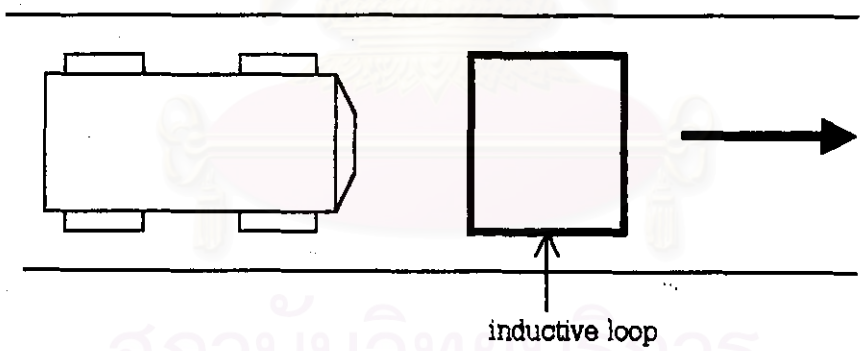
บทที่ 2
ประเภทของตัวตรวจวัดที่ใช้ในการจราจร

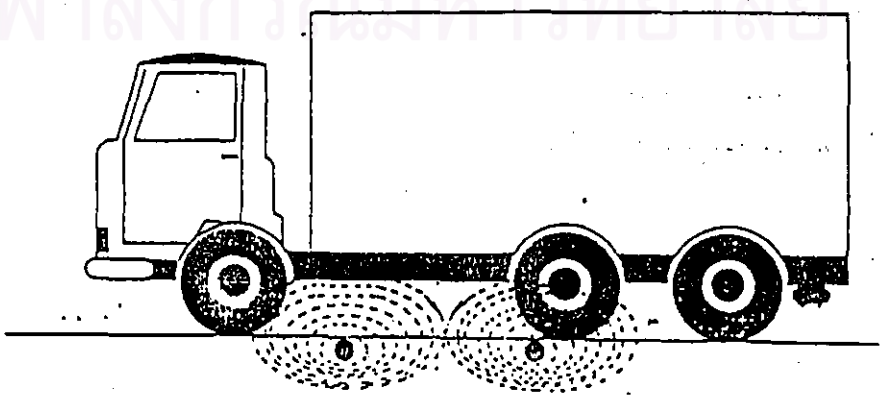
การพัฒนาตัวตรวจวัดที่ใช้ในงานจราจรได้มีการพัฒนากันมานานแล้ว [4] และมีการพัฒนาต่อ ๆ กันมาจนมีรูปแบบต่าง ๆ กันมากมาย [5] อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาในยุคแรก ๆ มีวัตถุประสงค์เพียงแต่ต้องการตรวจนับจำนวนยานพาหนะที่ผ่านเข้ามาในบริเวณที่กำหนดเท่านั้น ในระยะต่อมาจึงได้พัฒนาต่อเนื่องกันมาจนสามารถใช้ตัวตรวจวัดต่าง ๆ มาประกอบกันเพื่อใช้ในการแบ่งประเภทยานพาหนะได้ด้วย ตัวตรวจวัดสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1 ประเภทใช้ความเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก [3], [4]

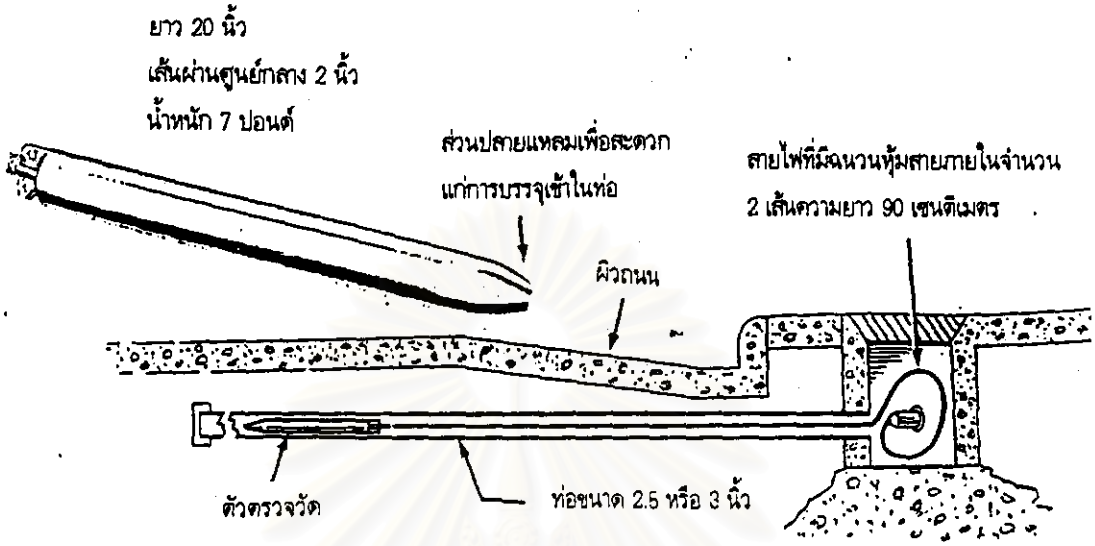
ตัวตรวจวัดประเภทนี้มีหลายลักษณะ ลักษณะที่ธรรมดาที่สุดคือแบบที่เป็นขดลวดม้วนเป็นวงสี่เหลี่ยม (inductive loop) ขนาดประมาณ 6 X 6 ฟุตฝังไว้ใต้ผิวการจราจรและมีวงจรออสซิลเลเตอร์ป้อนสัญญาณความถี่ค่าหนึ่งให้แก่ขดลวด เมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของตัวขดลวดเปลี่ยนไป ค่าความเหนี่ยวนำที่เปลี่ยนจะทำให้ค่าของความถี่เปลี่ยนไป จึงทำให้สามารถตรวจวัดการผ่านเข้าออกของยานพาหนะได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ตัวตรวจวัดที่ใช้หลักการของความเหนี่ยวนำแบบขดลวด



รูปที่ 2.2 ภาพสนามแม่เหล็กจากขดลวดที่ฝังอยู่ที่พื้นผิวการจราจร



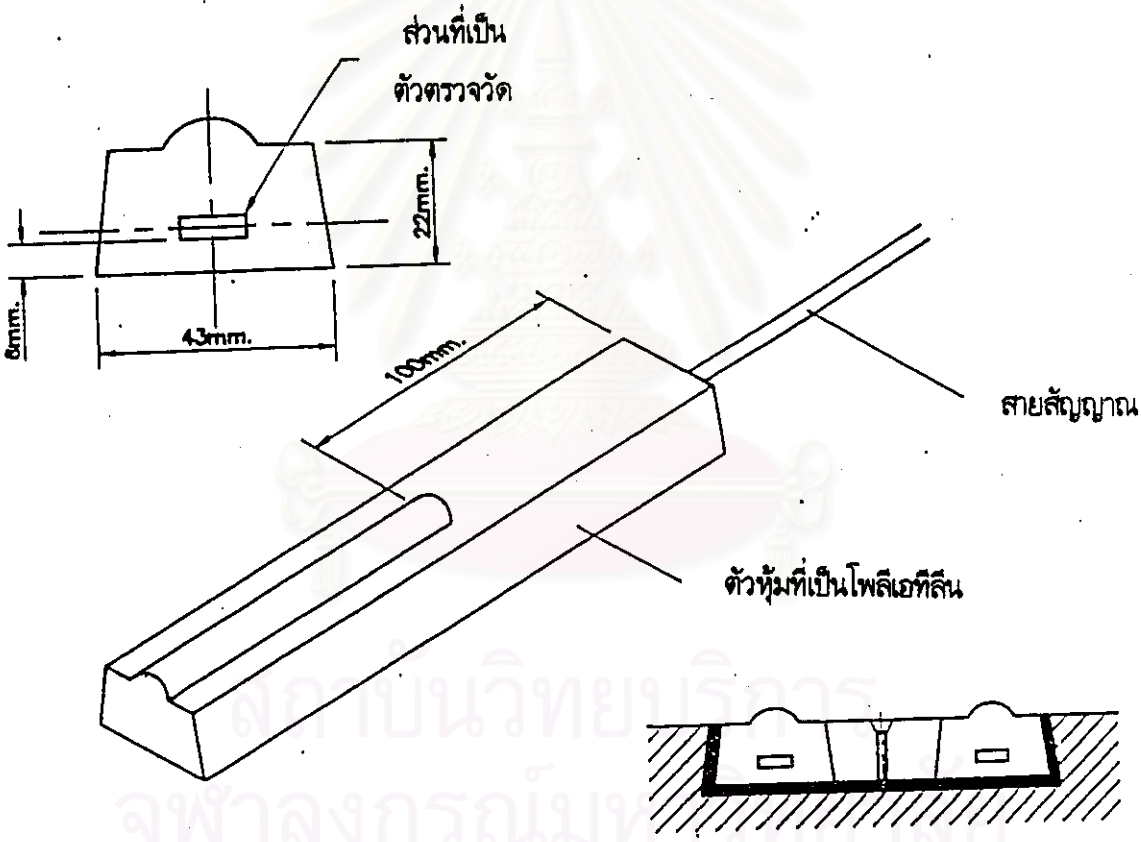
รูปที่ 2.3 ตัวตรวจวัดความเหนี่ยวนำแบบแท่ง

ในอีกลักษณะหนึ่งคือตัวตรวจวัดจะมีรูปร่างเป็นแท่งมีสายสัญญาณออกมาจากตัวตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 2.3 วิธีการใช้งานตัวตรวจวัดชนิดนี้จะถูกฝังไว้ใต้พื้นผิวการจราจรเช่นเดียวกัน หลักการของตัวตรวจวัดในลักษณะนี้จะใช้หลักการของการวัดค่าสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กโลก คือเมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในบริเวณที่ตรวจวัด ก็จะทำให้รูปแบบของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของยานพาหนะได้ ตัวตรวจวัดลักษณะนี้จะมี 2 แบบย่อยคือ แบบ magnetic detector probe ใช้หลักการของการวัดความเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กโลก มีรูปร่างเป็นแท่งกลมยาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 นิ้วความยาวประมาณ 21 นิ้ว ตัวตรวจวัดอีกแบบหนึ่งที่ใช้หลักการคล้ายกันคือ magnetometer probe ที่ใช้หลักการของการวัดความเปลี่ยนแปลงค่าของสนามแม่เหล็กโลกเมื่อมีโลหะเคลื่อนที่มาใกล้ ๆ มีขนาดเล็กกว่าแบบแรกมากคือ เป็นแท่งกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้วและมีความยาวไม่เกิน 4.25 นิ้ว ตัวตรวจวัดแบบหลังนี้จะเหมาะกับพื้นผิวการจราจรในส่วนที่ไม่สามารถขุดเจาะลึก ๆ ได้เช่น บริเวณสะพาน เป็นต้น

ปัจจุบันมีการใช้งานตัวตรวจวัดประเภทนี้อย่างแพร่หลายกับงานต่าง ๆ หลายประเภท [6] ทั้งในงานการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ [4] และในระบบที่มีการเก็บเงินค่าผ่านทาง เช่น ในระบบทางด่วนที่บริษัททางยกระดับดอนเมือง จำกัด (มหาชน) [7] เป็นต้น

2.2 ประเภทที่ใช้การกดทับ (Treadle)

ตัวตรวจวัดประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นแท่งหรือเส้น ทำด้วยวัสดุหยุ่นมีหลายแบบ การใช้งานจะฝังตัวตรวจวัดไว้ที่พื้นผิวการจราจร ให้พื้นผิวด้านบนยื่นพ้นพื้นผิวการจราจรเล็กน้อย และจะวางตัวขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านก็จะมีการกดทับลงบนตัวตรวจวัด ซึ่งเปรียบเสมือนกับการกดสวิตช์ ทำให้สามารถนับจำนวนเพลารถได้ ตัวตรวจวัดประเภทนี้มีการพัฒนาต่อ ๆ กันมา ในระยะแรกจะเป็นลักษณะท่อยางกลวงเรียกว่า road tube ทำงานโดยใช้หลักการของแรงดันอากาศเมื่อมีน้ำหนักมากดทับก็จะให้แรงดันอากาศออกมาหนึ่งครั้ง แบบต่อ ๆ มาจะเป็นลักษณะแท่งยางตันที่ผลิตจากสารโพลิเมอร์ และใช้หลักการของความต้านทานของเนื้อสารที่เปลี่ยนไปเมื่อมีน้ำหนักมากดทับ โดยทั่วไปแล้วจะให้ค่าความต้านทานลดลงจนใกล้ศูนย์เมื่อมีน้ำหนักมากดทับ ตัวตรวจวัดที่ใช้หลักการนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเพราะมีราคาค่อนข้างถูกกว่าตัวตรวจวัดแบบอื่น ๆ ในประเภทเดียวกัน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของตัวตรวจวัดประเภทที่ใช้การกดทับ

ในระยะต่อมาได้มีการพัฒนาตัวตรวจวัดประเภทนี้โดยมีการใช้สารพวก PVDF (polyvinylidene fluoride) และสารพวก PZT (lead zirconate titanate) มาใช้แทนสารโพลิเมอร์ [8], [9] ตัวตรวจวัดที่ใช้สารเหล่านี้นอกจากจะมีเกิดเปลี่ยนแปลงเมื่อมีน้ำหนักมากดทับแล้ว ค่าการเปลี่ยนแปลงนี้ยังเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักที่กดทับอีกด้วย ดังนั้นจึงทำให้ตัวตรวจวัดที่ได้สามารถใช้งานได้กว้างกว่า คือนอกจากจะใช้ในการนับจำนวนเพลาแล้ว ยังสามารถใช้ในการวัดน้ำหนักยานพาหนะได้อีกด้วย สัญญาณการเปลี่ยนแปลงที่ได้จะถูกส่งออกมาในรูปของแรงดัน ดังนั้นตัวตรวจวัดชนิดนี้จึงสามารถนำไปใช้ในการวัดน้ำหนักรถแบบ WIM

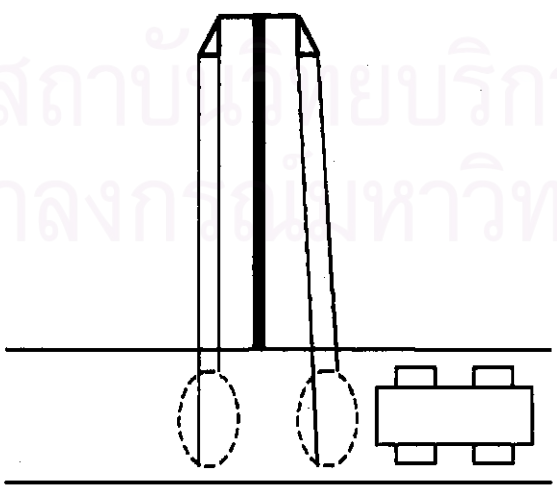
(weight-in-motion) คือการวัดน้ำหนักที่ไม่ต้องให้ยานพาหนะจอดนิ่งอยู่กับที่ และยังสามารถใช้ในการแยกประเภทของล้อยานพาหนะแบบล้อเดี่ยวและแบบล้อคู่ได้อีกด้วย [10], [11], [12], [13]

2.3 ประเภทที่ใช้วัดด้วยเสียง

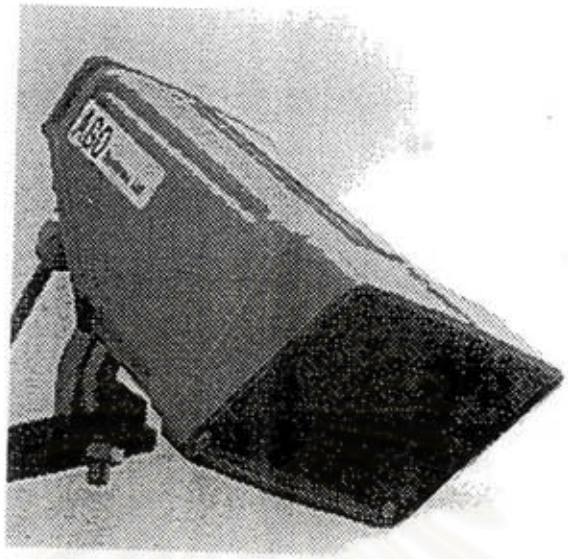
ตัวตรวจวัดประเภทนี้ในสมัยแรก ๆ ใช้วิธีการนับเสียงจากแตรของยานพาหนะ [4] โดยให้ยานพาหนะที่วิ่งผ่านบริเวณที่จะตรวจนับกดแตรทุกครั้งที่วิ่งผ่าน ต่อมามีการพัฒนาโดยใช้เครื่องสร้างสัญญาณเสียงระดับอัลตราโซนิกส่งสัญญาณเสียงออกไปแล้ววัดสัญญาณเสียงที่สะท้อนกลับมา [5] ในปัจจุบันมีการผลิตตัวตรวจวัดที่ใช้หลักการนี้ออกมาในเชิงพาณิชย์แล้ว [14] ตัวตรวจวัดดังกล่าวมีความสามารถในการนับจำนวนยานพาหนะที่วิ่งอยู่ในแต่ละช่องทางได้ รวมทั้งมีความสามารถในการแบ่งประเภทยานพาหนะได้อย่างหยาบ ๆ เช่น สามารถแยกออกระหว่างรถเก๋ง รถบรรทุกหนัก หรือรถประจำทาง เป็นต้น

2.4 ประเภทใช้แสงอินฟราเรด

หลักการของตัวตรวจวัดประเภทนี้คือการส่งแสงอินฟราเรดไปในบริเวณที่จะตรวจวัด วัดแสงสะท้อนกลับที่ได้ ถ้ามีวัตถุวิ่งผ่านเข้ามาในบริเวณที่ตรวจวัด แสงสะท้อนที่ได้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ตรวจวัดได้ว่ามีวัตถุผ่านเข้ามาในบริเวณนั้น จากการติดตั้งตัวตรวจวัดจำนวน 2 ตัวจะทำให้สามารถวัดค่าความเร็วและความยาวของยานพาหนะได้ [15],[16] ตัวตรวจวัดชนิดนี้มีการผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์แล้วเช่นกัน [17] แต่ว่ายังมีราคาค่อนข้างสูงอยู่ ตัวตรวจวัดประเภทนี้จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบพาสซีฟเป็นแบบที่ไม่ส่งแสงอินฟราเรดออกมา แต่ตัวตรวจวัดจะตรวจจับรังสีความร้อนที่ได้จากยานพาหนะที่วิ่งเข้ามาในบริเวณที่ตรวจวัดแทน แบบที่สองคือแบบแอกทีฟเป็นแบบที่ตัวตรวจวัดส่งแสงอินฟราเรดออกมาแล้ววัดแสงสะท้อนกลับ



รูปที่ 2.5 การติดตั้งตัวตรวจวัดแบบอินฟราเรด



รูปที่ 2.6 ตัวตรวจวัดแบบอินฟราเรดที่ผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์

2.5 ประเภทใช้สัญญาณไมโครเวฟ

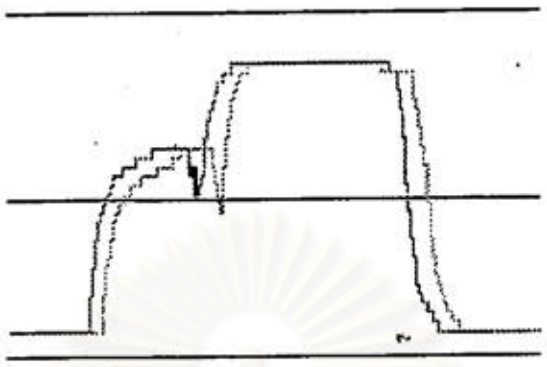
หลักการของตัวตรวจวัดประเภทนี้จะใช้หลักการของการวัดสัญญาณที่สะท้อนกลับเช่นเดียวกัน โดยจะส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงมาก (10-24 GHz) ออกไปแล้ววัดสัญญาณสะท้อนกลับ มีการพัฒนาและทดลองตัวตรวจวัดประเภทนี้ [18] และมีการผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์แล้วเช่นกัน [19] ความสามารถของตัวตรวจวัดชนิดนี้ในปัจจุบันสามารถตรวจวัดยานพาหนะได้ที่ระยะไม่เกิน 60 เมตรและความเร็วไม่เกิน 5 ไมล์ต่อชั่วโมง

2.6 ประเภทที่ใช้แสงเลเซอร์

ตัวตรวจวัดประเภทนี้ใช้หลักการของการส่งแสงเลเซอร์ออกไปแล้ววัดสัญญาณสะท้อนกลับเช่นกัน แต่จะใช้ตัวส่งแสงเลเซอร์ติดกันเป็นแถวและส่งแสงออกไปเป็นม่านแสง ก็จะสามารถตรวจจับวัตถุที่มีความกว้างในขนาดที่กำหนดไว้ที่ผ่านเข้ามาในบริเวณที่ทำการตรวจวัด ถ้านำตัวตรวจวัดประเภทนี้ติดตั้งในแนวสองแนวคือทั้งในแนวตั้งและในแนวนอน ก็จะสามารถตรวจจับการวิ่งผ่านเข้ามาของยานพาหนะได้ และจากสัญญาณที่ได้ก็จะสามารถนำไปประมวลผลเพื่อหารูปโครงภายนอกของวัตถุได้อย่างหยาบ ๆ [20], [21] ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งเป็นรูปของรถเก๋งเล็ก ปัจจุบันมีการนำตัวตรวจวัดประเภทนี้มาใช้งานจริงในประเทศไทยกับงานวัดปริมาณการจราจรของกรมทางหลวง [21]

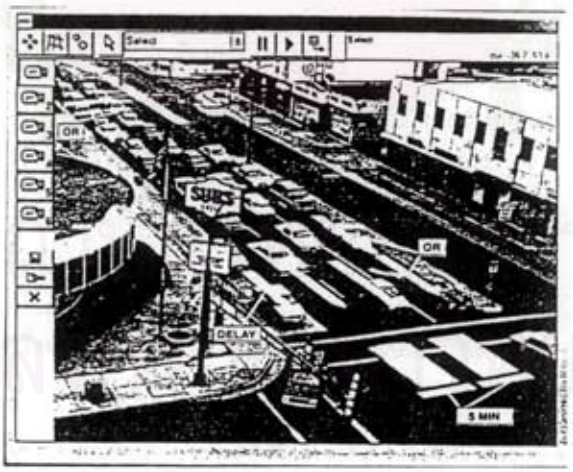
2.7 ประเภทการประมวลผลภาพ

การตรวจวัดประเภทนี้จะใช้กล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) ในการจับภาพการจราจรต่าง ๆ แล้วนำภาพที่ได้มาทำการประมวลผล [22], [23], [24], [25] ผลที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ ตั้งแต่การจัดการในเรื่องที่จอดรถ การอ่านป้ายทะเบียนรถ การหาค่าของปริมาณการจราจรต่าง ๆ วัดอัตรา



รูปที่ 2.7 โครงร่างของยานพาหนะขนาดเล็กที่ได้จากตัวตรวจวัดแบบเลเซอร์

การเลื่อนไหลของการจราจร ฯลฯ ระบบประเภทนี้จะมีราคาค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องใช้ทั้งกล้องถ่ายภาพที่มีความสามารถสูง สามารถปรับตัวได้อัตโนมัติในสภาวะของแสงต่าง ๆ กัน และยังต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูง ๆ เพื่อที่จะได้ประมวลผลสัญญาณได้ในเวลาจริง ในบางระบบมีการประยุกต์ใช้งาน Transputer มาช่วยในการประมวลผลด้วย [26] ในปัจจุบันมีระบบประเภทนี้ที่ผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์ด้วยเช่นกัน [27] ในรูปที่ 2.8 จะแสดงภาพตัวอย่างจากหน้าจอของการใช้หลักการของการประมวลผลภาพ



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมประมวลผลภาพ

2.8 ประเภทใช้ Tag

Tag เป็นบัตรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำอยู่ภายใน มีความสามารถในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านสัญญาณคลื่นวิทยุ [28], [29] หรือใช้สัญญาณไมโครเวฟ [30] การประยุกต์ใช้งานจะมีหลายแบบ เช่น การติดตามการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกหนักว่าอยู่ที่ใด ณ เวลาใดหรือผ่าน

จุดใดไปแล้ว [31] ใช้ในการวัดปริมาณการจราจรทั่ว ๆ ไป [32] ใช้ในงานด้านการรักษาความสงบเรียบร้อย เช่นในเรื่องของรถหาย [32] รวมทั้งมีการนำไปใช้ในเรื่องของการระบบทางด่วนด้วย ในประเทศไทยมีการใช้งาน Tag ที่เรียกว่า "บัตรทางด่วน" เช่นเดียวกันที่ระบบทางด่วนขั้นที่สองของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย [33], [34] รูปที่ 2.9 แสดงรูปของ Tag ยี่ห้อ EFKON [37] ที่ใช้ระบบสัญญาณรับส่งแบบอินฟราเรด

รูปที่ 2.9 Tag

2.9 สรุป

ข้อดีข้อเสียของตัวตรวจวัดประเภทต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 สรุปข้อดีข้อเสียของตัวตรวจวัดแต่ละประเภท

ประเภทของตัวตรวจวัด	ข้อดี	ข้อเสีย
ประเภทใช้ความเหนี่ยวนำทาง แม่เหล็ก (inductive loop)	1. ต้นทุนอุปกรณ์ต่ำ 2. สามารถตรวจรู้ได้ว่ามียานพาหนะผ่านเข้ามาได้ดีที่สุด	1. ต้นทุนในการติดตั้งสูง 2. ติดตั้งยุ่งยากต้องปิดการจราจร 3. ไม่สามารถบอกประเภทยานพาหนะได้
ประเภทใช้การกดทับ (treadle)	1. สามารถใช้ในการแบ่งประเภทยานพาหนะได้ 2. สามารถใช้ในการวัดน้ำหนักยานพาหนะได้	1. ราคาตัวตรวจวัดสูง 2. การติดตั้งต้องมีการปิดการจราจร
ประเภทที่ใช้วัดด้วยเสียง	1. การติดตั้งไม่ต้องปิดผิวการจราจร 2. สามารถตรวจรู้การวิ่งผ่านมาของยานพาหนะได้ 3. สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้คร่าว ๆ	ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้ชัดเจน

ตาราง 2.1 สรุปข้อดีข้อเสียของตัวตรวจวัดแต่ละประเภท (ต่อ)

ประเภทใช้แสงอินฟราเรด	1. ติดตั้งได้โดยไม่ต้องปิดการจราจร 2. สามารถตรวจวัดความเร็วและขนาดของยานพาหนะได้	1. ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้ชัดเจน 2. มีการรบกวนจากสภาพแวดล้อมสูง
ประเภทใช้สัญญาณไมโครเวฟ	ติดตั้งได้โดยไม่ต้องปิดการจราจร	ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้
ประเภทที่ใช้แสงเลเซอร์	1. ติดตั้งได้โดยไม่ต้องปิดการจราจร 2. แบ่งประเภทยานพาหนะได้คร่าว ๆ	1. ราคาสูง 2. ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้แน่นอน
ประเภทการประมวลผลภาพ	1. การติดตั้งไม่ต้องปิดการจราจร 2. สามารถวัดปริมาณต่าง ๆ ของการจราจรได้	1. ราคาสูง 2. ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้ชัดเจน
ประเภทใช้ Tag	1. สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของการพาหนะได้ในแต่ละจุดที่ติดตั้งเครื่องรับส่งสัญญาณไว้ 2. สามารถนำไปใช้ในงานทางด้านการรักษาความปลอดภัยได้ 3. สามารถใช้ในหักค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติได้	1. ราคาสูง 2. ไม่สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้แน่นอน 3. ยังไม่แพร่หลายจึงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย