูญเสียการทำงานในการวัดค่า โดยแทนที่จะมองทั้งรูปภาพแต่มองที่มาร์คเกอร์สุดท้ายที่เข้าใจเท่านั้น หลังจากมาร์คเกอร์ถูกพบ ค่ามัธยฐานของพิกเซลบนมาร์คเกอร์จะถูกคำนวณและใช้เป็นเทรสโฮลด์สำหรับรูปภาพต่อไปในการทำงาน ถ้าการทำงานดังกล่าวไม่สำเร็จนั้นก็จะมีสาเหตุมาจากการไม่มีการเจอมาร์คเกอร์ ARToolKit ก็จะทำการสุ่มค่าเทรสโฮลด์ในกรณีของการเกิดเฟรมใหม่จนกระทั่งสามารถตรวจพบมาร์คเกอร์

2.9.2.4 Vignetting

กล้องบางตัวในโทรศัพท์มือถือปัจจุบันนี้จะแสดงภาพเป็นแบบ vignette (ดูจากรูปที่ 2.19 ทางด้านซ้ายมือ) การทำเทรสโฮลด์ในรูปภาพที่มีค่าคงที่ image-wide ซึ่งดูได้จากภาพตรงกลางด้านล่าง ถ้ามาร์คเกอร์อยู่ใกล้กับขอบสีดำดังกล่าว มันจะเกิดการเลื่อมล้ำกันในพื้นที่สีดำและจะทำให้ตรวจจับไม่พบมาร์คเกอร์ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ARToolKitPlus จะมีการทำงานในส่วนของ vignetting compensation ผู้ใช้สามารถระบุส่วนที่ไม่ใช้โดยการกำหนดระยะจากจุดกึ่งกลางของรูปภาพไปยังมุม การกำหนดนี้จะเป็นแบบตัวเลขมากกว่าการระบุเป็นรูปภาพเพื่อลดการใช้งานของเมมโมรี่ หลังจากการทำงานของ vignetting compensation จะทำให้การทำเทรสโฮลด์ได้ดีขึ้น ซึ่ง Vignetting compensation อาจจะมีข้อผิดพลาดอยู่เล็กน้อย



ก) ข) ค)

รูป 2.19 ภาพ Vignetting

ก) ภาพจากกล้อง

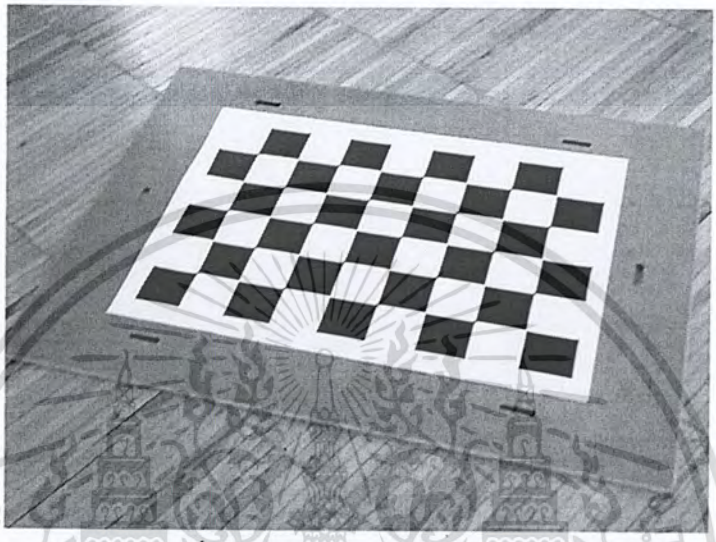
ข) ภาพที่ใช้ค่าเทรสโฮลด์เป็นค่าคงที่

ค) ภาพที่ใช้ค่าเทรศโฮลด์กับ vignetting compensation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.5 Camera calibration

การคาลิเบรทกล้องให้แม่นยำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการตรวจจับแบบ 6DOF ARToolKitPlus จะสนับสนุนเครื่องมือในการคาลิเบรทของ ARToolKit ได้ดีเทียงเท่ากับการใช้เครื่องในการคาลิเบรทของกล้อง GML MatLab ในการคาลิเบรทของกล้องโทรศัพท์ ผู้ใช้ต้องถ่ายรูปหลาย ๆ รูปของบอร์ด (ดูในรูป 2.20) เพื่อให้กล้องทำการคาลิเบรทแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูป 2.20 บอร์ดที่ใช้ในการทำคาลิเบรทกล้องแบบกึ่งอัตโนมัติ

เลนส์ที่ไม่บิดเบี้ยวจะสามารถคำนวณออกมาได้ดี ARToolKitPlus สามารถใช้ตารางที่เก็บข้อมูลในการเพิ่มความเร็วในกระบวนการทำงาน มันสามารถเพิ่มความเร็วได้ถึง 10 วินาที บนอุปกรณ์พกพา มันสามารถแคชข้อมูลโดยใช้ที่เก็บข้อมูลบนอุปกรณ์ เมื่อ ARToolKitPlus ค้นหาแคชในตารางเก็บข้อมูลที่เวลาเริ่มการทำงาน มันจะโหลดตัวมันหรือสร้างและเก็บข้อมูลอัตโนมัติในการเริ่มการทำงานครั้งต่อไป

2.9.2.6 Portability

อุปกรณ์มือถือในทุกวันนี้รันซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ARToolKitPlus ไม่ได้รวมโค้ดในการเข้าถึงกล้องหรือการเรนเดอร์แบบ 3 มิติเอาไว้ มันจะเชื่อมต่อเพียงแค่ส่วนของข้อมูล I/O ที่เป็นพิกเซลบัฟเฟอร์สำหรับอินพุทที่เป็นรูปภาพและเมทริกซ์ที่เป็นทศนิยมแบบ 4x4 สำหรับการตรวจจับผลของเอาท์พุท มันจึงถูกจำกัดโดยจำนวนของอินพุทที่สนับสนุนพิกเซลฟอร์แมท ARToolKitPlus จะถูกอิมพลีเมนท์ใน C++ และเป็นผลให้สามารถใช้ในการพกพาได้ดี ทั้ง Windows XP, Windows CE, Symbian และ Linux ได้รับการสนับสนุนซึ่งระบบปฏิบัติการเหล่านี้การพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ และอุปกรณ์เป้าหมาย ในระหว่างที่จาวาพอร์ทขยายช่วงของพอร์ทที่สนับสนุนบนอุปกรณ์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.7 Custom memory management

เมมโมรี่ไม่ได้เป็นทรัพยากรฮาร์ดแวร์ที่ขาดแคลนบนอุปกรณ์มือถือแต่ถูกจำกัดการใช้เนื่องมาจากความไม่มีประสิทธิภาพในระบบปฏิบัติการบนมือถือ มันจึงมีความสำคัญในการให้ผู้พัฒนาแอพพลิเคชั่นด้วยการสามารถควบคุมเมมโมรี่ในการจองหรือคืนหน่วยความจำได้อย่างเต็มที่ ตัวจัดการเมมโมรี่ทั้งหมดใน ARToolKitPlus สามารถจัดการได้อิสระโดยผู้ใช้ บนแพลตฟอร์มส่วนมาก ARToolKitPlus ใช้ฟังก์ชั่นมาตรฐานในการจองหรือคืนเมมโมรี่เป็นค่าเริ่มต้น บน Windows CE ตัวจัดการเมมโมรี่ของ ARToolKitPlus จองเมมโมรี่ภายนอกสล็อตโพรเซสเมมโมรี่โดยการเก็บทรัพยากรที่ใช้สำหรับ DLLs และไม่มีการจัดการการจองเมมโมรี่ ตั้งแต่ตำแหน่งเมมโมรี่ของ ARToolKitPlus นั้นถูกจัดวางไว้ตายตัวและถูกรับรู้ตำแหน่งที่ compile-time ความต้องการของเมมโมรี่สำหรับตัวจัดการเมมโมรี่ดังกล่าวนั้นมีเล็กน้อย

2.9.3 ZBar

ZBar เป็นโอเพ่นซอร์สซอฟต์แวร์สำหรับการอ่านบาร์โค้ดจากหลาย ๆ แหล่ง เช่น วีดีโอสตรีม, ไฟล์รูปภาพ และเซนเซอร์วัดความเข้ม ซึ่ง ZBar มีการสนับสนุนในหลาย ๆ ชนิดของบาร์โค้ด เช่น EAN-13/UPC-A, UPC-E, EAN-8, Code 128, Code 39 และรวมทั้ง QR Code ด้วย ซึ่งมันมีความยืดหยุ่นในการทำการอิมพลีเมนท์การสแกนและถอดรหัสบาร์โค้ดในแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ มันสามารถใช้งานเป็นแบบ stand-alone ซึ่งสามารถทำงานเป็นแบบ GUI หรือ Command line ก็ได้ ZBar นั้นสามารถใช้งานง่ายในการใช้งานในแอพพลิเคชั่นที่ใช้ไลบรารี่ GUI ที่เป็น Qt, GTK++, หรือ PyGTK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

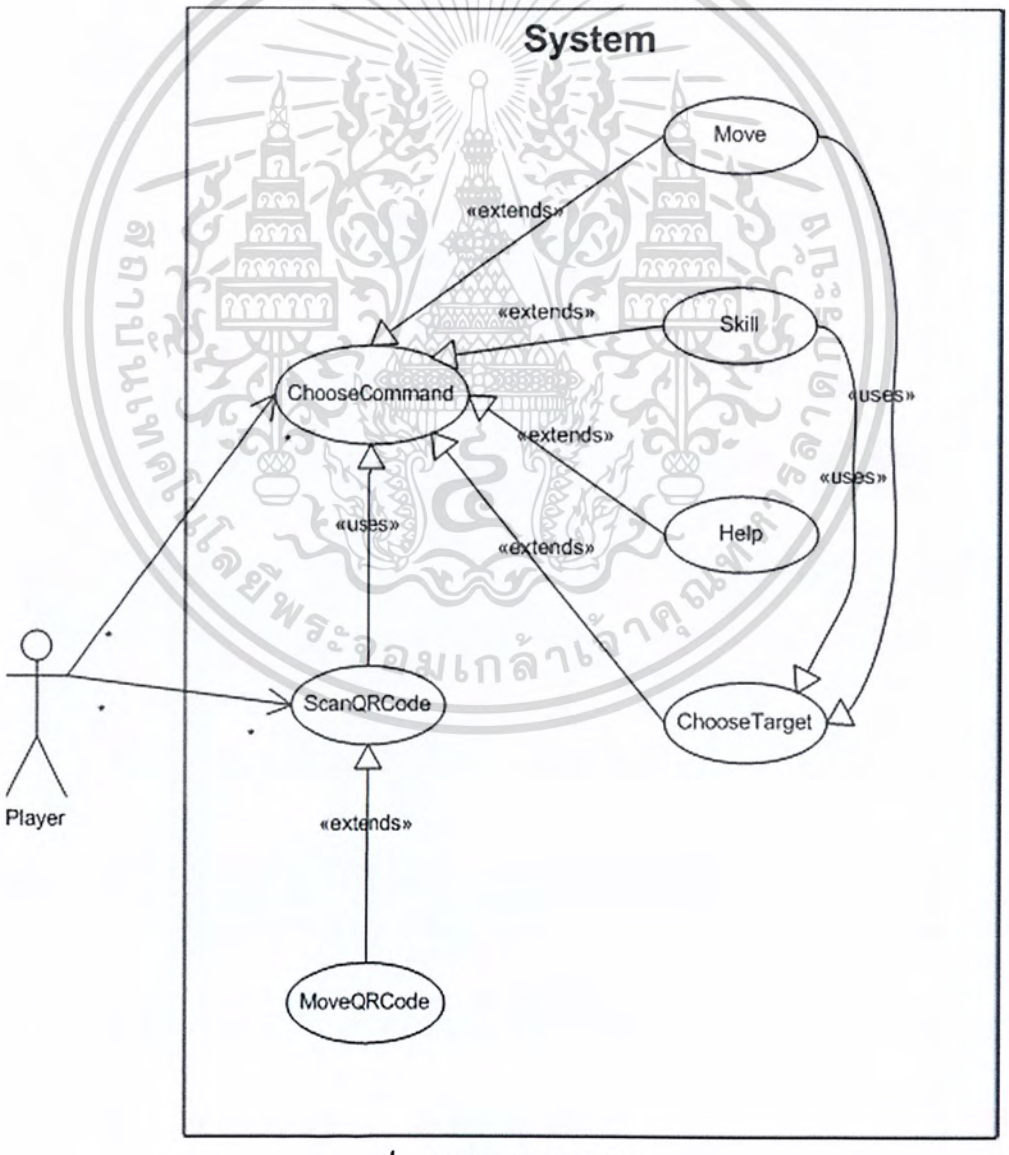
บทที่ 3

การออกแบบและการทดลอง

3.1 การออกแบบระบบ

3.1.1 การออกแบบระบบ

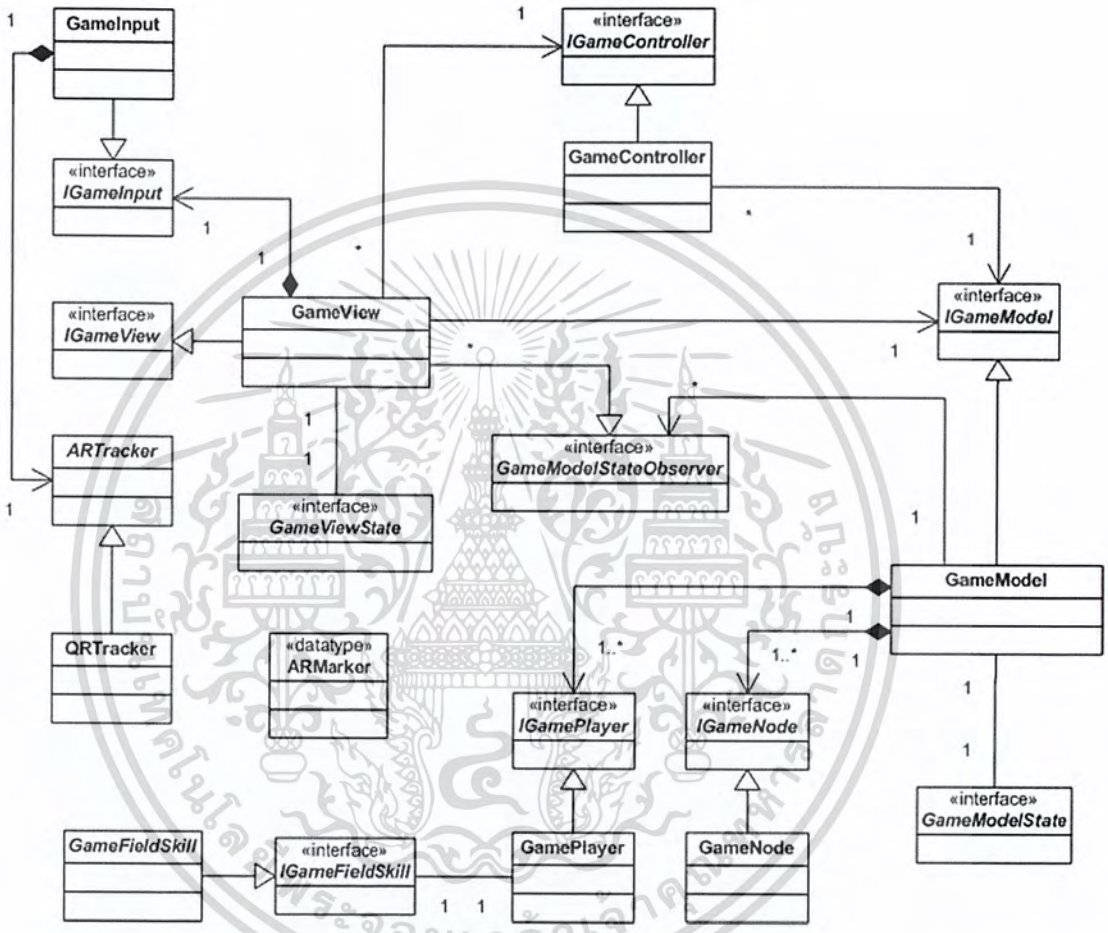
ด้านล่างนี้คือ use case diagram ของระบบ จะเห็นว่ามี actor คือ Player ซึ่งสามารถนำ QR Code มาสแกนได้ และสามารถหมุนหรือเคลื่อนย้าย QR Code เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของโมเดล 3 มิติได้ และสามารถเลือกคำสั่งต่างๆ ได้ เช่น เดิน ใช้ทักษะ เลือกเป้าหมาย โดยการเลือกคำสั่งสามารถเลือกผ่านการสแกน QR Code ได้



รูป 3.1 ยูสเคสของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านล่างนี้คือ class diagram ของระบบโดยรวม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการตรวจจับภาพ และส่วนของระบบเกม โดยส่วนแรกคือส่วนของการตรวจจับภาพ ซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่ง 3 มิติของ QR Code และทำการถอดรหัสออกมาเป็นข้อมูลที่โปรแกรมสามารถอ่านได้ และส่วนที่สองคือส่วนของระบบเกมซึ่งจะทำหน้าที่รับอินพุตจากผู้ใช้ ประมวลผลโลจิกของเกม และแสดงผลลัพธ์ออกมาจากจอภาพ



รูป 3.2 คลาสไดอะแกรมของระบบ

ส่วนของการตรวจจับภาพ เป็นส่วนที่ทำการประมวลผลภาพวิดีโอที่ระบบรับเข้ามา โดยจะแปลงภาพวิดีโอที่ได้มาให้อยู่ใน format ที่ถูกต้อง แล้วจึงทำการตรวจจับวัตถุในภาพวิดีโอที่คิดว่าเป็น QR Code จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อหาตำแหน่ง 3 มิติ แล้วจึง map ระนาบของ QR Code ให้อยู่ในระนาบที่ถูกต้องเพื่อทำการถอดรหัสออกมา โดยส่วนของการตรวจจับภาพประกอบด้วยคลาสดังต่อไปนี้

1) คลาส ARTracker เป็น abstract class ที่นิยามฟังก์ชั่นการตรวจจับ ARMarker ไว้ ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่ง 3 มิติ และถอดรหัส ARMarker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คลาส QRTracker เป็นผู้สืบทอดและทำการ implement ฟังก์ชั่นที่ถูกนิยามโดยคลาส ARTracker โดยการ implement จะใช้ QR Code แทน ARMarker

3) คลาส ARMarker เป็นคลาสที่นิยาม data type ของ marker ในระบบ Augmented Reality ของเกม ซึ่งในที่นี้คือ QR Code

ส่วนของระบบเกม เป็นส่วนที่เป็นระบบของเกมทั้งหมด โดยจะรับอินพุตเป็นทั้งปุ่มกดและ ARMarker ที่ตรวจจับได้จากส่วนของการตรวจจับภาพ จากนั้นทำการประมวลผลอินพุตที่ได้รับมา เพื่อปรับสภาพแวดล้อมภายในเกม และแสดงผลภาพวิดีโอพร้อมภาพโมเดลสามมิติออกมาทางจอภาพ โดยส่วนของระบบเกมได้ออกแบบโดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน แยกอิสระจากกัน ตามโมเดลการออกแบบ Model-View-Controller Design Pattern โดยส่วนของ Model จะทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับข้อมูลและโลจิกของเกม ส่วนของ View จะจัดการเกี่ยวกับการแสดงผลของเกม และส่วน Controller จะทำหน้าที่ประสานงานระหว่างส่วน Model และ View ซึ่งในส่วนของ Model และ View จะใช้ Design Pattern ที่ชื่อ State Pattern ในการออกแบบ ส่วนของระบบเกมประกอบด้วยคลาสหลักๆดังต่อไปนี้

1) คลาส GameModel เป็นคลาสหลักของส่วน Model ทำหน้าที่จัดการข้อมูลและโลจิกส่วนใหญ่ของเกม

2) คลาส IGameModel เป็น interface ของคลาส GameModel ช่วยในการเชื่อมต่อกับคลาสอื่น

3) คลาส GameView เป็นคลาสหลักของส่วน View ทำหน้าที่รับอินพุตจากผู้ใช้รวมทั้งภาพวิดีโอจากกล้องเว็บแคม และแสดงผลตัวเกมออกที่ประกอบด้วยภาพวิดีโอและโมเดล 3 มิติ ออกทางจอภาพ

4) คลาส IGameView เป็น interface ของคลาส GameView ช่วยในการเชื่อมต่อกับคลาสอื่น

5) คลาส GameController เป็นคลาสหลักในส่วนของ Controller ทำหน้าที่ประสานการทำงานระหว่างส่วน Model และส่วน View

6) คลาส IGameController เป็น interface ของคลาส GameController ช่วยในการเชื่อมต่อกับคลาสอื่น

7) คลาส GameViewStateObserver เป็นคลาสที่ช่วยในการ implement Observer Pattern ระหว่าง View และ Model

8) คลาส GameViewState เป็น abstract base class ในการ implement State Pattern ของคลาส GameView

9) คลาส GameModelState เป็น abstract base class ในการ implement State Pattern ของคลาส GameModel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) คลาส GameInput เป็นคลาสที่มีหน้าที่รับภาพวิดีโอจากกล้องเว็บแคม รวมถึงรับตำแหน่งและข้อมูลของ ARMarker จากคลาส ARTracker

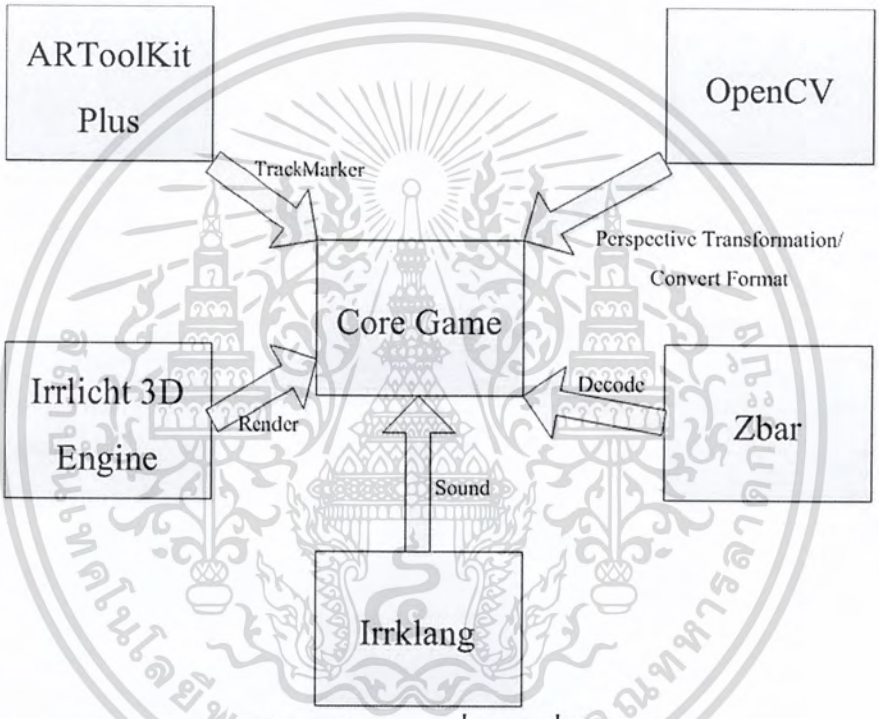
11) คลาส GameNode มีหน้าที่จัดการจุดที่ตัวละครสามารถเดินไปอยู่ได้ รวมถึงเส้นทางระหว่างจุดนั้นๆด้วย

12) คลาส GamePlayer มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับข้อมูลของตัวละครภายในเกม

13) คลาส GameFieldSkill มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับระบบทักษะภายในเกม

3.1.2 ภาพรวมของระบบ

ภาพด้านล่างนี้เป็นภาพโครงสร้างไลบรารี่ของระบบ



รูป 3.3 โครงสร้างไลบรารี่ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ

จากแผนภาพเราเห็นว่า ระบบประกอบไปด้วยไลบรารี่ภายนอก ที่ช่วยในการทำงานด้านต่างๆอยู่หลายส่วน โดยในส่วน CoreGame จะเป็นส่วนหลักของระบบเกม เป็นจุดรวมในการนำเอาไลบรารี่ต่างๆมาใช้ร่วมกัน โดยมีไลบรารี่ที่คอยช่วยเหลือดังนี้

1) ARToolKitPlus เป็นไลบรารี่ที่ช่วยในการตรวจจับตำแหน่ง 3 มิติของ ARMarker จากภาพวิดีโอ ในระบบของเราจะนำมาใช้ช่วยในการตรวจจับตำแหน่งจุดมุมของ QRCode

2) OpenCV เป็นไลบรารี่สำหรับช่วยในการประมวลผลภาพ ในระบบของเราจะใช้ช่วยในการทำ perspective transformation และช่วยในการแปลง format ของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Irrlicht 3d Engine เป็นไลบรารี่ช่วยในการแสดงผลภาพ 3 มิติ ในระบบของเราใช้ในการแสดงผลของเกม
4) Irrklang เป็นไลบรารี่ช่วยในการแสดงเสียง ในระบบของเราใช้ในการแสดงเสียงประกอบภายในเกม
5) ZBar เป็นไลบรารี่สำหรับถอดรหัสบาร์โค้ด สามารถถอดรหัสได้ทั้งบาร์โค้ด 1 มิติ และ 2 มิติ ในระบบของเรานำมาใช้ในการถอดรหัส QR Code

3.2 การทดลองพัฒนาเกม

3.2.1 ARToolKit Library

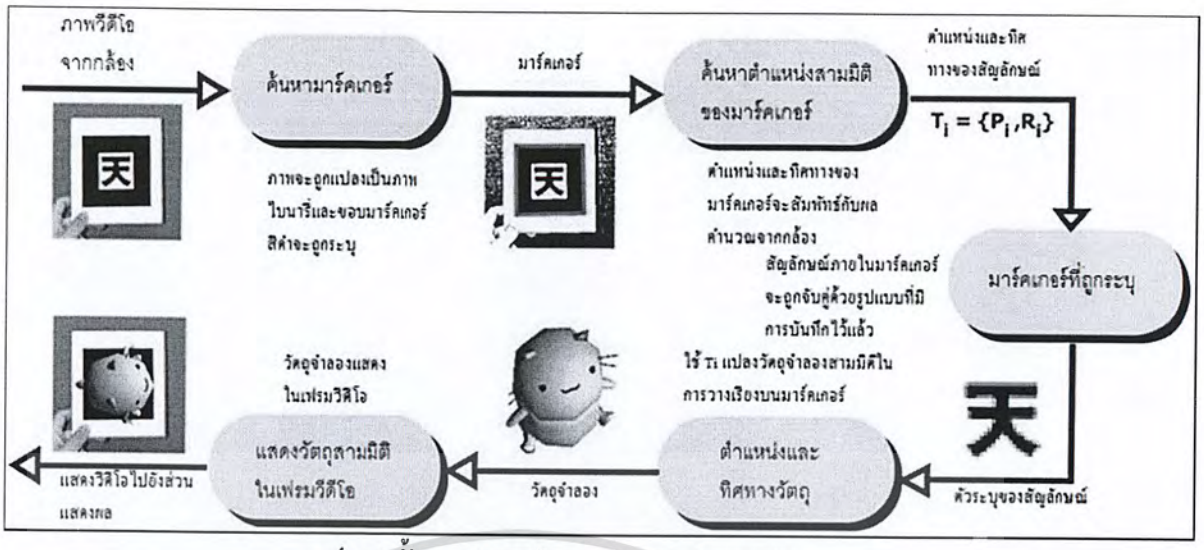
3.2.1.1 การทำงานของ ARToolKit

แอพพลิเคชั่น ARToolKit จะให้ภาพจำลองแสดงบนภาพวีดีโอของโลกจริงได้ ซึ่งการทำงานนี้มาจากกรอบสี่เหลี่ยมสี่ดำซึ่งใช้ในการตรวจจับมาร์คเกอร์ การตรวจจับของ ARToolKit ทำงานได้ดังนี้

1) กล้องจะจับภาพของโลกจริงในรูปแบบของวีดีโอและส่งไปยังคอมพิวเตอร์
2) ซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์จะค้นหารูปสี่เหลี่ยมใด ๆผ่านทางเฟรมวีดีโอแต่ละเฟรม
3) ถ้ามีการค้นพบรูปสี่เหลี่ยม ซอฟต์แวร์จะใช้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณตำแหน่งของกล้องที่สัมพันธ์กันกับรูปสี่เหลี่ยม
4) ตำแหน่งแรกของกล้องที่รู้จัก โมเดลกราฟฟิกจะถูกเขียนจากตำแหน่งนั้น
5) โมเดลนี้จะถูกเขียนอยู่บนภาพของวีดีโอจากโลกจริงและจะเคลื่อนที่ตามมาร์คเกอร์สี่เหลี่ยม
6) เอาท์พุทสุดท้ายจะแสดงบนหน้าจอแสดงผล ดังนั้น เมื่อผู้ใช้มองผลของการแสดงผล จะเห็นภาพกราฟฟิกแสดงอยู่บนภาพของโลกจริง

ภาพด้านล่างนี้จะแสดงขั้นตอนสรุปของการทำงาน ARToolKit สามารทำงานในการจับภาพในแบบเรียลไทม์ ดังนั้นวัตถุจำลองจะแสดงอยู่บนมาร์คเกอร์ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 ขั้นตอนการทำงานของ ARToolKit

3.2.1.2 ข้อจำกัด

มีข้อจำกัดบางอย่างในการคำนวณภาพจะระบบ AR โดยปกติแล้ววัตถุจำลองจะแสดงเมื่อมาร์คเกอร์อยู่ในภาพของกล้อง ซึ่งจะเป็นการจำกัดขนาดหรือการเคลื่อนไหวของวัตถุจำลอง หมายความว่าถ้าผู้ใช้ทำการบังบางส่วนของรูปแบบด้วยมือหรือวัตถุใด ๆ แล้ววัตถุจำลองจะไม่มีการแสดงผลขึ้น

3.2.2 การทำงานของ QR Code

3.2.2.1 โครงสร้างของ QR Code

ในรูปด้านล่างนี้เป็นโครงสร้างของ QR Code ซึ่งในส่วนของสีขาวและสีดำจะเป็นส่วนที่ไว้ใช้ระบุซึ่งประกอบด้วยส่วนของ “finder pattern” และ “timing pattern”

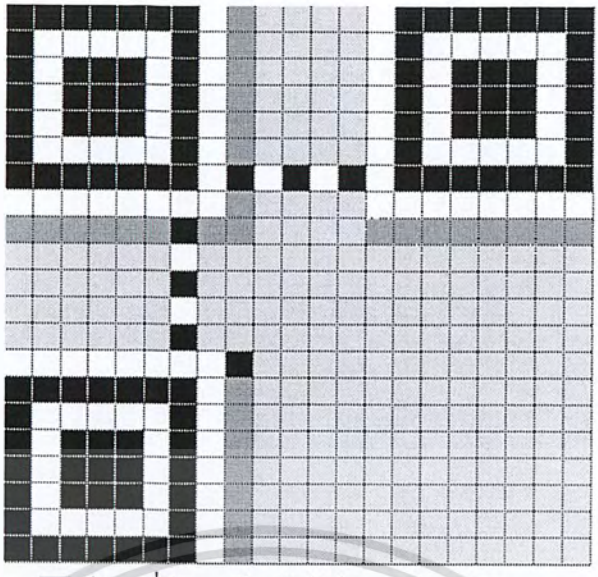
Finder pattern เป็นส่วนที่ใช้ช่วยในการตรวจจับตำแหน่งของ QRcode ในการถอดรหัสในแอพพลิเคชั่น

Timing pattern เป็นส่วนที่ใช้ในการช่วยตัดสินว่าเป็นสัญลักษณ์ที่เข้าร่วมหรือไม่ในขั้นตอนการถอดรหัส

ในส่วนที่เป็นสีเหลืองจะเป็นส่วนของข้อมูลที่มีการเข้ารหัสไว้(ซึ่งจะรวมการทำ error correction ไว้ด้วย)

และในส่วนที่เป็นสีฟ้า จะเป็นส่วนของข้อมูลในชั่นของ error correcting และ mask pattern ซึ่งส่วนนี้จะเรียกว่า format information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข้อมูลที่มีการเข้ารหัสไว้ (รวมส่วนของ error correct code)

format information

รูป 3.5 โครงสร้างของ QR Code

3.2.2.2 การเข้ารหัส

ด้านล่างนี้จะเป็นการอธิบายการเข้ารหัสอย่างง่าย ๆ

1) ความจุของ QRCode ถูกตัดสินใจโดย เวอร์ชั่น, ระดับ error correcting และโหมดการเข้ารหัส

2) การเข้ารหัสข้อมูล ข้อมูล 8 บิท จะถือว่าเป็นเวิร์ดโค้ด เราสามารถคำนวณหรือใส่ข้อมูลลงในหน่วยนี้ การเข้ารหัสสามารถทำได้โดยขั้นตอนต่อไปนี้

2.1) เลือกโหมดของชนิดข้อมูลที่เข้ารหัส โหมดของชนิดข้อมูลจะประกอบไปด้วยโหมดต่าง ๆ ซึ่งจะมีเลขโหมดต่างกันไปดังนี้

2.2) การใส่ความยาวของข้อมูล การใส่ความยาวของข้อมูลจะมีบิทของข้อมูลในแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน

2.3) การเข้ารหัสข้อมูลให้เป็นแบบไบนารี่

2.4) การใส่ตัวจบของข้อมูล

2.5) การเข้ารหัสให้เป็นโค้ดเวิร์ด

3) การคำนวณ error correcting code words

4) การจองพื้นที่ข้อมูล

5) การทำ Mask pattern

6) การทำ format information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การใช้QR Code แทน AR มาร์คเกอร์

ทำไมเราถึงใช้QR Code แทน AR มาร์คเกอร์ ตาราง 3 ได้แสดงการเปรียบเทียบQR Code แทน AR มาร์คเกอร์ด้วย AR มาร์คเกอร์อย่างอื่น

เราคิดว่าความแตกต่างระหว่างระบบของเราและระบบ AR แบบเดิมเป็นระบบที่มาร์คเกอร์ที่แม่นยำปกติจะใช้การลงทะเบียนแต่ละครั้งเป็นแพทเทิร์นใหม่และวัตถุใหม่ที่ถูกเพิ่มเข้าไปในระบบ ในทางตรงกันข้ามระบบของเราไม่จำเป็นต้องลงทะเบียนมาร์คเกอร์เมื่อQR Code ปรากฏบนหน้าจอ ข้อมูลในบางQR Code สามารถถอดออกมาด้วยระบบของเราโดยไม่ยาก

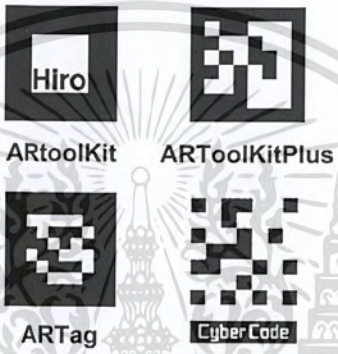
โดยทั่วไปมาร์คเกอร์แบบเดิมจะเก็บโมเดลในเซิฟเวอร์ โดยปกติอาจบังคับแอพพลิเคชั่นของระบบ AR นี้ Webtag เป็นระบบ AR ที่ถูกพัฒนาล่าสุดโดยการพยายามให้มาร์คเกอร์ให้สื่อที่เตรียมไว้เชื่อมต่อข้อมูล Webtag สามารถถอดรหัส ไอดีจาก tier-2 (เป็นแนวคิดคล้ายกับ AR มาร์คเกอร์ซ้อนกัน) ของมาร์คเกอร์แล้วส่งไอดีไปยังเว็บไซต์เพื่อจะชี้ไปยัง URL ที่เก็บข้อมูลไว้ โดยรวมใน Webtag สามารถถูกใช้ได้ทั้ง AR tracking และ เข้าถึงข้อมูลเสมือน สิ่งนี้จะบอกมันมีแนวโน้มที่จะส่งมาร์คเกอร์และเนื้อหาออกไปยังเซิฟเวอร์ดังนั้นลดต้นทุนและประหยัดทรัพยากรของเซิฟเวอร์ ในระบบของเราใช้การฝัง URL ลงไปในQR Code เข้าไปในโมเดลของรีโมทเซิฟเวอร์ดังนั้นระบบของเราจะได้ประโยชน์จากการหลีกเลี่ยงการเก็บโมเดลไว้ในเซิฟเวอร์ นอกจากนั้นโมเดลที่อยู่ในรีโมทเซิฟเวอร์สามารถที่จะแก้ไขได้ง่ายผ่านทางอินเตอร์เน็ต ดังนั้นระบบของเราจึงยืดหยุ่นมากกว่าระบบที่ใช้มาร์คเกอร์แบบเดิม

เนื่องจาก Mark Fiala มุ่งไปยังระบบ AR เดิมทั้งหมดมีข้อผิดพลาดจากปัญหาเดิมๆของจำนวนที่จำกัดของมาร์คเกอร์ การแก้ปัญหานี้ เขาได้ขยาย ARTag ไปเป็น Webtag ดังนั้นมันจึงสามารถมีได้ถึง 4×10^{12} ความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากQR Code สามารถเข้ารหัสได้สูงสุด 7,089 ตัวเลข ระบบของเราสามารถให้ 10^{7089} ความเป็นไปได้ เพราะว่าปริมาณของข้อมูลที่ใหญ่ที่ QR Code สามารถเก็บไว้ได้ ระบบของเราไม่มีปัญหาของระบบ AR แบบเดิมด้วยการจำกัดจำนวนของมาร์คเกอร์

อีกปัญหาของระบบ AR มาร์คเกอร์คือไม่สามารถนำมาเผยแพร่หรือนำมาใช้อย่างแพรหลายของมาร์คเกอร์ ในบางกรณีชนิดของมาร์คเกอร์จะจำกัดการพัฒนาและการสนับสนุนของระบบ AR อย่างไรก็ดีระบบของเราไม่มีปัญหาตั้งแต่QR Code เป็นบาร์โค๊ดเมตตริกซ์สองมิติในหลายๆที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.6 รายละเอียดของ QR Code



รูป 3.7 QR Code ในแบบต่าง ๆ

ตาราง 3.1 ระบบของการแก้ข้อผิดพลาดของQR Code

ระดับ L	ประมาณ 7% ของคำในโค๊ดสามารถถูกเก็บไว้
ระดับ M	ประมาณ 15% ของคำในโค๊ดสามารถถูกเก็บไว้
ระดับ H	ประมาณ 25% ของคำในโค๊ดสามารถถูกเก็บไว้
ระดับ Q	ประมาณ 30% ของคำในโค๊ดสามารถถูกเก็บไว้

ตาราง 3.2 ลักษณะของระบบแท็ค

	QR code	Visual Tags	RF Tags	IR Tags
สามารถพิมพ์ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
ระนาบของมุมมอง	จำเป็น	จำเป็น	ไม่จำเป็น	จำเป็น
ใช้แบตเตอรี่	ไม่ใช้	ไม่ใช้	ไม่ใช้	จำเป็น
เขียนทับได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.3 การเปรียบเทียบระหว่างQR Code และมาร์คเกอร์ที่แม่นยำ

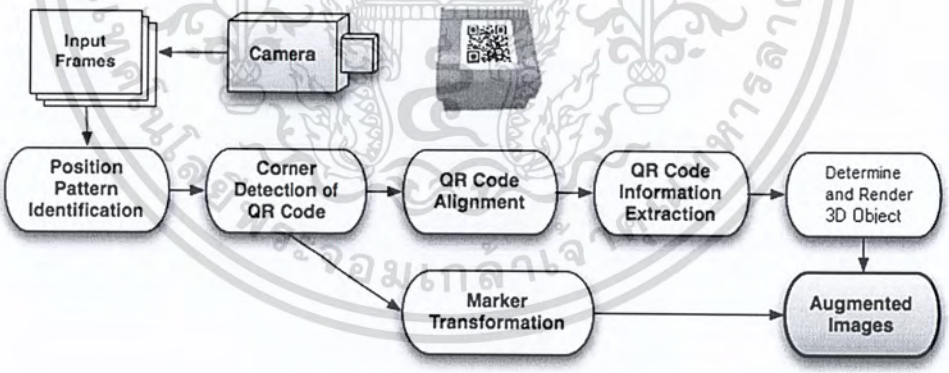
	QR Code	มาร์คเกอร์ที่แม่นยำ
จำเป็นต้องลงทะเบียนก่อนใช้งาน	ไม่จำเป็น	จำเป็น
เก็บโมเดล	อินเตอร์เน็ต	ในเครื่อง
จำกัดจำนวนของมาร์คเกอร์	มาก	น้อย
ความสากล	เป็นบาร์โค๊ดที่สากล	ผูกขาด

3.2.4 การรวม QR เข้ากับ AR

3.2.4.1 แนวคิด

ระบบของเราถูกออกแบบมาให้ตรวจจับ QR Code เพื่อนำไปใช้แทน AR Marker ปกติ ระบบไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนแก้ไขโครงสร้างใดๆของ QR Code ดั้งนั้นระบบของเราจึงแตกต่างจากระบบ AR โดยทั่วไป ตรงที่ระบบเหล่านั้นจำเป็นต้องจดจำ AR marker ไว้ล่วงหน้าในการจำแนกว่า marker นี้ต้องใช้โมเดล 3 มิติชิ้นใดมาแสดงผล แต่ระบบของเราอาศัยการถอดรหัสข้อมูลจาก QR Code โดยตรง ทำให้ไม่จำเป็นต้องจดจำ marker ใดๆไว้ล่วงหน้า

สถาปัตยกรรมของระบบของเรา ถูกแสดงดังรูป 3.8



รูป 3.8 ขั้นตอนการตรวจจับ QR Code

เนื่องด้วย QR Code มีรูปสี่เหลี่ยมอยู่ที่มุมทั้งสามด้าน (ภายในสี่เหลี่ยมแต่ละรูปจะมีสี่เหลี่ยมสีดำขนาดเล็กล้อมรอบด้วยแถบสีขาว) เรียกว่า position detection pattern ดังรูป 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.9 position detection pattern

เราสามารถหาจุดมุมของรูป QR Code ได้ 3 มุมได้จากรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 3 ด้านนี้ จากนั้นเราจะสามารถรู้มุมสุดท้ายที่เหลือ (มุมที่ 4) ได้โดยการคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 3 ที่เราหาได้ จากมุมทั้ง 4 ที่เราหาได้ เราสามารถนำ QR Code ไปใช้แทน AR marker ปกติ ซึ่งสามารถถูกใช้ในการวางและกำหนดตำแหน่งของวัตถุ 3 มิติได้ ในขณะเดียวกันตำแหน่งของมุมทั้ง 4 ยังถูกใช้ประโยชน์ในการจัด QR Code ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ดั้งนั้นข้อมูลที่ถูกบรรจุอยู่ใน QR Code ก็จะถูกถอดออกมาได้อย่างแม่นยำมากขึ้น จากข้อมูลที่ถอดออกมาได้ เราสามารถนำไปใช้ตัดสินใจว่าควรใช้โมเดล 3 มิติชิ้นใดในการแสดงผลบน QR Code นั้นๆได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ระบบของเรามีข้อดีดังนี้

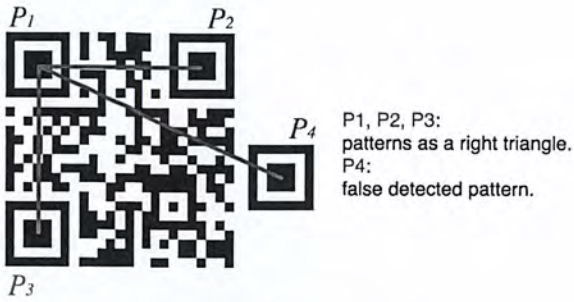
1) ระบบไม่จำเป็นต้องจดจำรูปแบบของ QR Code ไว้ล่วงหน้า สำหรับ QR Code ใหม่ที่อาจจะถูกเพิ่มเข้ามาในอนาคต ก็จะถูกระบุได้โดยระบบ เพราะว่าระบบไม่ได้ใช้เทคนิคการจดจำรูปแบบ แต่ใช้การถอดรหัส ดังนั้นจึงไม่มีข้อจำกัดทางด้านนี้
2) AR marker (QR Code) ในระบบของเราสามารถรองรับหน้าที่อเนกประสงค์ มันสามารถถูกใช้เป็นแบบในการวางรูปทรงสามมิติ และในขณะเดียวกันก็มีความสามารถในการเก็บข้อมูลจำนวนมากได้ นอกจากนี้ระบบของเรายังได้รับประโยชน์จากข้อดีของ QR Code เช่น สามารถกู้คืนข้อมูลที่เสียหายเป็นบางส่วนได้ ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าระดับการกู้คืนข้อมูล
3) โปรแกรมที่ใช้ตรวจจับ QR Code บางโปรแกรมไม่สามารถตรวจจับ QR Code ในมุมมองที่เอียงหรือบิดได้ ระบบของเราสามารถแก้ปัญหานี้โดยจัดวางตำแหน่ง QR Code ให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยใช้คณิตศาสตร์เรื่อง perspective transformation

3.2.4.2 Tracking QR Code

เริ่มจากการตรวจจับรูปสี่เหลี่ยมทั้งสามด้านของ QR Code เพื่อที่เราจะหาตำแหน่งมุมที่สี่ของ QR Code ได้ เราสามารถกรองรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่ต้องการออกไปได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างรูปสี่เหลี่ยมทั้งสามด้าน เนื่องจากสี่เหลี่ยมที่ถูกต้องจะจัดเรียงกันเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามเหลี่ยมเรียกว่า right triangle ดังรูป 3.10 (เนื่องจากมุมมองแบบเอียงๆที่อาจเกิดขึ้นได้ เราจึงต้องคำนวณพิกัดของรูปสี่เหลี่ยมแต่ละรูปให้เป็นพิกัดใน 3 มิติ ดังจะกล่าวต่อไป)



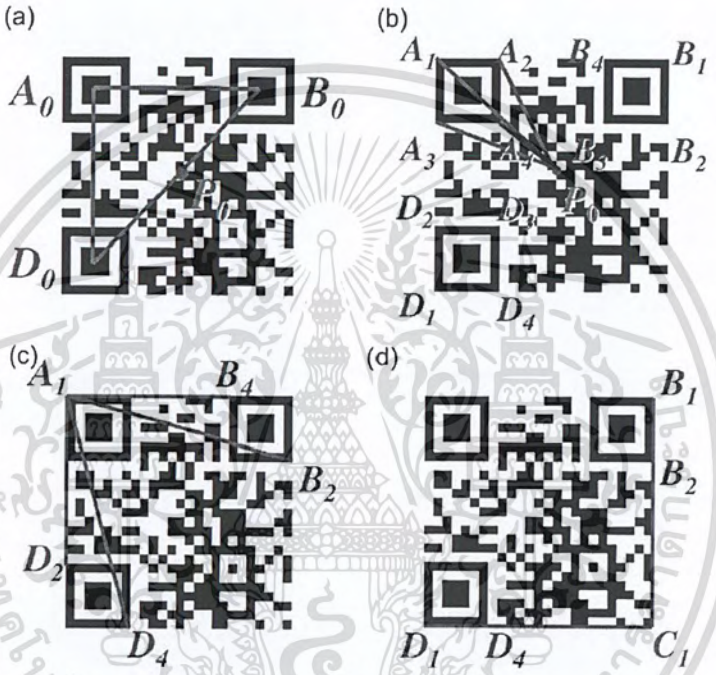
รูป 3.10 สามเหลี่ยม right triangle

โดยเมื่อเราตรวจจับรูปสี่เหลี่ยมได้ จะทำให้เราทราบตำแหน่งของจุดศูนย์กลางและมุมทั้งสี่มุมของแต่ละรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นถ้าเราสามารถหา outer vertices ของรูปสี่เหลี่ยมสองรูปที่อยู่ในแนวทแยงมุมได้ (เช่น vertices B1, B2 และ D1, D4 ในรูป 3.11(b)) ด้วยการคำนวณพื้นฐานเราก็จะสามารถหามุมที่สี่ของ QR Code ได้ อย่างไรก็ตามเราไม่ทราบว่าจุดมุมทั้ง 4 ของรูปสี่เหลี่ยมที่เราตรวจจับได้ จุดใดเป็น outer vertices ของรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุม มีข้อสังเกตว่าพิกัดที่หาได้อยู่บนระนาบของรูปภาพซึ่งมีผลของมุมมองแบบเอียงอยู่ ดังนั้นปริมาณทางเรขาคณิตแบบ Euclidean เช่น ระยะทางและมุมจะใช้ไม่ได้กับกรณีนี้ วิธีการของเราในการหามุมที่สี่ของ QR Code มีดังต่อไปนี้และมีภาพประกอบดังรูป 3.11

1) หารูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุม 2 จุด (สี่เหลี่ยม B และ D ในรูป 3.11) ของ QR Code โดยทั่วไปแล้ว สี่เหลี่ยมที่ไม่ได้อยู่ในแนวทแยงมุม (สี่เหลี่ยม A) จะหันหน้าเข้าหาด้านที่ยาวที่สุดของรูปสามเหลี่ยมที่ถูกสร้างขึ้นจากรูปสี่เหลี่ยมทั้งสาม เราสามารถหารูปสี่เหลี่ยม A ได้เมื่อเรารู้รูปสี่เหลี่ยม B และ D อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ข้างต้นอาจไม่ได้ผลที่น่าพอใจนัก เนื่องจากมุมมองแบบเอียงๆ ดังนั้นเราต้องคำนวณหาพิกัด 3 มิติของจุดกึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยมทั้งสาม ด้วยการคำนวณระยะห่าง 3 มิติของรูปสี่เหลี่ยมเหล่านี้ เราสามารถหารูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุมของ QR Code ได้แม่นยำมากขึ้น
2) หาจุดศูนย์กลางของ QR Code ด้วยการคำนวณหาจุด P0 ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างรูปสี่เหลี่ยมสองรูปในแนวทแยงมุม ดังแสดงในรูป 3.11(a)
3) หาจุด A1 โดยการเปรียบเทียบระยะทางจากแต่มุมของรูปสี่เหลี่ยม A ไปยังจุดศูนย์กลาง P0 ดังแสดงในรูป 3.11(b) จุดที่มีระยะทางมากที่สุดจะเป็นจุด A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หาจุด B2 และ D4 โดยการเปรียบเทียบระยะทางจากแต่ละมุมของรูปสี่เหลี่ยม B และ D ไปยังจุด A1 ดังรูป 3.11(c) จุดที่มีระยะทางมากที่สุดของแต่ละรูปสี่เหลี่ยมจะเป็นจุดที่เราต้องการหา
5) หาจุด B1 และ D1 โดยการเปรียบเทียบระยะทางจากแต่ละมุมของรูปสี่เหลี่ยม B และ D ไปยังจุด P0 จุดที่มีระยะทางมากที่สุดจะเป็นจุด B1 และ D1
6) หามุมที่สี่ของ QR Code โดยการหาจุดตัดของเส้นตรง B1B2 และ D1D4 ดังรูป 3.11(d)



รูป 3.11 ขั้นตอนการประมวลหาจุดต่าง ๆ ของ QR Code

a) หาจุด P0
b) หาจุด A1
c) หาจุด B2 และ D4
d) หาจุด C1

หลังจากหามุมที่สี่ของ QR Code ได้แล้ว เราสามารถหาระนาบของ QR Code ในโลกสามมิติรวมทั้งสามารถนำโมเดล 3 มิติมาวางบน QR Code ได้ ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นโมเดล 3 มิติซ้อนอยู่บนภาพวิดีโอได้

3.2.4.3 QR Code Alignment

หลังจากการระบุพิกัด QR Code ในโลกสามมิติได้แล้ว ต่อไปเราจะถอดรหัสข้อมูลที่ฝังอยู่ใน QR Code มีซอฟต์แวร์บางตัวสามารถถอดรหัสข้อมูลที่อยู่ใน QR Code ได้ (เช่น

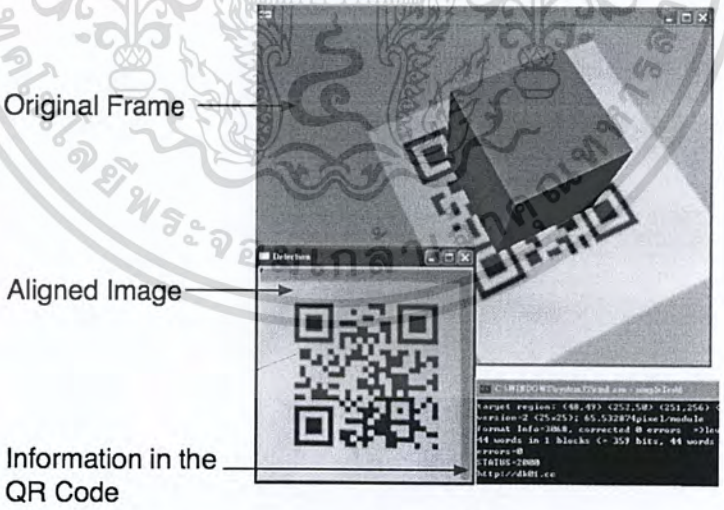
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

libdecodeqr โดย Takao) อย่างไรก็ตามโปรแกรมเหล่านั้นหลายโปรแกรมต้องให้ QR Code ถูกวางอย่างถูกต้อง โดยต้องตรงกับหน้ากล้อง เพื่อที่จะถอดรหัสข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ระบบของเรา QR Code ถูกใช้แทน AR marker ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะบังคับให้ผู้ใช้วาง QR Code ในตำแหน่งและทิศทางที่กำหนดไว้เฉพาะ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาข้อนี้ และเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความแม่นยำในการถอดรหัสข้อมูลจาก QR Code เราต้องจัดวาง QR Code ใหม่เพื่อความสะดวกในการถอดรหัสข้อมูล

เนื่องจาก QR Code ถูกฉายจากระนาบหนึ่งลงบนระนาบของภาพวิดีโอ เราสามารถกู้คืนตำแหน่งในระนาบนั้นได้โดยใช้ perspective transformation

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

เมื่อ (x_i, y_i) คือพิกัดเดิมของ QR Code และ (u_i, v_i, w_i) คือพิกัดของ QR Code ที่ถูกจัดวางอย่างเหมาะสมแล้ว ตัวแปรไม่ทราบค่า 8 ตัวของ transformation matrix สามารถถูกประมาณค่าได้ด้วยจุดที่สอดคล้องกัน 4 จุด ซึ่งเราสามารถหาได้แล้วจากจุดมุมทั้ง 4 มุมของ QR Code นั่นเอง หลังจากคำนวณหา perspective transformation matrix ได้แล้ว เราก็จะสามารถเปลี่ยนรูป QR Code ให้อยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่ถูกต้องได้ ดังรูป 3.12



รูป 3.12 หมุน QR Code ให้ตรงเพื่อประมวลผล

3.2.5 การทดลอง

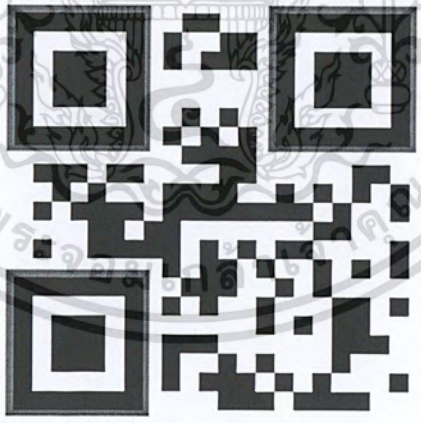
เราได้ทำการทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับ QR Code จากภาพวิดีโอที่ถูกถ่ายด้วยกล้องเว็บแคม โดยเราใช้ไลบรารี ARToolKit เป็นตัวช่วยในการจัดการ เพราะว่ามีฟังก์ชันช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อำนวยความสะดวกที่ครบครัน ทั้งการจับภาพวิดีโอจากกล้องเว็บแคม การตรวจจับแพทเทิร์น การคำนวณตำแหน่ง 3 มิติ และการแสดงผลภาพ 3 มิติ

เนื่องจากว่า ARToolKit สามารถตรวจจับแพทเทิร์นสี่เหลี่ยมที่มีขอบทึบสีดำได้ (รูป 3.13) ซึ่งลักษณะของแพทเทิร์นที่ ARToolKit ตรวจจับได้นั้น คล้ายคลึงกับรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ที่มุมทั้งสามด้านของ QR Code (position detection patterns) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขอบทึบสีดำล้อมรอบ (รูป 3.14) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้แทนกันโดยใช้ ARToolKit เป็นตัวตรวจจับได้

รูป 3.13 ARToolKit Marker



รูป 3.14 QR Code

จากการทดลองพบว่าแพทเทิร์นที่ตรวจจับโดย ARToolKit ที่มีค่า confidence มากกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถใช้เป็นตัวแทนของ position detection patterns ได้ การตรวจจับ QR Code จะถูกกระทำ ถ้าหากตรวจจับพบแพทเทิร์นอย่างน้อยสามแพทเทิร์นในเฟรมปัจจุบัน (รูป 3.15) ซึ่งเราใช้วิธีการนับอย่างง่ายในการนับจำนวนแพทเทิร์นที่ ARToolKit ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ (อย่างไรก็ตามกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าสามารถถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความถูกต้องได้ในภายหลัง)

รูป 3.15 position detection pattern

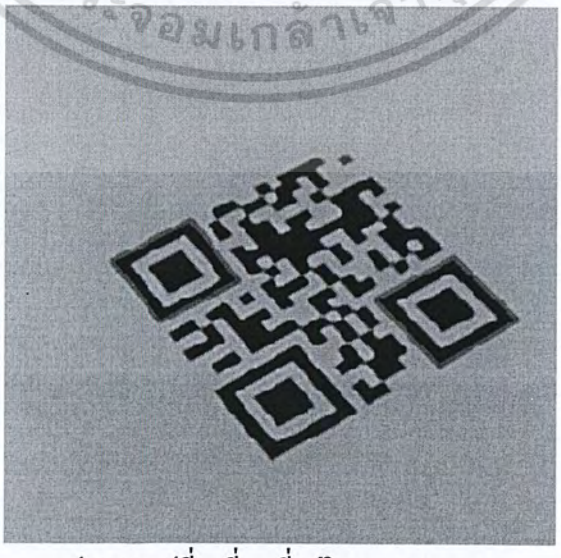
เราจะอาศัยความสัมพันธ์ของรูปสามเหลี่ยมในการจำแนกว่ารูปสี่เหลี่ยมที่ตรวจพบทั้ง 3 จัดวางอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากว่าในรูปแบบที่ถูกต้อง รูปสี่เหลี่ยมทั้ง 3 จะต้องจัดเรียงกันเป็นแนวรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (right triangle) บนระนาบของ QR Code ด้วยความสัมพันธ์นี้เราสามารถกรองรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่ต้องการออกไปได้ (รูป 3.16) แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวใช้ไม่ได้กับกรณีของเรา เพราะว่ามีมุมมองแบบเอียงเกิดขึ้น ทำให้ตำแหน่งที่เราตรวจจับได้จากภาพวิดีโอ (ซึ่งเป็นพิกัด 2 มิติ) เป็นตำแหน่งซึ่งถูก transform จากระนาบของ QR Code มาอยู่บนระนาบของภาพวิดีโอ ซึ่งแก้ได้โดยใช้การคำนวณความสัมพันธ์ในพิกัด 3มิติแทน เนื่องจาก ARToolKit มีฟังก์ชันคำนวณหาพิกัดสามมิติของจุดกึ่งกลางของแพทเทิร์นที่ตรวจพบ เราจึงสามารถนำพิกัด 3 มิติที่ได้มาใช้กับความสัมพันธ์ข้างต้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.16 การกรองแพทเทิร์นที่ไม่ต้องการออก

เมื่อตรวจจับรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 3 ได้แล้ว ต่อไปเราจะนำอัลกอริทึมจากบทที่แล้วมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ ARToolKit โดยมี 6 ขั้นตอนดังนี้

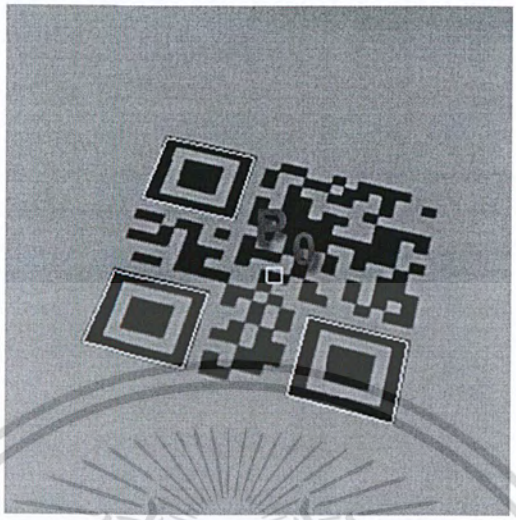
หาสี่เหลี่ยมสองรูปที่อยู่ในแนวทแยงมุม (รูป 3.17) ซึ่งโดยปกติแล้วรูปสี่เหลี่ยมอีกรูปที่ไม่ได้อยู่ในแนวทแยงมุม จะอยู่ตรงข้ามกับด้านที่ยาวที่สุดของรูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากการเรียงตัวของรูปสี่เหลี่ยมทั้งสามนี้ ดังนั้นในทางทฤษฎีแล้วเมื่อเราคำนวณระยะทางระหว่างรูปสี่เหลี่ยม เราก็จะสามารถจำแนกรูปสี่เหลี่ยมทั้งสามได้ แต่ในทางปฏิบัติมีการมีมุมมองแบบเอียงเกิดขึ้น ความสัมพันธ์ข้างต้นจึงใช้ไม่ได้ แต่เนื่องจาก ARTooKit สามารถหาพิกัด 3 มิติของจุดกึ่งกลางของแพทเทิร์นได้ ดังนั้นด้วยการคำนวณระยะทาง 3 มิติระหว่างแพทเทิร์นแต่ละตัว เราสามารถหาสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุมได้



รูป 3.17 รูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุม

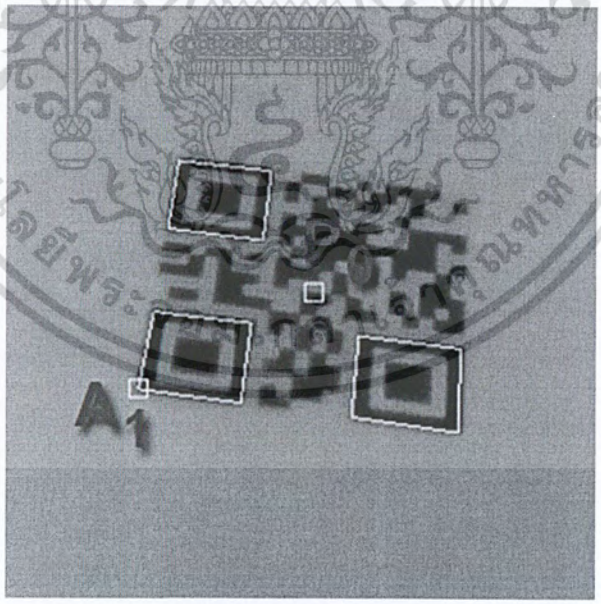
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาจุดกึ่งกลางของ QR Code (จุด P0) โดยการคำนวณจุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยม 2 รูปที่อยู่ในแนวทแยงมุม (รูป 3.18)



รูป 3.18 การหาจุด P0

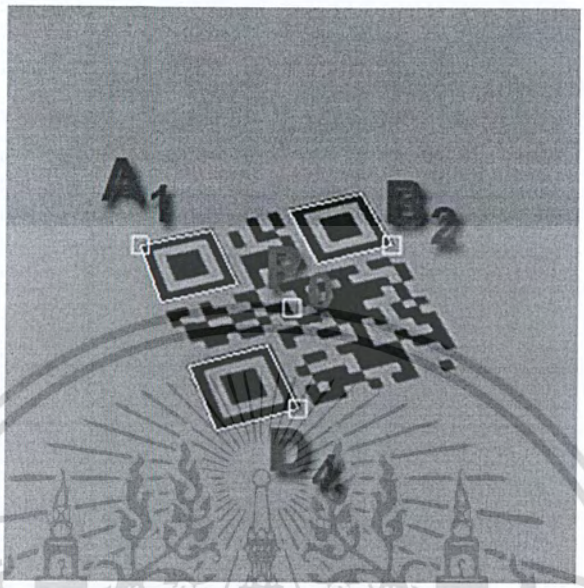
หาจุด A1 โดยหาได้จากจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยม A ที่มีระยะห่างมากที่สุดเทียบกับจุด P0 (รูป 3.19)



รูป 3.19 การหาจุด A1

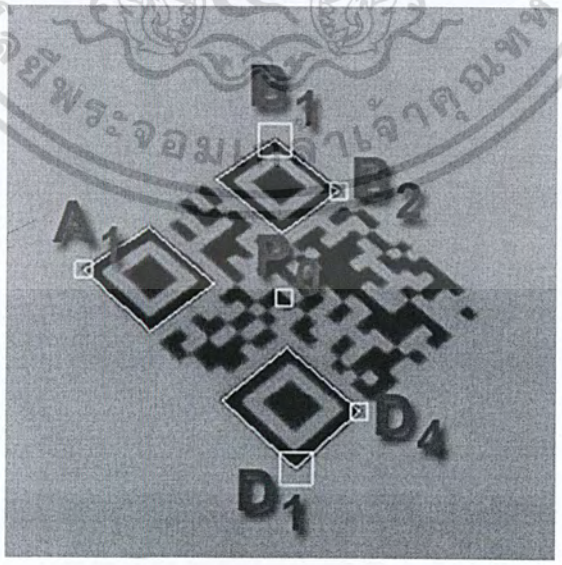
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาจุด B2 และ D4 โดยจุด B2 หาได้จากจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยม B ที่มีระยะห่างมากที่สุดเทียบกับจุด A1 และจุด D4 หาได้จากจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยม D ที่มีระยะห่างมากที่สุดเทียบกับจุด A1 (รูป 3.20)



รูป 3.20 การหาจุด B2 และ D4

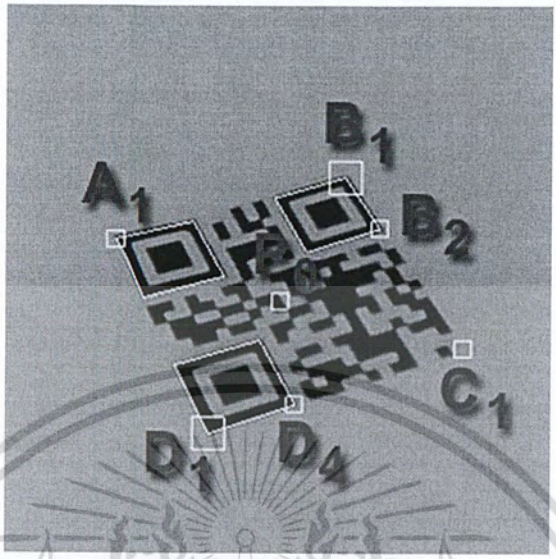
หาจุด B1 และ D1 โดยจุด B1 หาได้จากจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยม B ที่มีระยะห่างมากที่สุดเทียบกับจุด P0 และจุด D1 หาได้จากจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยม D ที่มีระยะห่างมากที่สุดเทียบกับจุด P0 (รูป 3.21)



รูป 3.21 การหาจุด B1 และ D1

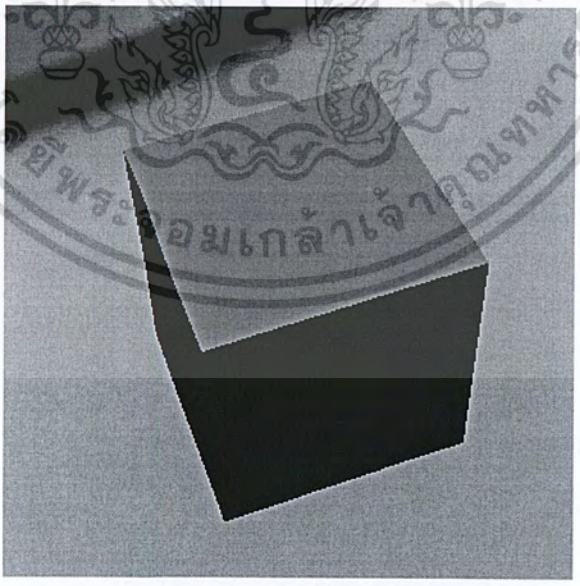
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หามุมที่สี่ของ QR Code โดยหาได้จากจุดตัดระหว่างเส้นตรง B2B1 กับเส้นตรง D4D1 (รูป 3.22)



รูป 3.22 การหาจุด C1

หลังจากหาจุดมุมของ QR Code ได้ทั้ง 4 จุดแล้ว เรานำค่าของจุดมุมเหล่านั้นส่งผ่านเข้าไปในฟังก์ชันของ ARToolKit เราก็จะสามารถหาระนาบของ QR Code ในโลก 3 มิติได้ และสามารถนำโมเดล 3 มิติวางลงบน QR Code ได้ (รูป 3.23)



รูป 3.23 การแสดงผลโมเดลสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้เราจะพบว่าในขั้นตอนที่ 4 และ 5 ของอัลกอริทึม เราจะไม่ทราบว่ารูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในแนวทแยงมุมทั้งสองรูป รูปใดเป็นรูปสี่เหลี่ยม B และรูปใดเป็นรูปสี่เหลี่ยม D ซึ่งยังไม่เกิดปัญหาใด เพราะจุดประสงค์ของอัลกอริทึมเพียงต้องการหาจุดมุมทั้ง 4 มุมของ QR Code เท่านั้น ดังนั้นลำดับจึงยังไม่สำคัญ แต่เมื่อเราแทนค่าจุดมุมทั้ง 4 จุดลงไปในฟังก์ชันของ ARToolKit เพื่อคำนวณระนาบ 3 มิติ และวางโมเดลลงบนภาพวิดีโอแล้ว จะพบว่าฟังก์ชัน ARToolKit ต้องการให้ส่งค่าของจุดมุมทั้ง 4 เรียงลำดับตามเข็มนาฬิกาดังนั้นเราจำเป็นต้องรู้ว่ารูปสี่เหลี่ยมที่เราตรวจจับได้ในแนวทแยงมุม รูปใดเป็นสี่เหลี่ยม B และรูปใดเป็นสี่เหลี่ยม D โดยในตัวอย่างการทดลองของเรา เราจะเรียงลำดับของรูปสี่เหลี่ยมตามเข็มนาฬิกาดังรูป 3.24

รูป 3.24 การเรียงลำดับของแพทเทิร์นตามเข็มนาฬิกา

เราจะอาศัยหลักการของเวกเตอร์เข้ามาช่วย เนื่องจากเราทราบพิกัดของจุดกึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยมแต่ละรูปโดย ARToolKit อยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นเราจะสามารถหาเวกเตอร์ 2 มิติสองเวกเตอร์ที่อยู่บนระนาบของภาพวิดีโอ และมีจุดเริ่มต้นจากจุดกึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยม A และมีทิศทางไปยังจุดกึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยม 2 รูปที่อยู่ในแนวทแยงมุม ดังรูป 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.25 การใช้เวคเตอร์คำนวณหาทิศทางของแพทเทิร์น

จากนั้นเราจะนำเอาเวกเตอร์ที่หาได้ทั้ง 2 เวกเตอร์มา cross product กันด้วยกฎมือขวา (ในที่นี้สมมติให้เป็นเวกเตอร์ v1 กับเวกเตอร์ v2) เนื่องจากเวกเตอร์ที่เรานำมาประมวลผลอยู่ในแกน xy เพราะฉะนั้นจะได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ที่อยู่ในแกน z ดังนั้นถ้าเวกเตอร์ผลลัพธ์มีทิศทาง +z แสดงว่ารูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ในทิศทางที่เวกเตอร์ v1 ชี้เป็นรูปสี่เหลี่ยม B และรูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ทิศทางที่เวกเตอร์ v2 ชี้เป็นรูปสี่เหลี่ยม D แต่ถ้าเวกเตอร์ผลลัพธ์มีทิศทาง –z ก็จะได้ผลตรงกันข้าม

3.3 การเล่นเกม

3.3.1 ตัวละคร

ในเกมนี้จะเล่นต้นด้วยการสร้างตัวละครต่าง ๆ ซึ่งตัวละครต่าง ๆ จะมีทักษะต่างกันไป 4 แบบดังนี้

1) นักธนูเป็นอาชีพที่เน้นไปด้านการโจมตีระยะไกลกว่าอาชีพอื่นและโดดเด่นในด้านการความแม่นยำในการโจมตีด้วยลูกธนู ซึ่งทักษะที่ใช้ในแผนที่คือ Arrow shower เป็นทักษะที่สามารถโจมตีผู้เล่นได้ทุกคนยกเว้นตนเอง

รูป 3.26 นักธนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นักดาบเป็นอาชีพที่เน้นความแข็งแรงและความรุนแรงในการโจมตีทางกายภาพ อาวุธหลักของอาชีพนี้คือดาบที่แหลมคม ซึ่งทักษะที่ใช้ในแผนที่คือ Berserker เป็นทักษะที่เพิ่มค่าสเตตัสด้านการโจมตีขึ้นเป็นระยะเวลาชั่วคราว

รูป 3.27 นักดาบ

3) นักเวทย์เป็นอาชีพที่ใช้เวทย์มนต์ควบคุมพลังของธรรมชาติและมีความสามารถในการโจมตีระยะไกลด้วยพลังเวทย์ที่แข็งแกร่ง ซึ่งทักษะที่ใช้ในแผนที่คือ Meteor เป็นทักษะโจมตีผู้เล่นหนึ่งคนด้วยอุกกาบาตยักษ์

รูป 3.28 นักเวทย์

4) นักบวชเป็นอาชีพที่มีพลังศักดิ์สิทธิ์จากพระผู้เป็นเจ้าในการรักษาพลังชีวิตและในการใช้แสงศักดิ์สิทธิ์จากสวรรค์ ซึ่งทักษะที่ใช้ในแผนที่คือ Healing เป็นทักษะที่สามารถรักษาพลังชีวิตของผู้เล่นได้หนึ่งคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.29 นักบวช

3.3.2 QR Code ที่ใช้ภายในเกม

QR Code ที่ใช้ภายในเกมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) QR Code ที่ใช้เป็นแผนที่ของเกมซึ่งเมื่อถอดรหัสแล้วจะได้ข้อมูลชนิดข้อความคือ #world_map#1

รูป 3.30QR Code แผนที่เกม

2) QR Code ที่ใช้เลือกอาชีพของตัวละครซึ่งจะมีด้วยกันสี่อาชีพดังนี้

2.1) อาชีพนักธนูเมื่อถอดรหัสออกมาจะได้ข้อมูลชนิดข้อความคือ char_archer#

รูป 3.31 QR Code นักธนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) อาชีพนักดาบเมื่อถอดรหัสออกมาจะได้ข้อมูลชนิดข้อความคือ char_swords#

รูป 3.32 QR Code นักดาบ

2.3) อาชีพนักเวทย์เมื่อถอดรหัสออกมาจะได้ข้อมูลชนิดข้อความคือ char_wizard#

รูป 3.33 QR Code นักเวทย์

2.4) อาชีพนักบวชเมื่อถอดรหัสออกมาจะได้ข้อมูลชนิดข้อความคือ char_circle#

รูป 3.34 QR Code นักบวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

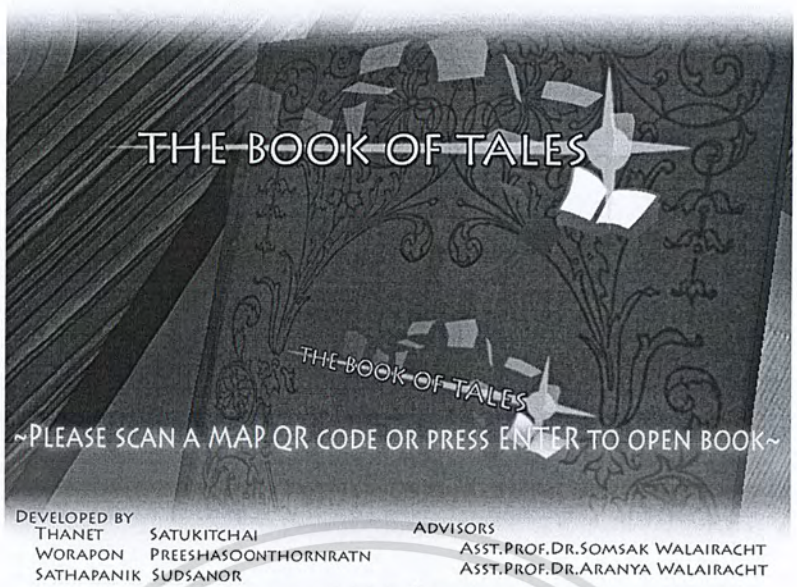
3) QR Code ที่เป็นตัวเลขในการเลือกคำสั่งของเกมซึ่งจะมีตั้งแต่เลข 0-9 ซึ่งเมื่อถอดรหัสมาแล้วจะได้ข้อความต่าง ๆ เรียงลำดับดังรูป 3.35

รูป 3.35 QR Code คำสั่ง 0 ถึง 9

3.3.3 วิธีการเล่นเบื้องต้น

1) เริ่มต้นเกมโดยการส่องกล้องไปยัง QR Code ที่เป็นแผนที่เกม ซึ่งจะปรากฏเป็นหนังสือเปิดออกมาเป็นแผนที่ของเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



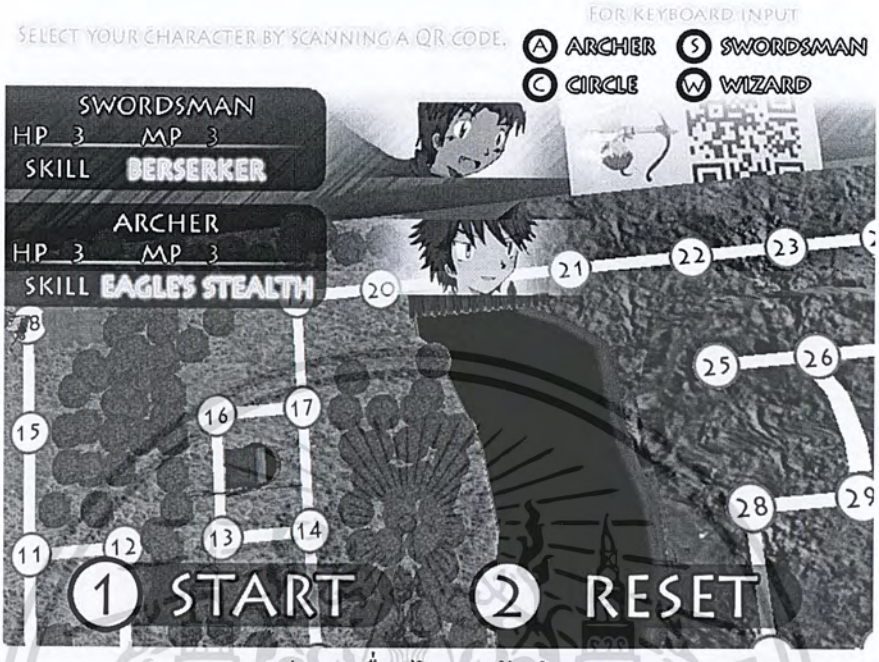
รูป 3.36 เริ่มเกม

2) จากนั้นจะมีการให้ผู้เล่นสแกน QR Code เพื่อเลือกตัวละครสำหรับการเล่นเกม ซึ่งตัวละครจะมีอยู่ 4 อาชีพ คือ นักธนู นักดาบ นักเวทย์ และนักบวช

รูป 3.37 สแกนโค้ดเพื่อเลือกอาชีพ

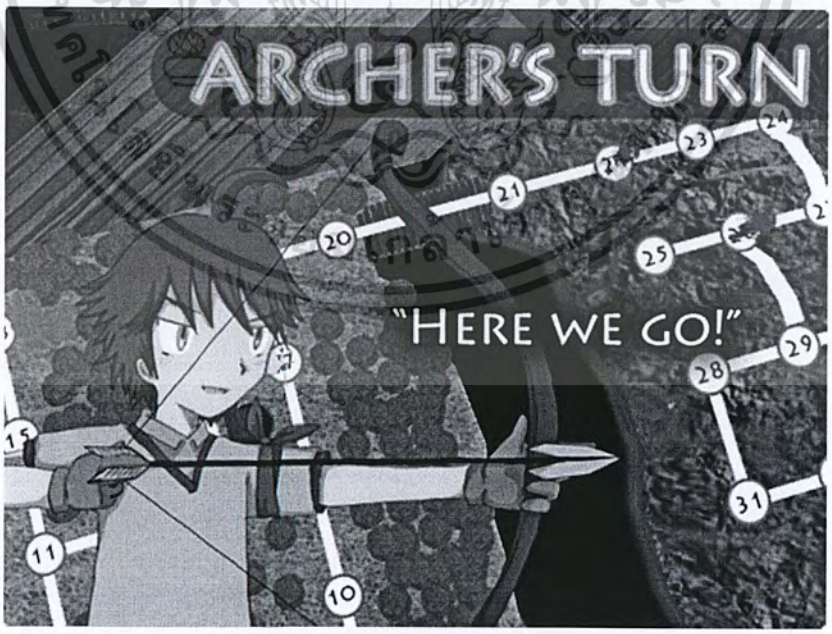
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อเลือกตัวละครตั้งแต่ 2 ถึง 4 ตัวละคร จะมีตัวเลือกให้ผู้เล่นสามารถเลือกเพื่อเข้าเริ่มเกม



รูป 3.38 เงื่อนไขการเข้าเล่นเกม

4) ตัวเกมจะวนให้ผู้เล่นสามารถเดินหรือใช้ความสามารถได้คนละหนึ่งครั้ง



รูป 3.39 เทิร์นของตัวละคร

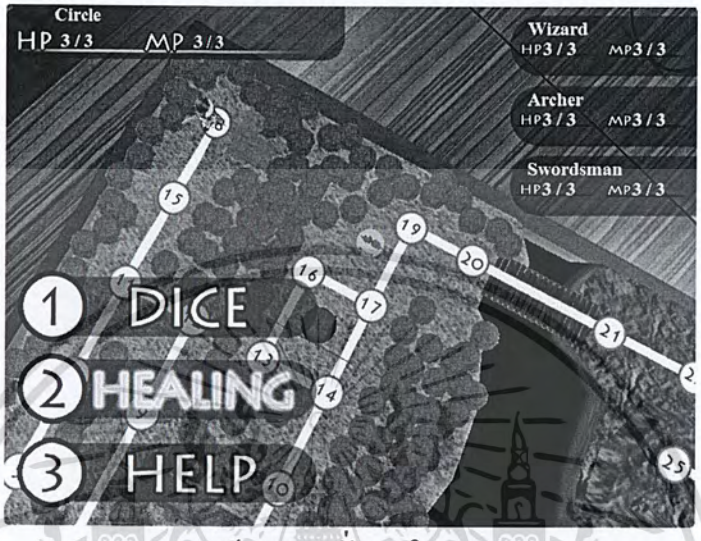
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เมื่อเกมวนมาถึงรอบของตนเองจะปรากฏคำสั่งในการเล่นเกม ซึ่งมีอยู่ 3 คำสั่ง คือ

5.1) Dice คือการโยนลูกเต๋าเพื่อให้ตัวละครเดิน

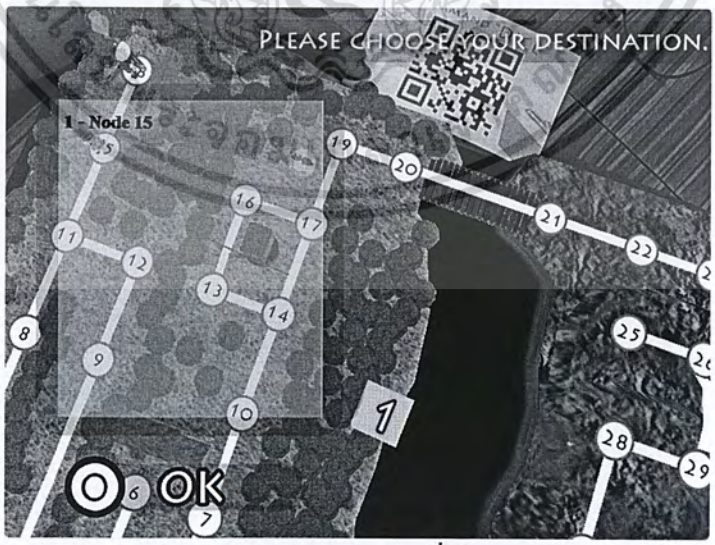
5.2) Skill คือการใช้สกิลของตัวละคร

5.3) Help คือการบอกเป้าหมายของเกม



รูป 3.40 คำสั่งภายในเกม

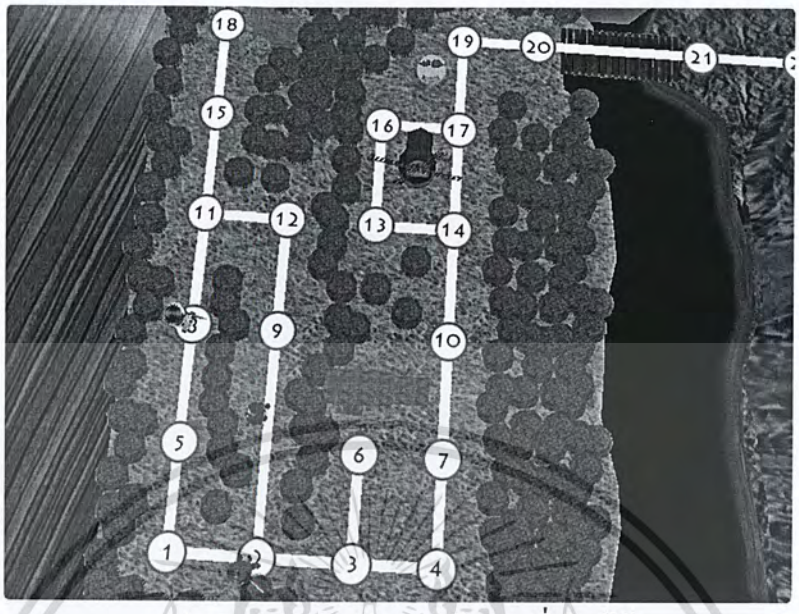
6) เมื่อผู้เล่นเลือกการโยนลูกเต๋า โดยนำ QR Code คำสั่ง dice มาส่องที่กล้องก็จะปรากฏการทอยลูกเต๋าเพื่อกำหนดจำนวนช่องการเดิน จากนั้นจะมีเส้นทางการเดินที่เป็นไปได้มาให้ผู้เล่นเลือกเดิน



รูป 3.41 เลือกช่องทางเดินเมื่อโยนลูกเต๋า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เมื่อผู้เล่นเลือกเส้นทางได้ ตัวละครก็จะเดินไปยังจุดหมายที่ได้เลือกไว้



รูป 3.42 ตัวละครเดินตามเส้นทางที่เลือกไว้

8) หรือถ้าผู้เล่นเลือกการใช้ทักษะ ก็จะต้องนำ QR Code คำสั่งทักษะของแต่ละอาชีพมาส่อง ซึ่งทักษะของตัวละครแต่ละตัวจะแตกต่างกันไป

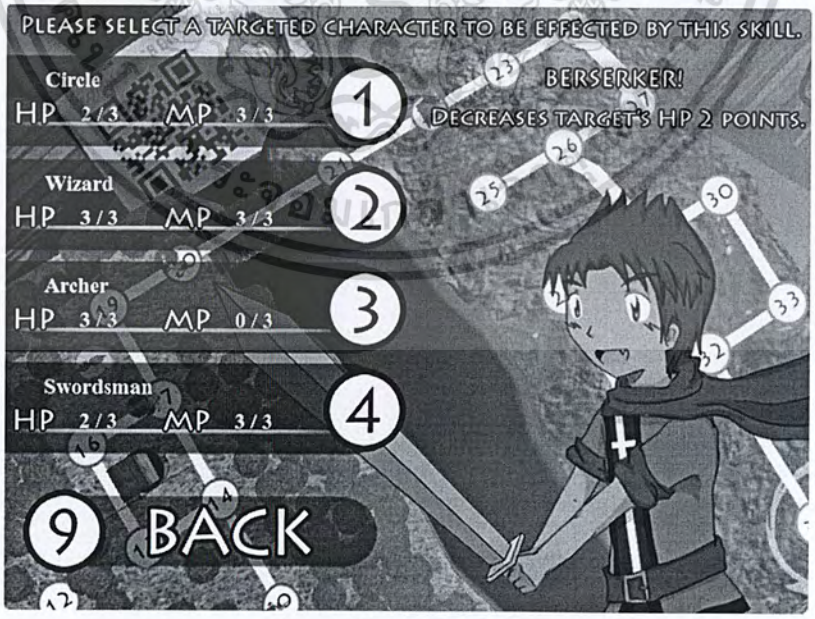
รูป 3.43 ส่อง QR Code เพื่อใช้ทักษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) นักธนูจะใช้ทักษะ Eagle's Stealth เป็นทักษะที่ลดค่าพลังชีวิตของเป้าหมาย 1 หน่วย และเพิ่มค่าพลังชีวิตของตัวเอง 1 หน่วย

รูป 3.44 ทักษะของนักธนู

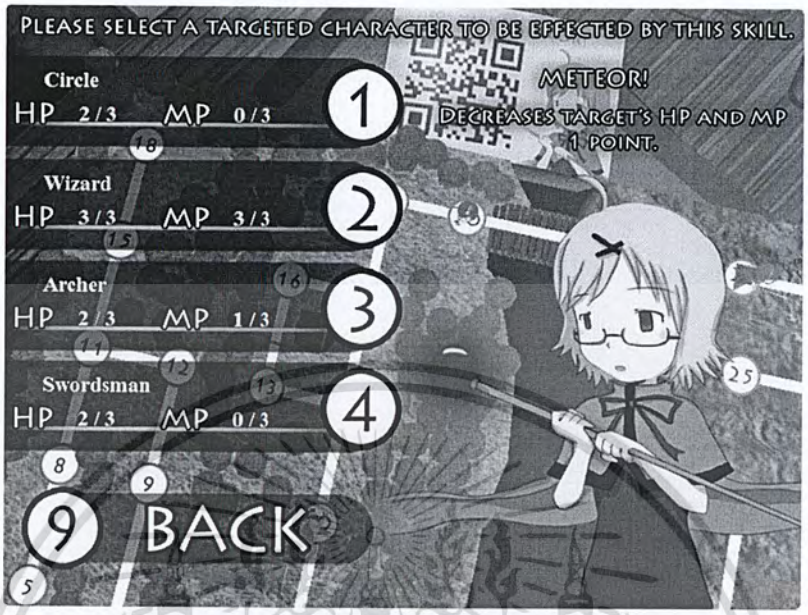
10) นักดาบจะใช้ทักษะ Berserker ซึ่งเป็นทักษะในการลดค่าพลังชีวิตเป้าหมายลง 2 หน่วย



รูป 3.45 ทักษะของนักดาบ

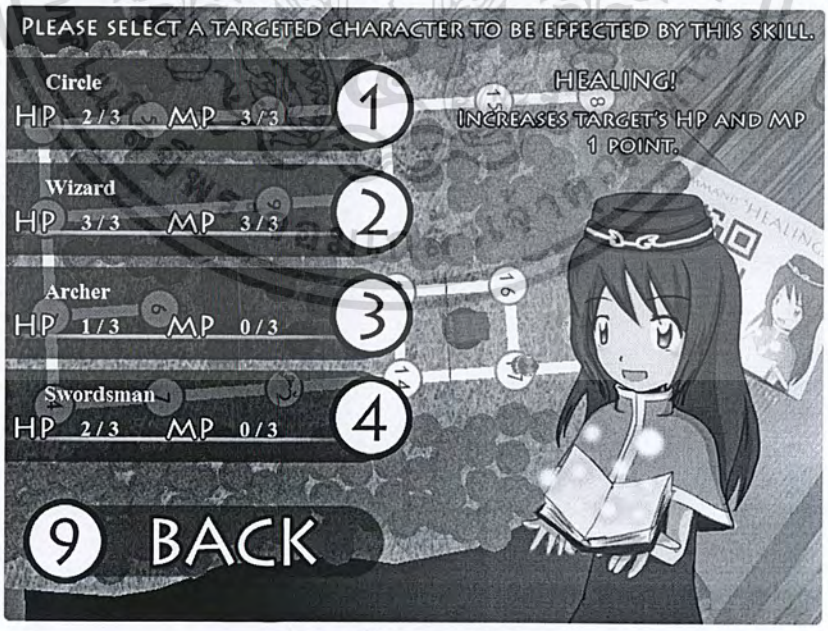
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) นักเวทย์จะใช้ทักษะ Meteor ซึ่งเป็นทักษะที่ใช้ในการลดค่าพลังชีวิตและพลังเวทย์มนต์ลงอย่างละ 1 หน่วย



รูป 3.46 ทักษะของนักเวทย์

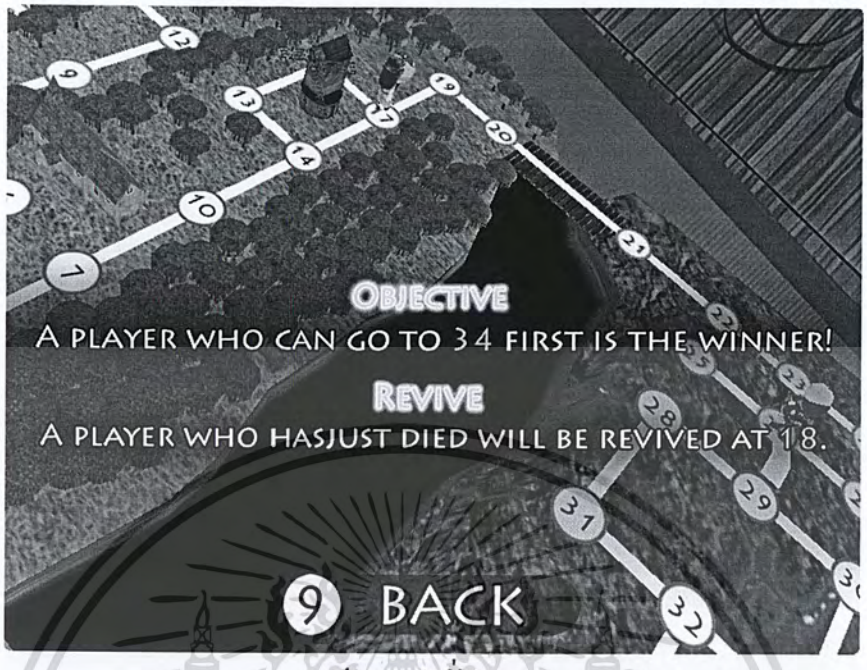
12) นักบวชมีทักษะคือ Healing เป็นทักษะที่ใช้ในการเพิ่มค่าพลังชีวิตและค่าพลังเวทย์มนต์ขึ้นอย่างละ 1 หน่วย



รูป 3.47 ทักษะของนักบวช

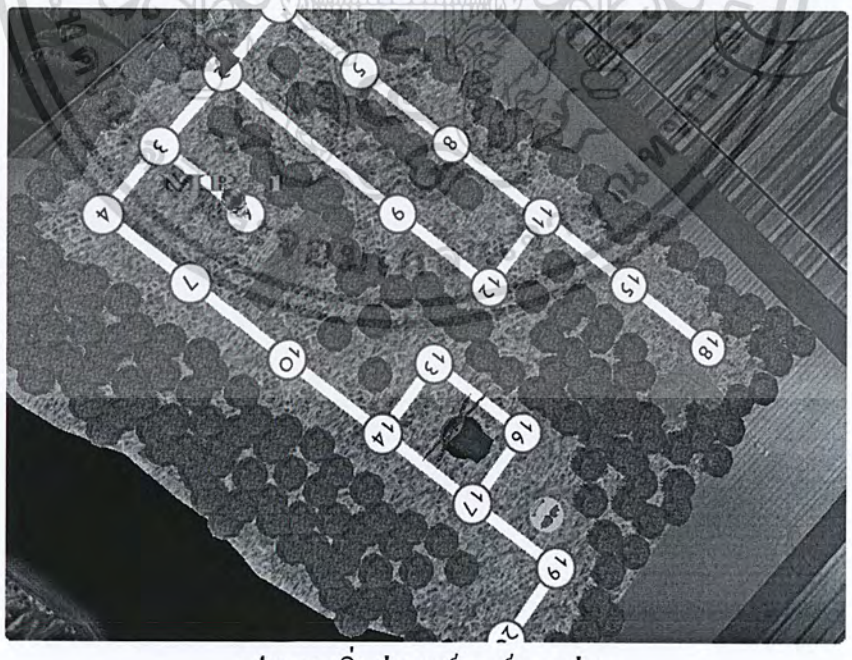
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) คำสั่งที่ 3 จะเป็นคำสั่ง Help ซึ่งเป็นคำสั่งในการบอกถึงเป้าหมายหลักของเกม



รูป 3.48 คำสั่ง Help

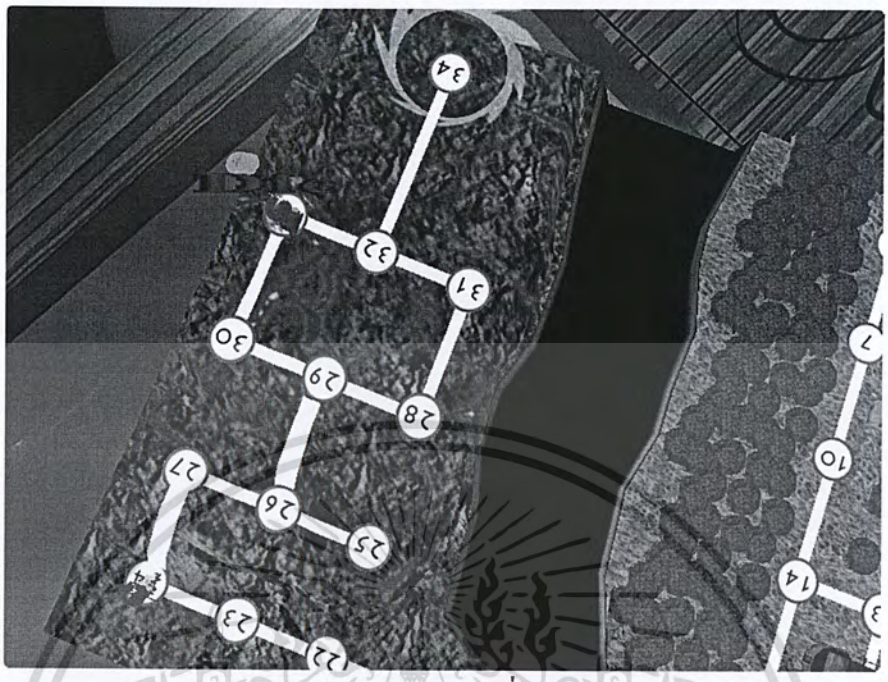
14) โดยในแต่ละรอบของผู้เล่นจะมีการเพิ่มค่าพลังเวทย์มนต์อัตโนมัติ 1 หน่วย จนกว่าจะมีค่าพลังเวทย์มนต์เต็ม



รูป 3.49 เพิ่มค่าเวทย์มนต์ 1 หน่วย

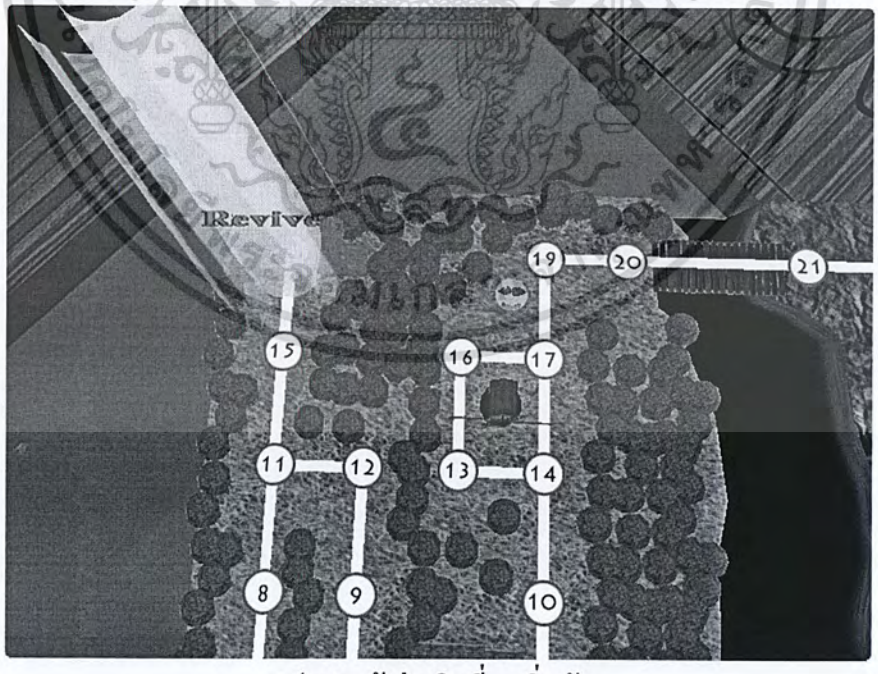
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) ถ้ามีการตายเกิดขึ้นก็จะมีข้อความบ่งบอกว่าตัวละครนั้นได้ตายไปแล้ว



รูป 3.50 ข้อความเมื่อตาย

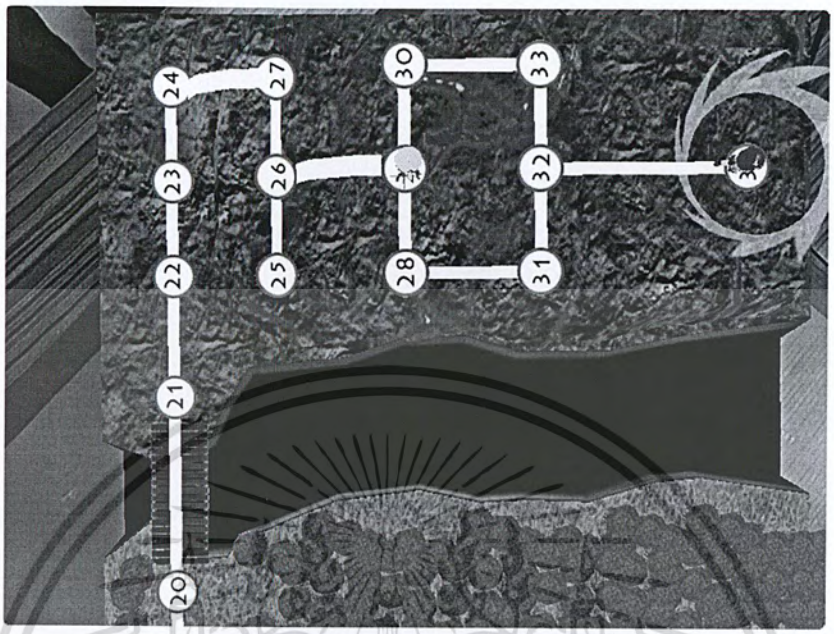
16) โดยผู้เล่นจะเริ่มเกิดที่จุดเริ่มต้นตอนต้นเกมใหม่ในตาต่อมาของผู้เล่น



รูป 3.51 ผู้เล่นเกิดที่จุดเริ่มต้น

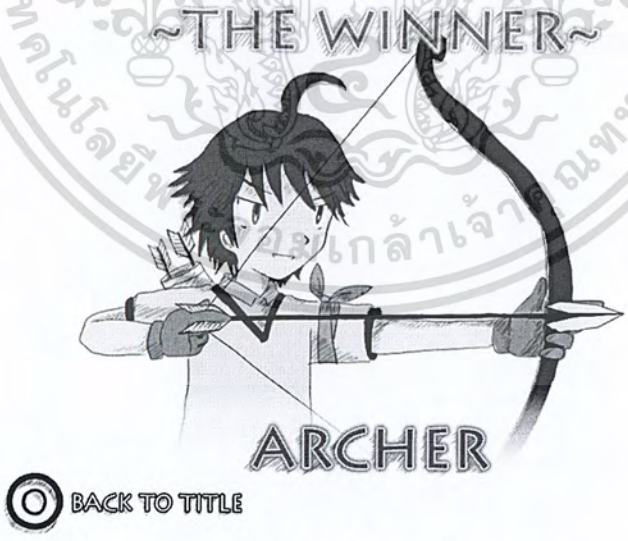
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) เมื่อตัวละครตัวใดตัวหนึ่งเดินไปถึงยังตำแหน่งที่ 34 ซึ่งเป็นตำแหน่งสิ้นสุดของเกม ได้ ก็จะจบเกม



รูป 3.52 ตัวละครเดินไปจนสุดทาง

18) โดยเมื่อจบเกมจะปรากฏฉากตอนจบของตัวละครนั้น ๆ

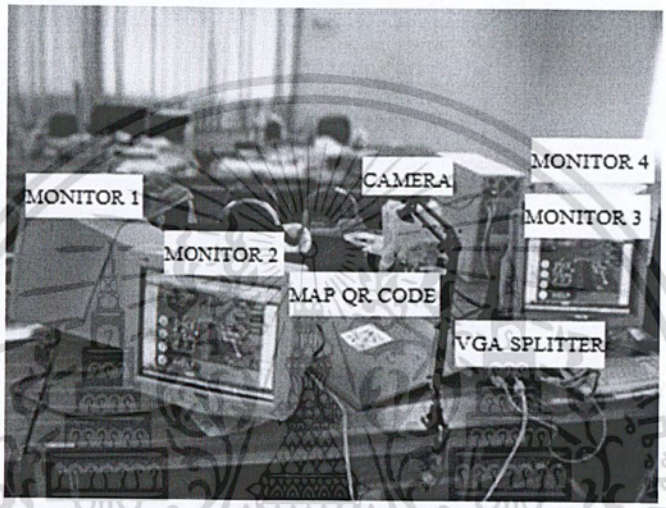


รูป 3.53 ฉากจบของตัวละคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 เงื่อนไขสภาพแวดล้อมของเกม

1) ต้องอยู่ภายในที่ร่มหรือห้องที่มีประตูปิดและมีแสงสว่างเพียงพอในการมองเห็น
2) กล้องจะต้องส่องในมุมด้านบนและเอียงไม่เกิน 45 องศาของโค้ด
3) กล้องจะต้องไม่ห่างเกินจาก QR Code เกินหนึ่งฟุต
4) ภาพรวมของการเล่นจะเป็นการประมวลผลข้อมูลไปยังจอ 4 จอดังรูปด้านล่างนี้



รูป 3.54 ภาพรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
บทสรุปและวิจารณ์

4.1 บทสรุป

จากการศึกษาการสร้างเกมคอมพิวเตอร์ ที่เป็นแนวเกมกระดานที่เล่นตามบทบาทของตัวละคร (Role-Playing Board Game) โดยใช้เทคโนโลยี Augmented Reality และใช้ QR Code เป็น AR marker และมีการประมวลผลแบบเรียลไทม์นั้น กลุ่มของเราได้ทำการทดลองเขียนแอพพลิเคชั่นเกมแบบ 3 มิติอย่างง่าย เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางการนำเอาเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง

4.2 ปัญหาอุปสรรค

1) ปัญหาในการรวมการแสดงผลภาพวิดีโอเข้ากับภาพสามมิติ เนื่องจากใช้ไลบรารี่หลายตัวร่วมกัน
2) ปัญหาในการแปลงตำแหน่งสามมิติที่วัดได้จากการตรวจจับ QR Marker จากกล้องวิดีโอไปเป็นตำแหน่งสามมิติที่แสดงในหน้าจอคอมพิวเตอร์ เนื่องจากใช้ระบบพิกัดต่างระบบกัน
3) การตรวจจับและหาพิกัดสามมิติของ QR Marker ใช้เวลาในการประมวลผลมาก ทำให้ความเร็วของตัวแอพพลิเคชั่นลดลงจนอาจส่งผลกระทบต่อการแสดงผลแบบเรียลไทม์

4.3 แนวทางการแก้ไข

1) แปลงรูปแบบของข้อมูลจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ไลบรารี่สามารถเข้าใจและใช้ร่วมกันได้
2) ทำการคำนวณแปลงพิกัดให้สามารถแสดงตำแหน่งของวัตถุบนหน้าจอได้ถูกต้อง
3) ตัดการคำนวณ Marker ที่มีขนาดเล็กเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ทำให้ประหยัดเวลาในการคำนวณลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้