สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

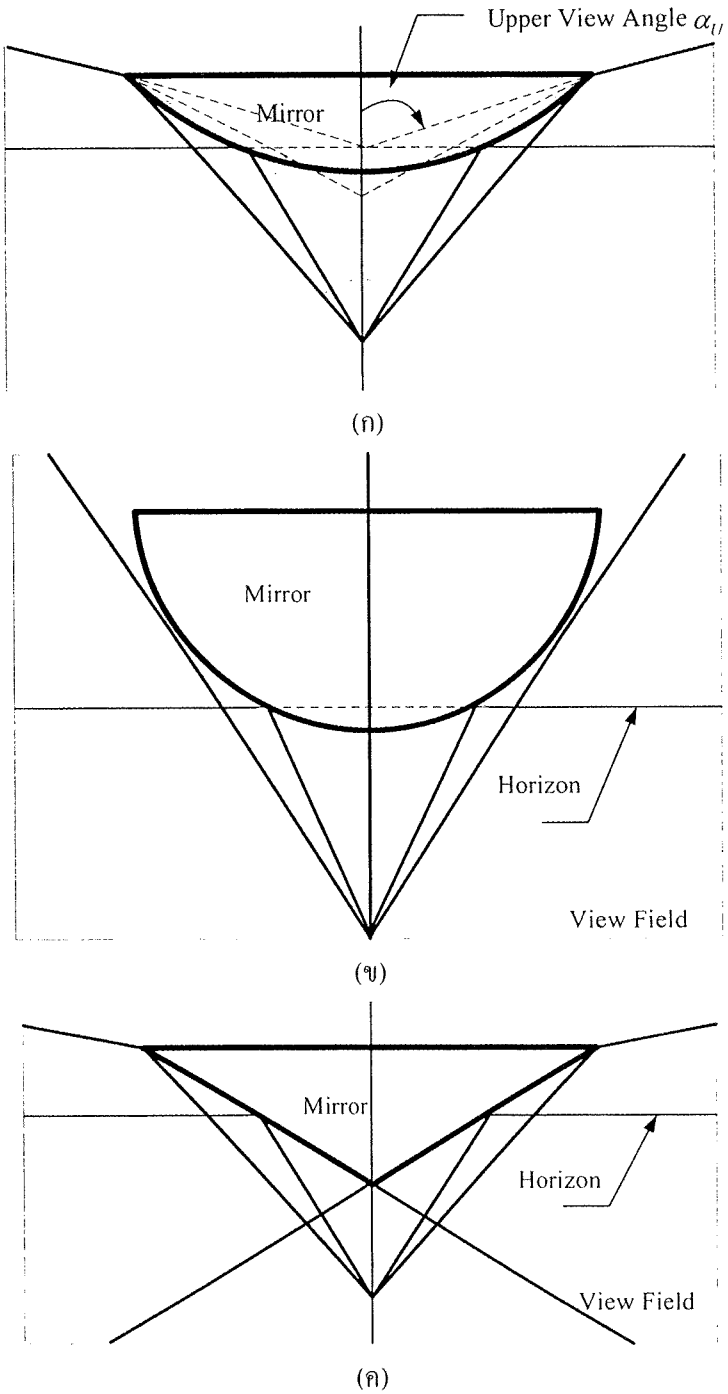
2.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวตรวจรู้แบบเลนส์ - กระจก ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม และมีการใช้กระบวนการไหลเชิงแสงช่วยในการบูรณะสภาวะแวดล้อมสามมิติ โดยตัวตรวจรู้แบบเลนส์ - กระจกที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยกล้อง 1 ตัวร่วมกับกระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลม 2 ตัว เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพได้รอบทิศและหาตำแหน่งของวัตถุได้ ระบบโครงข่ายประสาทเทียม ใช้ในการหาจุดสามมิติบนผิวกระจกและกระบวนการไหลเชิงแสงทำให้สามารถรู้ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบสามมิติได้ เนื้อหาในบนนี้นำเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวตรวจรู้แบบเลนส์ - กระจกที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการรับภาพแบบรอบทิศ ได้มีการค้นคว้าและพัฒนาวิธีการแบบใหม่ขึ้นอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ในงานวิจัยระยะเริ่มแรกได้มีการศึกษาการมุมมองภาพแบบรอบทิศ (Panorama) โดย Yagi and Kawato (1990) นำเสนอภาพรอบทิศทางโดยใช้การสะท้อนของกระจกโค้งทรงกรวย (Conic mirror) ร่วมกับกล้อง CCD 1 ตัวและสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ตัวตรวจรู้ชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า COPIS (Conic projection sensor) เพื่อนำมาใช้ในการหาช่องทางเดินของหุ่นยนต์ ซึ่งวิธีการในการหาตำแหน่งของวัตถุทำได้โดยการเคลื่อนที่ของกล้องและกระจกจากตำแหน่งที่เวลา t_1 ไปที่ตำแหน่งที่เวลา t_2 แล้วทำการวัดระยะการเคลื่อนที่และมุมแอซิมัทของจุด 2 จุดทั้งก่อนและหลังการเคลื่อนที่ โดยตำแหน่งของวัตถุจะคำนวณได้จาก triangulation แต่ข้อด้วยของกระจกโค้งทรงกรวยคือมีข้อจำกัดในการมองเห็น และไม่มีจุดโฟกัสของกระจกที่แน่นอน ดังนั้นจึงไม่สามารถแปลงภาพให้อยู่ในสัดส่วนที่สมบูรณ์ได้

ต่อมา Yagi and Kawato (1993) ได้นำเสนอกระจกโค้งรูปไฮเปอร์โบลา (Hyperbola mirror) ซึ่งให้ภาพบริเวณขอบภาพเหมือน COPIS แต่มีความละเอียดภาพบริเวณกลางภาพสูงเหมือนกระจกรูปโค้งรูปทรงกลม โดยเรียกตัวตรวจรู้ชนิดนี้ว่า HyperOmni Vision ซึ่งตัวตรวจรู้ชนิดนี้ได้นำมาใช้กับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ในสภาวะแวดล้อมที่ถูกสร้างขึ้น เช่น ในห้อง ระเบียงทางเดิน เป็นต้น โดย Yagi and Kawato (1993) ได้ใช้ HyperOmni Vision หาการฉายของเส้น (Projection of line) เพื่อใช้ในการหาเส้นขอบต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น ขอบประตู หรือขอบทางเดิน เป็นต้น นอกจากนี้ Yagi and Kawato (1993) ยังได้เสนอมุมมองของ HyperOmni Vision โดยเปรียบเทียบกับกระจกโค้งทรงกรวย และ กระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลม ซึ่งมุมมองของภาพแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



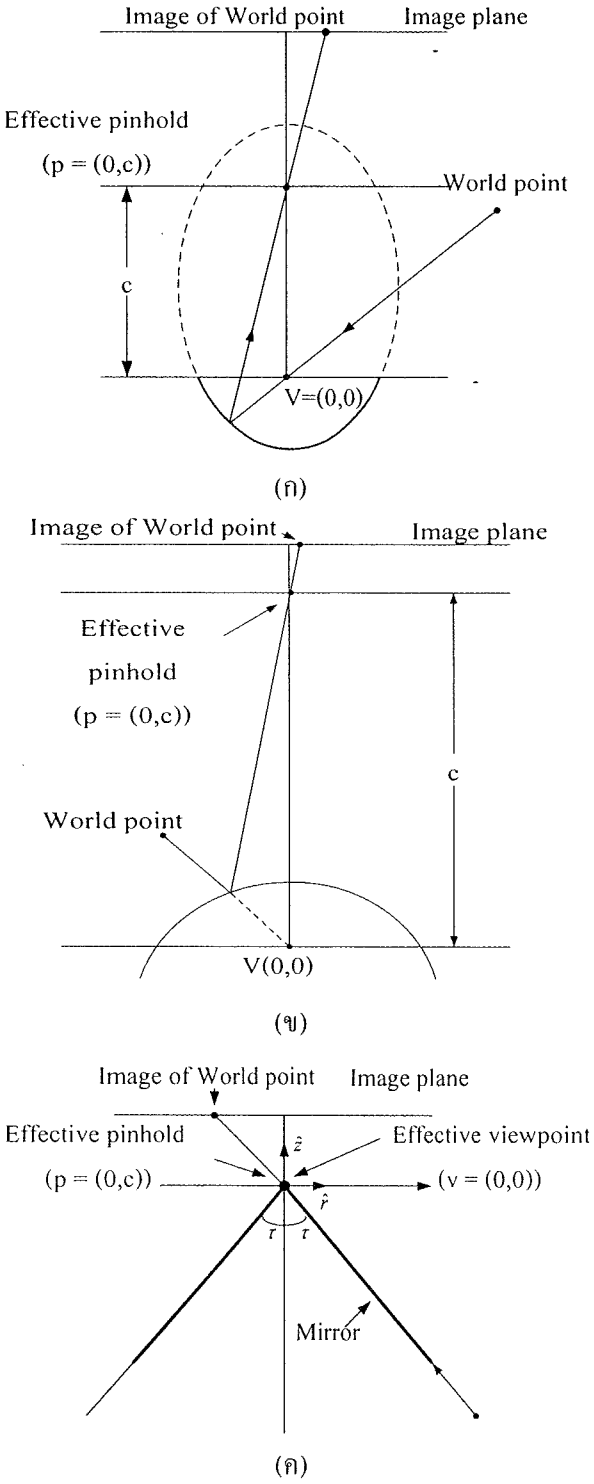
รูปที่ 2.1 มุมมองของกระจกแบบต่าง ๆ (ก) กระจกทรงไฮเปอร์โบลา (ข) กระจกทรงกลม (ค) กระจกทรงกรวย (Yagi and Kawato, 1993)

ต่อมากล้องตรวจจับแบบรอบทิศถูกออกแบบให้สามารถรองรับงานที่มีความหลากหลายมากขึ้น การเจริญเติบโตอันรวดเร็วของมัลติมีเดียทำให้ตัวตรวจรู้แบบรอบทิศได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม เป็นผลให้ระบบการมองเห็นโดยคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนามากขึ้นตามไปด้วย และหลังจากนั้น Baker and Nayar (1999) ได้นำเสนอประเภทของการสะท้อนของผิวกระจกโค้งโดยใช้กล้อง 1 ตัวและกระจก 1 ตัวโดยประเภทของรูปร่างของผิวกระจกจะกำหนดโดยสมการที่ (2.1) และสมการที่ (2.2)

$$\left(z-\frac{c}{2}\right)^2+r^2\left(1-\frac{k}{2}\right)=\frac{c^2}{4}\left(\frac{k-2}{k}\right)(k\geq 2) \tag{2.1}$$

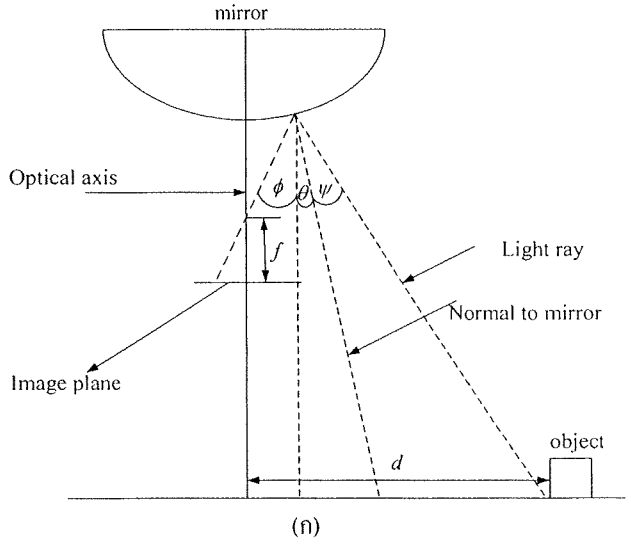
$$\left(z-\frac{c}{2}\right)^2+r^2\left(1+\frac{c^2}{2k}\right)=\left(\frac{2k+c^2}{4}\right)(k>2) \tag{2.2}$$

จากสมการที่ (2.1) และสมการที่ (2.2) กำหนดให้ $r=\sqrt{x^2+y^2}$ และ c เป็นระยะระหว่างรูกล้องถึงจุดโฟกัสของกระจกโค้ง ส่วนค่าของ k เป็นค่าคงที่ เมื่อค่า $k\geq 2$ และ $c=0$ สมการที่ได้จะเป็นสมการกระจกโค้งทรงกรวย ถ้า $k>0$และ $c=0$ สมการที่ได้จะเป็นสมการกระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลม ถ้า $k>0$ และ $c>0$ สมการที่ได้จะเป็นสมการกระจกโค้งทรงวงรี และเมื่อ $k>2$ และ $c>0$ สมการที่ได้จะเป็นสมการกระจกโค้งทรงไฮเปอร์โบลา โดยแบบจำลองระบบการมองเห็นรอบทิศด้วยตัวตรวจรู้แบบเลนส์ - กระจก ด้วยกระจกโค้งแบบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (Baker and Nayar,1999)



รูปที่ 2.2 กระจกโค้งแบบต่าง ๆ (ก) ทรงวงรี (ข) ทรงไฮเปอร์โบลา (ค) ทรงกรวย

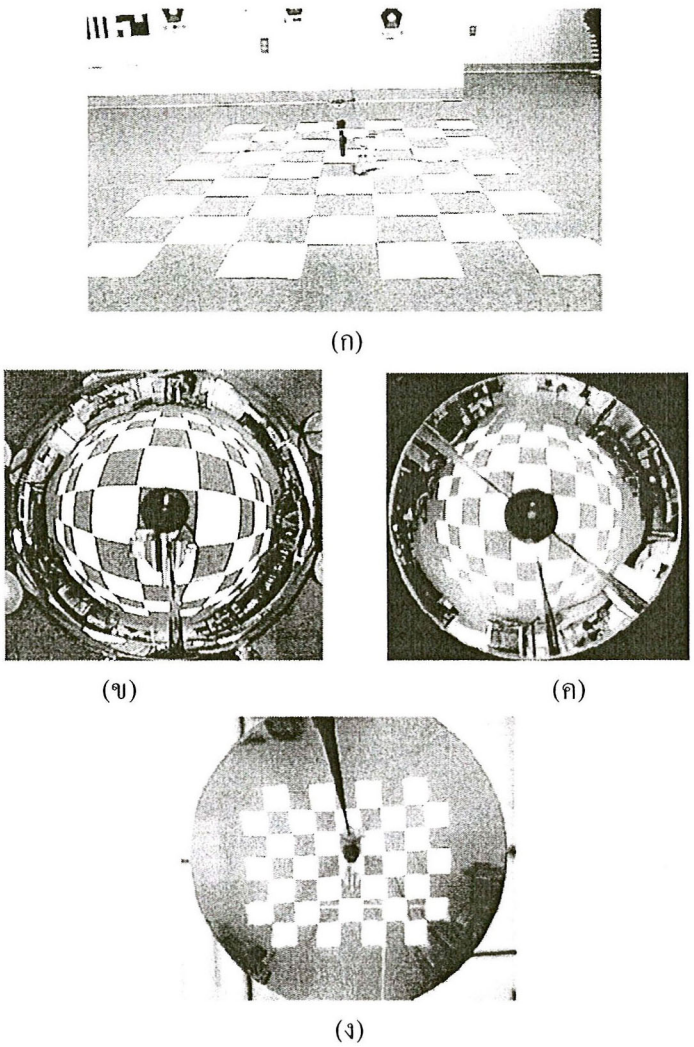
หลังจากนั้น Hicks and Bajcsy (2001) นำเสนอสมการเชิงอนุพันธ์เพื่อใช้ในการหาพื้นผิวแบบตัดขวางของกระจกโค้งโดยสมการเชิงอนุพันธ์นี้จะแบ่งได้ 2 ลักษณะตามการสะท้อนของผิวกระจกโค้งโดยแบ่งได้ คือการสะท้อนซึ่งตัดกับจุดโฟกัส (Perspective) และการสะท้อนแบบตั้งฉาก (Orthographic) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยสมการเชิงอนุพันธ์จะอยู่ในฟังก์ชันระยะห่างของวัตถุถึงแกนเชิงแสง (Optical axis)



รูปที่ 2.3 การสะท้อนของผิวกระจกโค้ง (ก) การสะท้อนซึ่งตัดกับจุดโฟกัส และ (ข) การสะท้อนแบบตั้งฉาก (Hicks and Bajcsy, 1999)

ภาพที่ได้ในกระจกโค้งจะมีความผิดเพี้ยนไปจากวัตถุจริง และจะใช้สมการเชิงอนุพันธ์ในการแปลงตารางปรับเทียบซึ่งอยู่บนพื้นราบ ที่สะท้อนจากผิวของกระจกโค้ง เพื่อให้ได้ภาพที่ใกล้เคียงกับภาพที่ได้จาก

กล้อง ถึงแม้พื้นผิวของกระจกจะแตกต่างกัน ภาพที่ได้ก็จะเหมือนกัน โดยในการทดลองได้ใช้กระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลมกับกระจกโค้งทรงพาราโบลา ดังรูปที่ 2.4 โดยผลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ได้กับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ ในแง่ของการควบคุมและประมาณระยะของวัตถุได้

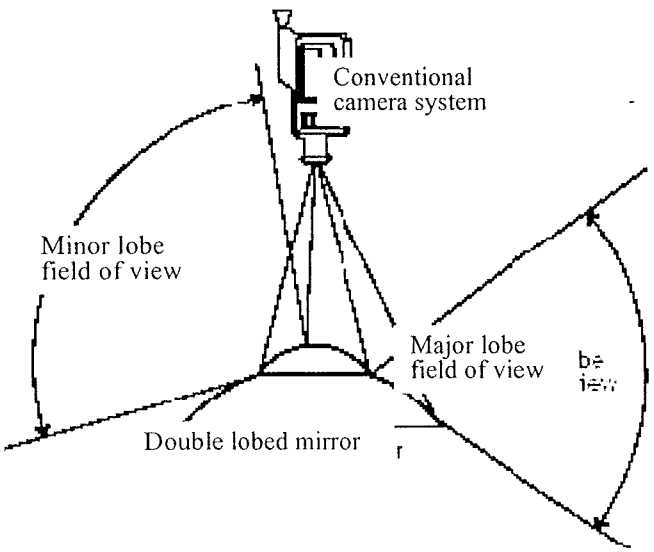


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 2.4 ผลการใช้สมการเชิงอนุพันธ์กับกระจกโค้ง (ก) ตารางปรับเทียบ (ข) ภาพที่ได้จากกระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลม (ค) ภาพที่ได้จากกระจกโค้งรูปพาราโบลา (ง) ภาพหลังจากใช้สมการเชิงอนุพันธ์ในการแปลงตารางปรับเทียบ (Hicks and Bajcsy, 1999)

Fiala and Basu (2002) ได้ใช้กระจกโค้งรูปครึ่งทรงกลม 2 ตัว ซ้อนกันโดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน เพื่อให้สามารถหาตำแหน่งของวัตถุในสามมิติได้โดยใช้การคำนวณเชิงเรขาคณิต ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแยกฉากหลัง (Feature extraction) ของภาพโดยเส้นในแนวนอนสามารถหาได้จาก

การแปลงภาพมุมกว้างแบบเฮาท์ (Panoramic hough transform) และเส้นในแนวตั้งสามารถหาได้จากเส้นรัศมีซึ่งจะใช้วิธีการนี้กับกระจกโค้งทั้ง 2 ตัว เมื่อนำข้อมูลที่ได้มารวมกันจะได้ตำแหน่งของวัตถุในสามมิติ โดยวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ได้จริงทั้งในสภาวะแวดล้อมจริงและสภาวะแวดล้อมจำลอง ซึ่งแบบจำลองระบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แบบจำลองระบบกระจกของ Fiala and Basu (2002)

Kim and Suga (2007) นำเสนอการใช้กระจกโค้งรูปไฮเปอร์โบลาร่วมกับการไหลเชิงแสงเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ในงานวิจัยนี้ได้นำค่าของเวกเตอร์ FOE (Focus of expansion) และเวกเตอร์ FOC (Focus of contraction) เพื่อประมาณค่าการไหลเชิงแสงทั้งในภาพจากกระจกโค้งและภาพมุมกว้าง (Panoramic image) โดยเวกเตอร์ FOE และเวกเตอร์ FOC นั้นจะใช้เป็นเวกเตอร์อ้างอิงสำหรับการหาค่าการไหลเชิงแสงที่เกี่ยวข้อง ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการทดสอบนั้นทำได้โดยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 4 ทิศทาง ได้แก่ เคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหมุนรอบ ๆ ซึ่งผลของการทดสอบระบบโดยใช้ภาพจากการเคลื่อนที่จริง พบว่าสามารถตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในงานวิจัยนี้มีจุดที่จะต้องปรับปรุงคือ การลดการสั่นสะเทือนเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่