บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 การบันทึกสัญญาณอนาลอก

การบันทึกสัญญาณอนาลอกได้ทำกันมานานแล้วในรูปของสัญญาณอนาลอกโดยตรง เช่น ในแผ่นเสียง เทปบันทึกเสียง และเทปบันทึกภาพ เป็นต้น การบันทึกสัญญาณลักษณะนี้เหมาะกับงานซึ่งข้อมูลที่บันทึกไว้ไม่ต้องผ่านกระบวนการที่ยุ่งยาก สำหรับเครื่องมือที่ยกตัวอย่างนี้ เช่น เครื่องบันทึกเสียงหรือบันทึกภาพ ส่วนมากจะ Playback ออกมาใช้งานเลย มิฉะนั้นก็อาจผ่านกระบวนการง่าย ๆ เช่น การขยายสัญญาณ หรือการรวมสัญญาณ (การผสมเสียงหรือการทำภาพซ้อน) ดังนี้เป็นต้น นอกจากนี้การบันทึกสัญญาณวิธีนี้ทำให้ความเพี้ยนของสัญญาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นกระบวนการที่ต้องบันทึกสัญญาณที่ได้จากการ Playback จากสัญญาณที่ได้บันทึกไว้ก่อนแล้ว จะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลง

ความต้องการในการนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาผ่านกระบวนการที่ซับซ้อนทำให้เกิดความจำเป็นที่จะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน กระบวนการบางอย่างต้องบันทึกสัญญาณ ดิจิตอลที่ได้นี้ในหลายความจำชั่วคราว ตัวอย่างเช่น การสร้าง Special effect ในรายการโทรทัศน์ ที่มีการแบ่งภาพทั้งเฟรมออกเป็นภาพเล็ก ๆ หลาย ๆ ภาพ แต่ละภาพเล็กอาจจะเป็นภาพเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ หรือบางกรณีเริ่มต้นเป็นภาพเดียวกันแล้วมีภาพหนึ่งหยุดการเคลื่อนไหวโดยที่อีกภาพหนึ่งเคลื่อนไหวต่อไปเรื่อย ๆ กระบวนการเช่นนี้จะทำไม่ได้ถ้าบันทึกสัญญาณในรูปของสัญญาณอนาลอก แต่ถ้ามีการแปลงสัญญาณวิดีโอเป็นสัญญาณดิจิตอล เสียก่อน สัญญาณ วิดีโอจากแหล่งต่าง ๆ เช่น กล้องโทรทัศน์หรือเทปบันทึกภาพ จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำทางอิเล็กทรอนิคส์ (RAM หรือ Random access memory) ต่างชุดกัน และจะบันทึกสัญญาณทั้งเฟรม (ภาพเต็มจอ) สัญญาณที่ออกอากาศจะได้จากการอ่านค่าจาก RAM เหล่านี้ แปลงกลับเป็นสัญญาณอนาลอก ในที่นี้สมมุติว่ามีสัญญาณ

วิดีโอ 4 ชุด บันทึกลงใน RAM 4 ตัว โดยการอ่านค่าจาก RAM ด้วยความถี่ 2 เท่าของตอนบันทึก และอ่านค่าเส้น (เส้น หรือ Line เป็นข้อมูลของสัญญาณ วิดีโอ จากด้านซ้ายไปยังด้านขวาของจอโทรทัศน์) สลับกันในระหว่าง RAM 4 ตัว กล่าวคือ อ่านเส้นที่ 1 ของ RAM 1 แล้วอ่านเส้นที่ 2 ของ RAM 2 เสร็จแล้วอ่านเส้นที่ 2 ของ RAM 2 ตามด้วยเส้นที่ 2 ของ RAB 2 จนเมื่อครบทั้งเฟรมของ RAM 1 และ RAM 2 แล้วก็ข้ามไปอ่านค่าจาก RAM 3 และ RAM 4 ในทำนองเดียวกัน สัญญาณที่ออกอากาศจะประกอบด้วย เฟรมย่อย 4 เฟรม การหยุดภาพในเฟรมใดเฟรมหนึ่ง ก็ทำโดยหยุดการบันทึกสัญญาณเฟรมใหม่ใน RAM ที่ตรงกับเฟรมนั้น ค่าที่ได้จากการอ่าน RAM ตัวนั้นก็จะได้ค่าของเฟรมเดิม ทำให้เห็นเป็นภาพนิ่ง ดังนี้เป็นต้น

ตัวอย่างอีกอันหนึ่งในการบันทึกสัญญาณอนาลอกในรูปของสัญญาณดิจิตอล ก็คือ สัญญาณภาพถ่ายของพื้นผิวโลกจากดาวเทียม สัญญาณอนาลอกจาก Multi-Spectral scanner ที่ตัวดาวเทียมจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งกลับมายังสถานีรับบนผิวโลก เพื่อทำการบันทึกลงในเทปแบบเดียวกับที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ เทปเหล่านี้จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ หลายขั้นตอน โดยใช้คอมพิวเตอร์ เช่น การขจัด Bad lines อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนในขณะส่งมายังผิวโลกโดยแทนด้วยค่าที่ได้จาก Interpolation ของจุดข้างเคียง นอกจากนี้ก็ยังมีกระบวนการแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก ความเร็วสัมพัทธ์ของดาวเทียมกับโลก ซึ่งอาศัยการคำนวณที่ยุ่งยาก กระบวนการทั้งหมดเหล่านี้จะไม่สามารถทำได้ถ้าบันทึกข้อมูลในรูปของสัญญาณอนาลอก

การบันทึกสัญญาณอนาลอกโดยการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนมีแนวโน้มที่จะถูกนำมาประยุกต์ใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเจริญทางเทคโนโลยีอันเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางดิจิตอล

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงาน

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการ เทคนิค และปัญหาที่อาจจะพบในการบันทึกสัญญาณอนาลอกโดยการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วบันทึกไว้ในหน่วยความจำทางอิเล็คทรอนิคส์ หรือ RAM (Random access memory) และนำเอาข้อมูลที่บันทึก

ไว้แล้วนี้แปลงกลับเป็นสัญญาณอนาลอกเพื่อนำไปใช้งาน

ในการศึกษานี้นอกจากจะศึกษาภาคทฤษฎีแล้ว ยังจะได้ทำการออกแบบเครื่องมือขึ้นมาชิ้นหนึ่ง โดยอาศัยหลักการดังกล่าว เพื่อแสดงถึงการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องและประโยชน์ที่จะได้รับจากหลักการนี้ เครื่องมือที่จะทำการออกแบบและสร้างขึ้นนี้มีขอบเขตความสามารถทำงานได้กว้าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สามารถที่จะบันทึกและแสดงภาพสัญญาณที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวให้ปรากฏออกมาซ้ำ ๆ กันเพื่อให้เกิดเป็นภาพนิ่งบนออสซิลโลสโคป

2. สามารถแสดงภาพสัญญาณความถี่ต่ำมาก ๆ ที่ไม่อาจเห็นเป็นภาพต่อเนื่องกันทั้งภาพเมื่อใช้กับออสซิลโลสโคปแบบธรรมดา โดยแปลงให้ความถี่สูงขึ้นจนเพียงพอที่จะทำให้เกิดเป็นภาพนิ่งบน ออสซิลโลสโคปได้

3. สามารถบันทึกสัญญาณความถี่สูงแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณความถี่ต่ำลงมาพอเหมาะที่จะใช้กับ X-Y recorder ซึ่งทำงานที่ความถี่ต่ำมาก

เครื่องมือที่จะสร้างขึ้นนี้มีความสมบูรณ์ในตัวมันเอง มีวงจรภาคเข้าสำหรับรับสัญญาณอนาลอก และมีสัญญาณออกที่จะต่อเข้ากับ ออสซิลโลสโคป หรือ X-Y recorder โดยเน้นถึงการใช้กับออสซิลโลสโคปแบบธรรมดา ซึ่งมีใช้กันตามห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป สมรรถนะของเครื่องไม่มีจุดประสงค์ที่จะทำให้ดีกว่าเครื่องมือที่มีผู้สร้างขึ้นมาจำหน่ายแล้ว แต่จะพยายามออกแบบให้มีขีดความสามารถสูงสุดเท่าที่สามารถจะกระทำได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดภายในประเทศ ในราคาที่ไม่สูงเกินความจำเป็น หรือเท่าที่เวลาจะอำนวยให้

ข้อกำหนดเบื้องต้นของเครื่องมีดังนี้ ความถี่สูงสุดของสัญญาณที่จะบันทึกมากกว่า 20 KHz นั่นคือสามารถบันทึกสัญญาณความถี่ช่วงเสียง (Audio frequency) ได้ Resolution 8 บิท ขนาดหน่วยจำ 256 หน่วย ตั้งความถี่สุ่มได้หกค่า การอ่านจะกระทำซ้ำ ๆ กันไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ข้อ 1 ข้างต้น และความถี่การอ่าน

จะต้องมีทั้งค่าสูงกว่า เท่ากับ หรือต่ำกว่าความถี่สุ่ม เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ข้อ 2 และ 3 ข้างต้น

1.3 เครื่องบันทึกสัญญาณอนาลอกที่มีจำหน่าย

การบันทึกสัญญาณอนาลอกโดยการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วบันทึกในรูปของสัญญาณดิจิตอลได้กระทำกันมานานพอสมควรแล้ว นอกจากจะมีการนำไปประยุกต์ใช้เกี่ยวกับสัญญาณภาพของรายการโทรทัศน์ และสัญญาณภาพถ่ายจากดาวเทียมดังกล่าวแล้ว ได้มีผู้นำมาประยุกต์ใช้บันทึกสัญญาณสำหรับเครื่องมือวัด เช่น ออสซิลโลสโคป หรือ X-Y recorder ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์เดียวกับวิทยานิพนธ์นี้ มีหลายบริษัทได้ผลิตเครื่องมือที่สามารถบันทึกสัญญาณอนาลอกออกมาจำหน่ายนานแล้ว ในที่นี้จะรวบรวมรายละเอียดเท่าที่จะพอหาได้เพื่อให้เป็นตัวอย่างของเครื่องที่มีหลักการต่าง ๆ กัน

1. ออสซิลโลสโคปแบบบันทึกภาพบนหลอดคาโธดเรย์ เช่น ออสซิลโลสโคปรุ่น 181A ของบริษัท Hewlett Packard ใช้หลอดคาโธดเรย์ที่มีชั้นผิวพิเศษเพื่อทำการบันทึกภาพของสัญญาณตามการกวาดของลำอิเล็คตรอนของหลอดภาพที่บันทึกได้จะคงไว้ได้เพียงระยะเวลาหนึ่ง (มากกว่าสิบนาที) ก่อนที่มันจะขยายบริเวณที่สว่างของภาพออกจนสว่างไปทั่วทั้งจอ เมื่อใช้เป็นออสซิลโลสโคป ธรรมดาใช้วัดสัญญาณความถี่สูงถึง 50MHz แต่เมื่อใช้บันทึกภาพสัญญาณ ถ้าเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวจะบันทึกสัญญาณความถี่ต่ำกว่ามาก คือประมาณช่วงเวลาการเกิดสัญญาณในอันดับของ 10^{-3} วินาที การบันทึกภาพวิธีนี้ ภาพจะติดอยู่กับหลอดคาโธดเรย์ ไม่สามารถเคลื่อนย้าย เลื่อนภาพ ขยายภาพ (เปลี่ยนสเกลแรงดัน และ/หรือ สเกลเวลา) นอกจากนี้หลอดคาโธดเรย์แบบพิเศษนี้มีราคาแพงมาก

2. ออสซิโลสโคปแบบบันทึกภาพโดยกระบวนการทางดิจิตอล เช่น Digital Storage Oscilloscope รุ่น OS4000 ของบริษัท Gould อาศัยหลักการแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล Resolution ขนาด 8 บิท ขนาดของหน่วยจำ 1024 หน่วย ความถี่สุ่มสูงสุด 1.8 MHz ความถี่สัญญาณเข้าที่จะบันทึกสูงสุด 450 KHz สำหรับ

Single trace หรือ 225 KHz สำหรับ dual trace นอกจากนี้ยังสามารถทำงานได้อีกหลายอย่างเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ทางภาคออกมีวงจร "Dot joiner" เพื่อให้ได้ภาพเป็นเส้นต่อเนื่อง

3. เครื่องบันทึกสัญญาณ เช่น Biomation Waveform Recorder ของบริษัท Gould หลักการบันทึกสัญญาณเหมือนเครื่องในข้อ 2 แต่เป็นเครื่องบันทึกซึ่งแยกต่างหากจากออสซิลโลสโคป และมีสมรรถนะสูงกว่ามาก เช่น รุ่น 6500 ความถี่สุ่มสูงสุด 500 MHz ความถี่สัญญาณเข้าสูงสุด 100 MHz Resolution 6 บิท ขนาดของหน่วยจำ 1024 หน่วย

เครื่องบันทึกสัญญาณอนาลอกที่จะสร้างขึ้นประกอบวิทยานิพนธ์นี้จัดอยู่ในประเภทเดียวกับข้อ 3 คือเป็นเครื่องมือที่มีสัญญาณออกสำหรับต่อเข้ากับออสซิลโลสโคปอีกทีหนึ่ง แต่ได้รับเอกสารเกี่ยวกับเครื่องบันทึกสัญญาณดังกล่าว (พิมพ์ปี พ.ศ. 2521 ได้รับปี พ.ศ. 2522) หลังจากวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินไปเกือบครึ่งหนึ่งแล้ว นับได้ว่าวิทยานิพนธ์นี้มีแนวโน้มเดียวกับเครื่องมือใหม่ ๆ ที่มีผู้สร้างขึ้น