รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ประจำปีงบประมาณ 2546
โครงการวิจัยย่อยลำดับที่ 13 เรื่อง
การประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยนิวรอลเนตเวิร์ก

1. ผู้รับผิดชอบโครงการ รศ.ดร.วาทิต เบญจพลกุล

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1 เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านการประมาณตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

2.2 เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

3. ขอบเขตหรือเป้าหมายของโครงการ

ออกแบบวิธีการประมาณค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่โดยนำนิวรอลเนตเวิร์กมาประยุกต์ใช้ โดยอาศัยข้อมูลค่าความแรงสัญญาณและเวลาประวิงในการเดินทางของสัญญาณ

4. ส่วนงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

งานที่ดำเนินการไปแล้วส่วนที่ 1

รายงานความก้าวหน้าของโครงการที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

4.1 ศึกษาการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่จากค่าความแรงของสัญญาณ และค่าเวลาการมาถึงของสัญญาณ เพื่อจะเตรียมตัวทำงานต่อจากนาย ปิติ เล็กอุทัย ผู้ซึ่งทำงานวิจัยเรื่องนี้มาก่อนหน้านี้

4.2 ศึกษาทฤษฎีนิวรอลเนตเวิร์ก

4.3 วางแผนจัดข้อมูลภาคสนามให้ตรงกับรูปแบบของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ในการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

4.4 ร่วมศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลจริงภาคสนามของหน่วยงานเอกชน เพื่อทำความเข้าใจ format ของข้อมูลที่จะจัดเก็บมาได้

4.5 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลจริงภาคสนามของหน่วยงานเอกชนต่อจากข้อที่ 4.4 และเริ่มต้นจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามให้เหมาะสมกับโปรแกรมที่ได้พัฒนาไว้

4.6 จัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามให้เหมาะกับโปรแกรมที่จะต้องแก้ไข เนื่องจากข้อมูลภาคสนามจริงไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ time of arrival โดยจัดรูปแบบข้อมูลพร้อมๆ กับแก้ไขโปรแกรมร่วมกับผู้แก้ไขโปรแกรม

4.7 ศึกษาวิธีต่อร่วมโปรแกรมการคำนวณหาตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่เข้ากับโปรแกรม MapInfo ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลดิบภาคสนาม

4.8 ศึกษาวิธีต่อร่วมโปรแกรมต่อจากข้อที่ 4.7 และประสานงานร่วมกับหน่วยงานเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่อ่านได้โดยใช้โปรแกรม MapInfo ถูกต้องตามที่ควรเป็นจริงหรือไม่

4.9 ทำความเข้าใจโครงสร้างของข้อมูลภาคสนามที่จะเก็บรวบรวมมาได้และเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามที่จะนำมาใช้ฝึกโปรแกรมนิวรอลเนตเวิร์กที่ได้พัฒนาไว้แล้ว

4.10 เลือกชุดข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ฝึกโปรแกรมนิวรอลเนตเวิร์กจากข้อมูลดิบภาคสนามที่เก็บรวบรวมมาได้, ปรับปรุงโปรแกรมนิวรอลเนตเวิร์กให้ทำงานเข้ากันได้กับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปใหม่และให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการประมาณค่าตำแหน่งโดยใช้ข้อมูลภาคสนามแก่ผู้ช่วยวิจัยใหม่

4.11 เนื่องจากชุดข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากภาคสนามมีความยุ่งยากและแตกต่างจากชุดข้อมูลที่ต้องการนำมาเพื่อใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กมาก จำเป็นต้องดัดแปลงชุดข้อมูลภาคสนามที่เก็บได้ให้สามารถนำมาใช้ให้ได้ ดังนั้นงานจึงยังคล้ายกับข้อ 4.10 และขอข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม

4.12 จัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่เพิ่งจะได้รับมาใหม่ให้ตรงกับข้อมูลที่ต้องการนำมาเพื่อใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กและร่วมอภิปรายกับผู้ช่วยวิจัยที่รับผิดชอบการสร้างเครื่องต้นแบบ Neural Network Engine เพื่อกำหนด Specification ของเครื่องต้นแบบ

4.13 เลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมจากข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กและจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมให้ตรงกับข้อมูลที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

4.14 จัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมให้ตรงกับข้อมูลที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กและเขียนรายงานประจำปีของโครงการวิจัยย่อยเรื่องการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยนิวรอลเนตเวิร์ก

การใช้นิวรอลเนตเวิร์กในการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

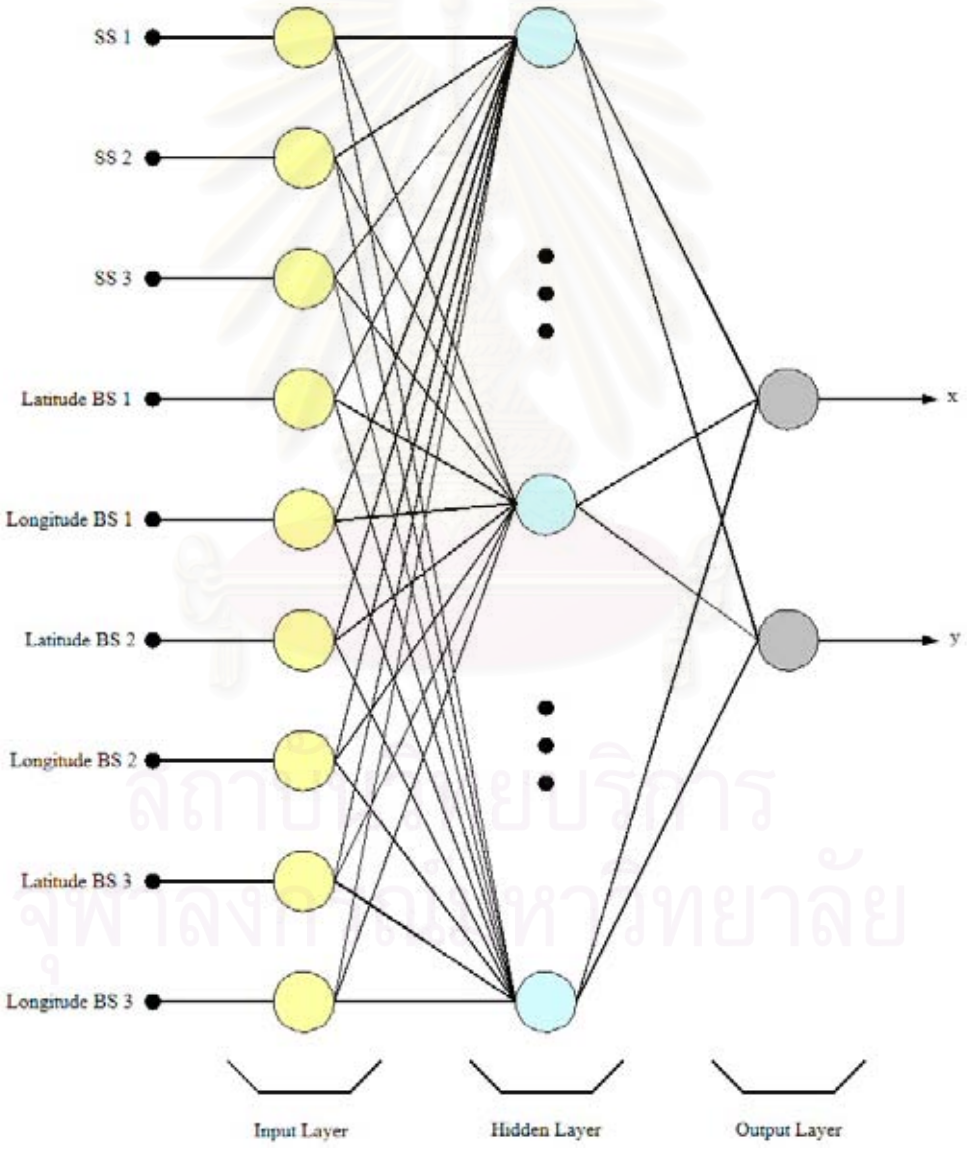
โครงการวิจัยเรื่องการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยนิวรอลเนตเวิร์กนี้ ผู้วิจัยใช้นิวรอลเนตร์กมาประยุกต์ใช้กับการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ โดยนิวรอลเนตเวิร์กที่ออกแบบเป็นชนิดมัลติเลเยอร์เพอร์เซปตรอนที่มีชั้นข้อมูลเข้าประกอบด้วย ค่าข้อมูลความแรงของสัญญาณที่สถานีฐาน 3 สถานี รับได้จากสถานีเคลื่อนที่ที่พิจารณา และค่าตำแหน่งละติจูด-ลองติจูด ของสถานีฐาน 3 สถานี เป็นข้อมูลเข้าที่จะฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก ชั้นซ่อนเร้นจำนวน 1 ชั้น ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ออกแบบเพื่อหาจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสม และชั้นข้อมูลออก โดยนิวรอลเนตเวิร์กจะให้ค่าผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าตำแหน่ง (ละติจูด, ลองติจูด)

สมมุติฐานและข้อมูลที่ใช้ในการจำลองระบบของโครงการวิจัยนี้

1. ระบบที่พิจารณาเป็นระบบสื่อสารเคลื่อนที่ GSM และ\หรือ CDMA
2. สถานีเคลื่อนที่อยู่ภายในบริเวณสามเหลี่ยม
3. สถานีเคลื่อนที่ต้องอยู่ในตำแหน่งที่นิ่ง หรือเคลื่อนไหวช้ามากในขณะพิจารณาและไม่มีการแฮนด์ออฟ (Hand-Off) ในขณะนั้น
4. ไม่มีการควบคุมกำลัง (Power control) ในขณะใช้งานระบบการประมาณค่าตำแหน่ง
5. จำลองระบบ และนำชุดข้อมูลของค่าความแรงสัญญาณและตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐาน 3 สถานี จากภาคสนามมาฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก และทดสอบนิวรอลเนตเวิร์ก
6. ออกแบบนิวรอลเนตเวิร์ก โดยในโครงการวิจัยนี้ออกแบบให้นิวรอลเนตเวิร์กเป็นแบบป้อนไปข้างหน้าและมีการแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งมีชั้นข้อมูลเข้า 1 ชั้น (1 layer input) มีจำนวนนิวรอลในชั้นข้อมูลเข้าตามจำนวนลักษณะของข้อมูลจากสถานีฐานทั้ง 3 สถานี ตามข้อที่ 5 กล่าวคือ ใช้ข้อมูลเข้าเป็นค่าความแรงของสัญญาณที่สถานีเคลื่อนที่นั้นรับได้จากสถานีฐานที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ (SS1, SS2 และ SS3) และตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐานที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ (LAT-LONG1, LAT-LONG2 และ LAT-LONG3) และชั้นข้อมูลออก 1 ชั้น (1 layer output) มีจำนวนนิวรอลในชั้นนี้ 2 นิวรอลเพื่อให้ค่าผลลัพธ์เป็นค่าตำแหน่ง (ละติจูด,ลองติจูด) และมีชั้นซ่อนเร้น (Hidden layer) 1 ชั้น จำนวนนิวรอลในชั้นนี้ปรับจำนวนได้ ซึ่งในการวิจัยนี้คาดว่าการใช้จำนวนชั้นซ่อนเร้นเพียง 1

ชั้นมีความเพียงพอกับปัญหาที่จะแก้ไข และในการวิจัยนี้จะทดสอบหาจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนเร้นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 1

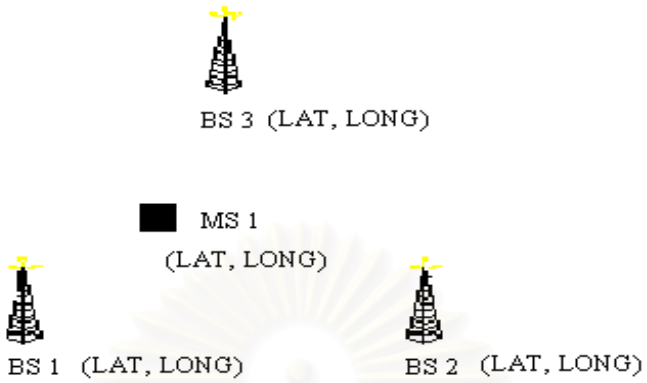
7. ป้อนข้อมูลเพื่อฝึกนิวรอลเนตเวิร์กที่ออกแบบขึ้น โดยการทดลองปรับจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนเร้นให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะที่สุด เพื่อให้มีค่าความถูกต้องของการประมาณค่าโดยนิวรอลเนตเวิร์กที่ออกแบบมากขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีต่างๆ ที่มีผู้นำเสนอไว้ และตามที่ E-911 ได้กำหนดไว้
8. ทดสอบ (Test) ผลการฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก โดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบที่ได้จากภาคสนาม
9. ขยายขอบเขตของระบบออกไป โดยการพิจารณาให้ครอบคลุมสถานีฐานจำนวนมากขึ้น
10. วิเคราะห์ผลลัพธ์โดยเขียนเป็นกราฟ หรือตารางของค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์ที่นิวรอลเนตเวิร์กประมาณค่ากับค่าเป้าหมายที่ป้อนเข้าสู่ระบบและเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ในการประมาณค่าตำแหน่ง



รูปที่ 1 **นิวรอลเนตเวิร์กที่ออกแบบใช้งานในโครงการวิจัยนี้**

แบบจำลองสถานีฐานและสถานีเคลื่อนที่ที่ใช้ในการทดสอบ

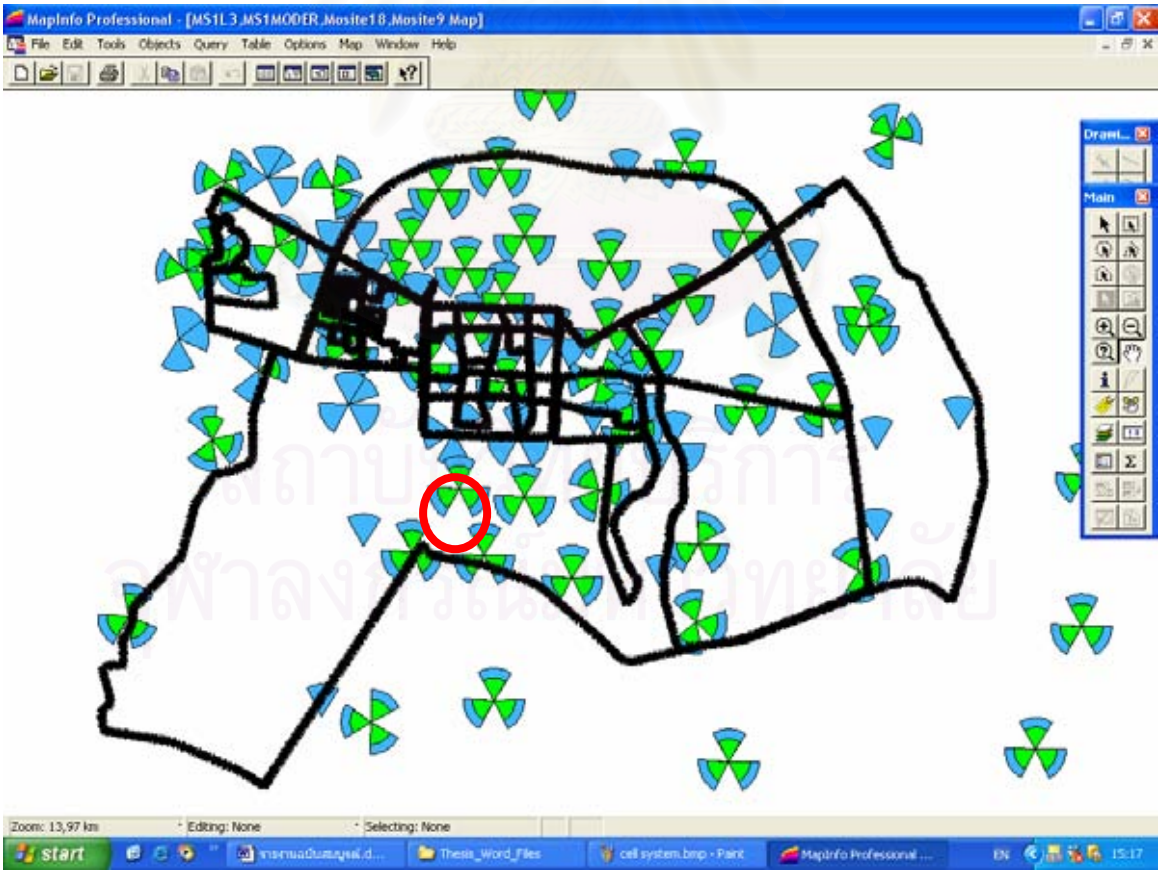
แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบสถานีฐานและสถานีเคลื่อนที่ที่ใช้

การเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมจากข้อมูลภาคสนามในระบบ GSM เพื่อนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

รูปแบบการเคลื่อนที่ของสถานีเคลื่อนที่จากข้อมูลภาคสนามแสดงดังรูปที่ 3 โดยที่เส้นสีดำทึบแทนแนวการเคลื่อนที่ที่สถานีเคลื่อนที่เคลื่อนที่ผ่าน และรูปสามเหลี่ยมแทนสถานีฐาน



รูปที่ 3 รูปแบบการเคลื่อนที่ของสถานีเคลื่อนที่ในระบบ GSM

การเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่ดีที่สุดควรเลือกบริเวณที่สถานีเคลื่อนที่เคลื่อนที่อยู่ภายในสถานีฐาน 3 สถานีฐาน ดังบริเวณภายในวงกลมที่แสดงดังรูปที่ 3 แต่จากข้อมูลภาคสนามที่แสดงในรูปที่ 3 นั้น ไม่มีสถานีเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่จึงต้องเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมกล่าวคือ เลือกบริเวณที่สถานีเคลื่อนที่เคลื่อนที่อยู่ภายในบริเวณที่ใกล้เคียงกับวงกลมที่แสดงในรูปที่ 3 ดังตัวอย่างบริเวณที่แสดงในรูปที่ 4

หลังจากที่ได้ตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่ต้องการแล้ว เราสามารถนำข้อมูลที่กระจายอยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4 มาวิเคราะห์เพื่อหาข้อมูลความแรงสัญญาณ ตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีเคลื่อนที่และตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐานที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก ดังจะกล่าวต่อไปในเรื่องการจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามให้เหมาะสมเพื่อการนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

รูปที่ 4 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของสถานเคลื่อนที่ที่เหมาะสม

การจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามในระบบ GSM ให้เหมาะสมเพื่อการนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่ยังไม่ได้จัดรูปแบบข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 และตัวอย่างรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่จัดรูปแบบข้อมูลเรียบร้อยแล้วแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รูปแบบข้อมูลภาคสนามที่ยังไม่ได้จัดรูปแบบข้อมูล

ID	FILE_NAME	TIME	LATITUDE	LONGITUDE	DISTANCE	FRAME_NUMBER	CI	CELL_NAME	BSIC	BCCH_ARFCN	…
240	0814_01.LOG	57:04,5	N 1847.733	E 09858.783	5654	1751890	20625	C_92_43	43	92	…
241	0814_01.LOG	57:06,4	N 1847.733	E 09858.769	5678	1752304	20625	C_92_43	43	92	…
242	0814_01.LOG	57:07,4	N 1847.733	E 09858.761	5692	1752720	20625	C_92_43	43	92	…
243	0814_01.LOG	57:09,3	N 1847.733	E 09858.755	5703	399955	20625	C_100_10	10	100	…

ตารางที่ 2 รูปแบบข้อมูลภาคสนามที่จัดรูปแบบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ID	LATITUDE	LONGITUDE	CELL_NAME	RXLEV_FULL	TX_POWER	NC1 Name	Long	Lati	Rxlevel	…
240	N 1847.733	E 09858.783	C_92_43	-76	5	C_119_43	100,196	14,9353	-69	…
241	N 1847.733	E 09858.769	C_92_43	-78	5	C_100_10	97,9495	19,3894	-67	…
242	N 1847.733	E 09858.761	C_92_43	-77	5	C_100_10	97,9495	19,3894	-66	…
244	N 1847.733	E 09858.735	C_100_10	-71	5	C_119_43	100,196	14,9353	-71	…

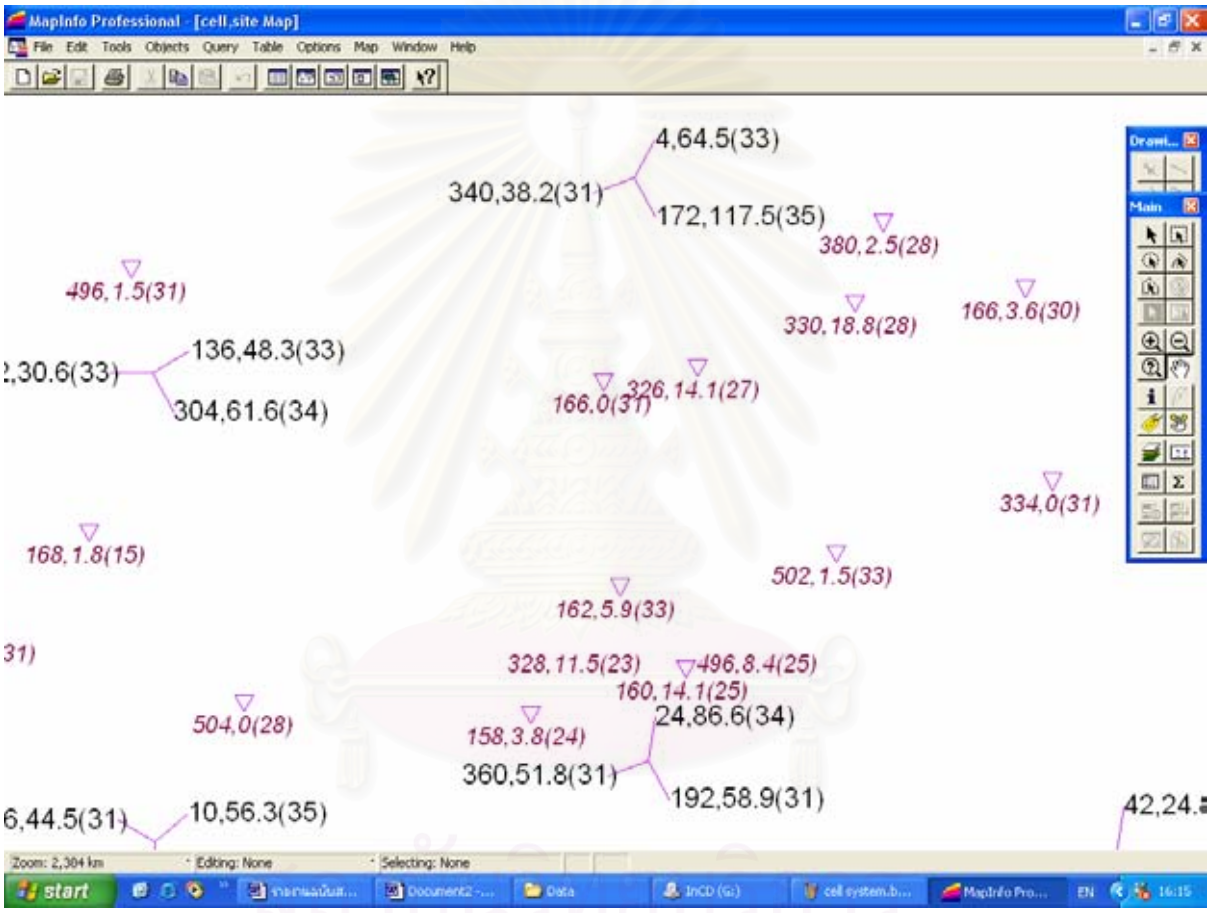
จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่แสดงมีความจำเป็นสำหรับการนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลในตารางที่ 1 ที่มีปริมาณข้อมูลมากเกินความจำเป็น

หลักการในการเลือกข้อมูลที่จำเป็นเพื่อการนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก คือ การเลือกแถวข้อมูลที่มีข้อมูลความแรงสัญญาณและละติจูด-ลองติจูดครบทั้ง 3 สถานีฐานที่เรากำลังพิจารณา

เนื่องจากข้อมูลภาคสนามที่ได้มานั้น มีข้อมูลความแรงสัญญาณและละติจูด-ลองติจูดที่ครบทั้ง 3 สถานีฐานที่เรากำลังพิจารณาจำนวน 27 ชุด ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กให้มีประสิทธิภาพที่ดี ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องขอข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม

การเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ที่เหมาะสมจากข้อมูลภาคสนามในระบบ CDMA เพื่อนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

รูปแบบการเคลื่อนที่ของสถานีเคลื่อนที่จากข้อมูลภาคสนามแสดงดังรูปที่ 5 โดยที่เส้นสามแฉกแทนสถานีฐานและรูปสามเหลี่ยมแทนแนวการเคลื่อนที่ที่สถานีเคลื่อนที่เคลื่อนที่ผ่าน



รูปที่ 5 รูปแบบการเคลื่อนที่ของสถานีเคลื่อนที่ในระบบ CDMA

การเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ของระบบ CDMA ไม่สามารถที่จะเลือกได้จากรูปที่แสดงดังรูปที่ 5 ได้ เนื่องจากการกระจายตัวของตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่มีการกระจายตัวไม่เป็นระเบียบเหมือนในระบบ GSM ดังนั้นการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ของระบบ CDMA จึงต้องเลือกจากข้อมูลดิบที่อยู่ในรูปแบบของตารางข้อมูลที่บ่งบอกค่าต่างๆ เช่น ตำแหน่งสถานีฐาน ตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่ ความแรงสัญญาณ เป็นต้น ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลดิบภาคสนามของระบบ CDMA

Sequence Number	Latitude	Longitude	Fngr1 PN	Fngr1 EcIo	Fngr1 Sector	Fngr1 Posn	…
395	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-5.52	1	85128	…
396	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-5.20	1	85128	…
397	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-5.57	1	85128	…
398	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-6.89	1	85127	…
399	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-6.61	1	85127	…
400	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-6.54	1	85126	…
401	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-8.17	1	85126	…

หลักการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่จากตาราง ทำได้โดยการเลือกข้อมูลในแถวที่บอกค่าความแรงของสัญญาณครบทั้ง 3 สถานีฐานที่เราพิจารณา ซึ่งจะกล่าวต่อไปในเรื่องการจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามในระบบ CDMA ให้เหมาะสมเพื่อการนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กต่อไป

การจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามในระบบ CDMA ให้เหมาะสมเพื่อการนำมาใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

การจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามในส่วนนี้จะคล้ายคลึงกับการจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM กล่าวคือ การเลือกแถวข้อมูลที่มีข้อมูลความแรงสัญญาณและละติจูด-ลองติจูดครบทั้ง 3 สถานีฐานที่เรากำลังพิจารณา ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เป็นตัวอย่างข้อมูลจากสถานีฐาน 1 สถานี สำหรับข้อมูลตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐานที่มีหมายเลข PN (Pseudorandom Number : PN) เท่ากับ 358ในตัวอย่างนี้ได้ขาดหายไป เนื่องจากได้ข้อมูลภาคสนามไม่ครบ

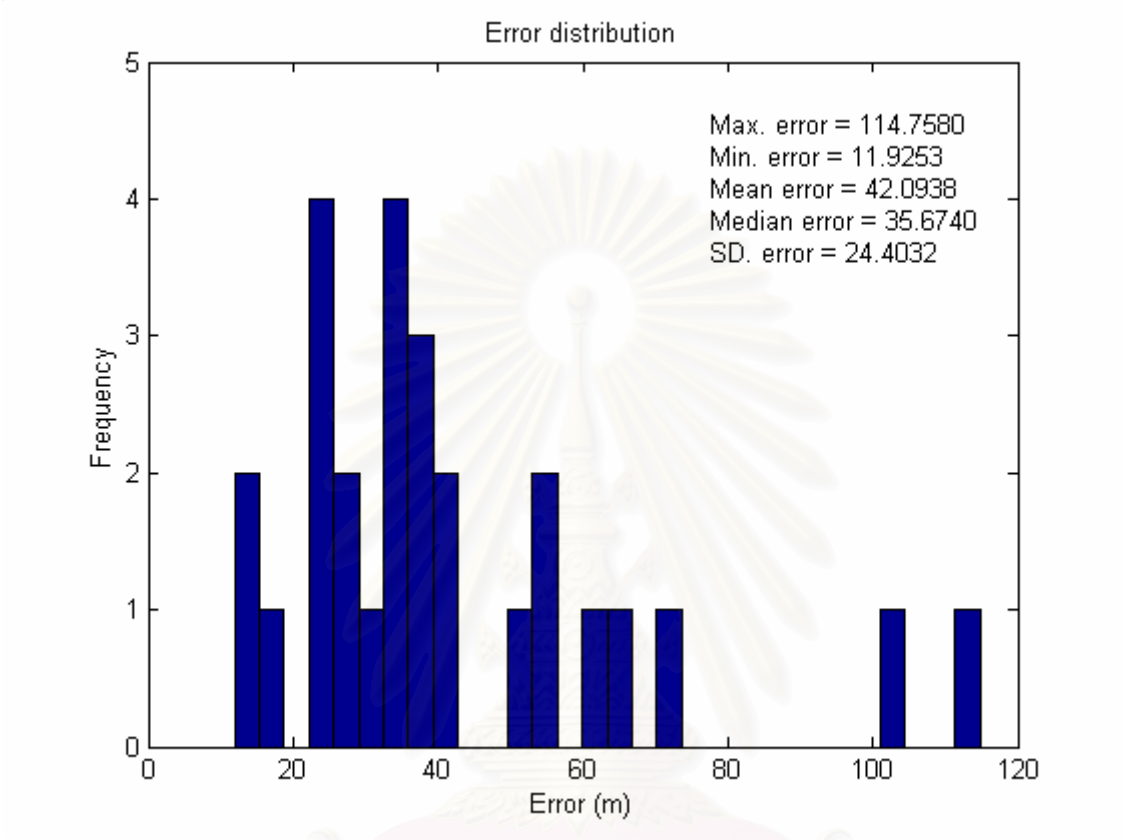
ตารางที่ 4 รูปแบบข้อมูลภาคสนามที่จัดรูปแบบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

Sequence Number	Latitude	Longitude	Fngr1 PN	Fngr1 EcIo	Fngr1 Latitude	Fngr1 Longtitude
426	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-4,35	-	-
427	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-7,61	-	-
428	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-8,37	-	-
429	13:40:57.72N	100:28:03.12E	358	-8,58	-	-

เมื่อจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามในส่วนนี้เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กได้ตามต้องการต่อไป

ผลการทดสอบระบบ

ผลการทดสอบระบบในรูปที่ 2 โดยมีข้อมูลภาคสนามดังพิจารณาจากรูปที่ 4 ที่จะกล่าวนี้ เป็นผลการทดสอบโดยการใช้ข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM แสดงดังรูปที่ 6 สำหรับระบบ CDMA นั้น ยังไม่มีผลการทดสอบ เนื่องมาจากข้อมูลภาคสนามที่ได้รับจากหน่วยงานภายนอกมีไม่เพียงพอที่จะนำไปฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก



รูปที่ 6 ผลการทดสอบระบบด้วยนิวรอลเนตเวิร์ก

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลจากภาคสนามสามารถสรุปได้ว่า นิวรอลเนตเวิร์กสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ โดยใช้โนดซ่อนเร้นเท่ากับ 7 โนดจำนวนชุดฝึกเท่ากับ 27 ค่า มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 42.0938 เมตร และความถูกต้องของการประมาณค่าตำแหน่งมีค่าอยู่ในระยะ 125 เมตร ตามข้อกำหนดของหน่วยงาน FCC กล่าวคือ ความถูกต้องของการประมาณค่าพิกัดตำแหน่งของผู้เรียกใช้บริการต้องมีค่าอยู่ในระยะ 125 เมตร ใน 67% ของจำนวนครั้งของการประมาณค่าในระยะเวลา 5 ปี แรกของการเริ่มใช้ข้อกำหนด

เนื่องจากผลการทดสอบนี้มีจำนวนชุดฝึกน้อย จึงทดสอบเฉพาะชุดข้อมูลสำหรับฝึกนิวรอลเนตเวิร์กเท่านั้น แต่งานที่จะดำเนินการในครั้งต่อไป จะทำการทดสอบระบบด้วยชุดข้อมูล 2 แบบ คือ ชุดข้อมูลสำหรับฝึกนิวรอลเนตเวิร์กและชุดข้อมูลสำหรับทดสอบนิวรอลเนตเวิร์ก

ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจำนวนชุดฝึกจากข้อมูลภาคสนามควรจะมีในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของระบบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไขระหว่างการทำงาน

1) เนื่องจากข้อมูลจากภาคสนามไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ Time of Arrival ดังนั้นจึงมีการแก้ไขข้อมูลที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก โดยการเปลี่ยนข้อมูล Time of Arrival เป็นข้อมูลตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐาน
2) เนื่องจากจำนวนข้อมูลภาคสนามมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงต้องขอข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม

งานที่ดำเนินการไปแล้วส่วนที่ 2

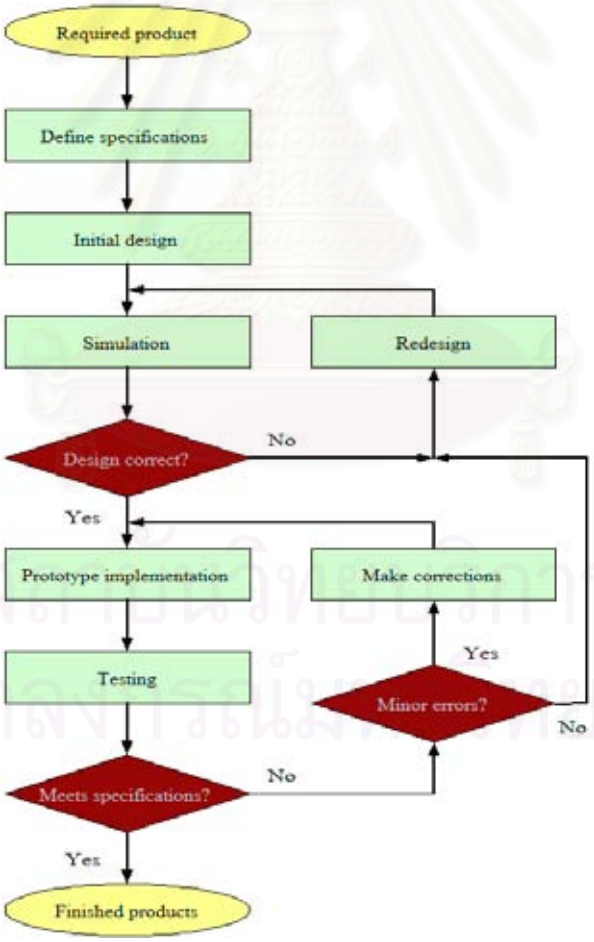
รายงานความก้าวหน้าของโครงการที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

4.15 ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการนำชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาเป็นระบบต้นแบบ

4.16 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบนิวรอลเนตเวิร์กเพื่อการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยภาษา VHDL

ผลการศึกษาแนวทางการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบของโครงการวิจัยนี้

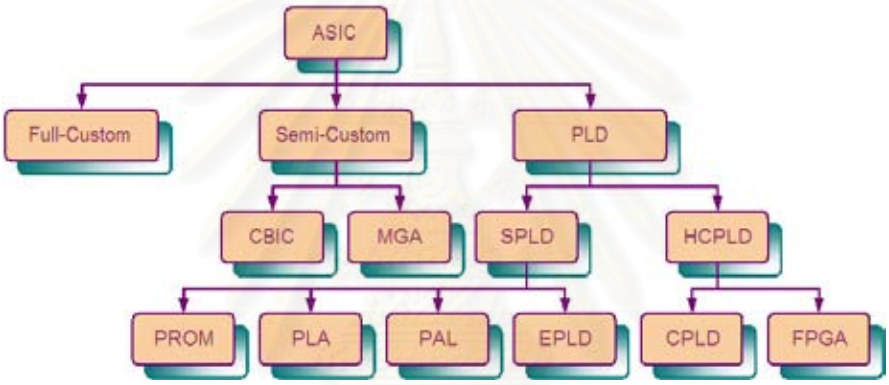
โดยทั่วไปการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ จะมีขั้นตอนเป็นไปตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ [1]

เอสิก (ASIC, Application-Specific Integrated Circuit) [2]

ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ จะต้องมีการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายประเภท รวมทั้งไอซี (Integrated Circuit, IC) ต่าง ๆ มาต่อร่วมกัน ซึ่งในยุคแรกนั้นไอซีขนาดเล็กหรือ SSI (Small-Scale Integration) ประกอบไปด้วยเกตดิจิทัลจำนวนไม่มากนัก (ประมาณ 1 ถึง 10 ตัว) ต่อมาได้มีการเพิ่มปริมาณของเกตดิจิทัลและฟังก์ชันทางลอจิกให้มากขึ้นจนกลายเป็นไอซีขนาดกลางหรือ MSI (Medium-Scale Inte-gration) การพัฒนาไอซีเป็นไปอย่างต่อเนื่องจนมาถึงยุคของ LSI (Large-Scale Integration) ซึ่งเป็นยุคที่มีการสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ตัวแรกขึ้น และในปัจจุบันเป็นยุคของ VLSI (Very Large-Scale Integration) ซึ่งเทคโนโลยีในการสร้างไอซีรุดหน้าจนสามารถสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 64 บิต ที่มีหน่วยความจำแคชกับหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ของโฟล์ทติงพอยนต์ (Floating-Point Arithmetic Units) รวมอยู่ภายในตัวมันและจากการปรากฏตัวของ VLSI ทำให้วิศวกรเริ่มมีการออกแบบไอซีตามความต้องการของลูกค้าซึ่งใช้ในระบบที่เจาะจงนอกเหนือจากการใช้ไอซีมาตรฐานเพียงอย่างเดียว โดยไอซีเหล่านี้มีชื่อเรียกว่า เอสิก (Application Specific Integrated Circuit , ASIC) ซึ่งในปัจจุบัน ASIC สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ประเภทของ ASIC

ฟูลคัสตอม (Full-custom)

ASIC ประเภทนี้ลูกค้าจะเป็นผู้ออกแบบเซลล์ลอจิก (เช่น แอนด์เกต, ออร์เกต, ตัวมัลติเพลกซ์ และ ฟลิปฟลอป) และลักษณะการจัดวางอุปกรณ์บนตัวไอซีรวมถึงหน้ากากสำหรับควบคุมการเจือและสร้างชั้นสาร (Mask) ต่างๆ ที่ ใช้ในการทำไอซีเอง ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการออกแบบและการผลิตจะสูงมาก

เซมิคัสตอม (Semi-custom)

ASIC ประเภทนี้เซลล์ลอจิกจะถูกออกแบบเอาไว้ก่อนแล้วในรูปแบบของไลบรารีและลูกค้าจะเป็นผู้ออกแบบ Mask ต่าง ๆ เอง ตัวอย่างของไอซีประเภทนี้ ได้แก่ สแตนดาร์ดเซลล์เบสด์เอสิก (Standard-Cell-Based ASIC, CBIC) และ แมสก์เกตอะเรย์เบสด์เอสิก (Masked Gate-Array-Based ASIC, MGA)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกดีไวซ์ (Programmable Logic Device, PLD)

ASIC ประเภทนี้เซลล์ลอจิกจะถูกออกแบบไว้ก่อนเช่นเดียวกับ Semi-Custom แต่ชั้นของ Mask จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ ไอซีประเภทนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เอสพีแอลดี (Simple Programmable Logic Device, SPLD) และเอชซีพีแอลดี (High Capacity Programmable Logic Device, HCPLD)

- SPLD

ASIC ประเภทนี้มีโครงสร้างภายในเป็นวงจรพื้นฐานทางด้านลอจิกต่อกันอยู่เป็นกลุ่มซึ่งมีทั้งวงจรคอมบิเนชัน (Combination) และซีเควนเชียล (Sequential) สำหรับเทคโนโลยีของวงจรที่ใช้สร้าง SPLD จะมีทั้ง ทีทีแอล (TTL) และซีมอส (CMOS) ตามความเหมาะสมของระบบแต่ละระบบ ไอซี SPLD ทุกชนิดมีหลักการพื้นฐานของวงจรภายในที่เหมือนกันโดยมีวงจรคอมบิเนชันที่เป็นผลคูณร่วมบวก (Sum of product)ประกอบไปด้วยชุดของแอนด์เกตต่อร่วมกับออร์เกต และในการโปรแกรมจะเป็นการเลือกว่าอินพุตภายในของแอนด์เกตกับสัญญาณอินพุตใดบ้างที่จะต้องต่อถึงกัน ซึ่งมีทั้งจากภายนอกและสัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุตภายในเอง เช่น การติดต่ออินพุตของออร์เกตกับเอาต์พุตของแอนด์เกตตัวต่างๆ สำหรับการโปรแกรมทางกายภาพนั้นอินพุตต่าง ๆ ของอุปกรณ์ทุกตัวจะถูกต่อผ่านฟิวส์เข้ากับแหล่งจ่ายสัญญาณ ซึ่งถ้าไม่ต้องการใช้สัญญาณใดก็จะตัดฟิวส์ตัวนั้นทิ้งทำให้สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว ไอซี SPLD บางชนิดใช้มอสทรานซิสเตอร์แทนฟิวส์ทำให้สามารถโปรแกรมโดยใช้กระแสไฟฟ้าและสามารถลบแล้วโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก สำหรับไอซีในตระกูล SPLD ได้แก่ พีรอม (Programmable Read Only Memory, PROM), พีเอแอล (Programmable Array Logic, PAL), พีแอลเอ (Programmable Logic Array, PLA) และอีพีแอลดี (Erasable Programmable Logic Device, EPLD)

- HCPLD

HCPLD เป็นอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนมากกว่า SPLD ไปอีกระดับหนึ่ง ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว SPLD และ HCPLD แตกต่างกันน้อยมาก สำหรับ HCPLD แล้วนับว่าเป็นอุปกรณ์ตัวใหม่ในตระกูลของ ASIC ซึ่งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีบทบาทที่สำคัญในการเข้ามาแทนที่ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ TTL โครงสร้างภายในของ HCPLD ประกอบไปด้วยอะเรย์ของลอจิกเกตต่าง ๆ มากมาย ซึ่งในปัจจุบันความจุเกตภายในตัวชิพ HCPLD ได้เพิ่มขึ้นจากระดับไม่กี่พันตัวจนถึงระดับล้านตัวซึ่งสามารถรองรับวงจรดิจิทัลที่มีความสลับซับซ้อนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในด้านการออกแบบพัฒนาและทดสอบก็ทำได้ง่าย ซึ่งในปัจจุบันการออกแบบวงจรโดยใช้ HCPLD กำลังเป็นที่นิยมและมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ

HCPLD ยังสามารถแบ่งย่อยได้อีกเป็น 2 ชนิด ตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการโปรแกรม ได้แก่

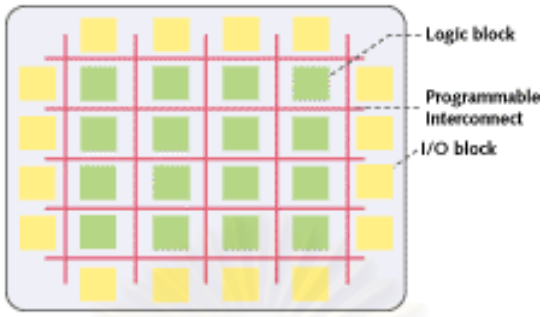
- ซีพีแอลดี (Complex Programmable Logic Device, CPLD)

เทคโนโลยีที่ใช้ใน CPLD จะเหมือนกับ EEPROM ทำให้มีความจุของเกตต่ำ โดยทั่วไปจะน้อยกว่า 20,000 เกต แต่ข้อดีของ CPLD คือสามารถเก็บข้อมูลที่โปรแกรมลงไปได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยง และในการโปรแกรมจะใช้ทรานซิสเตอร์ 1 ตัวต่อ 1 บิต ซึ่งการโปรแกรมสามารถทำได้ประมาณ 10,000 ครั้ง

- เอฟพีจีเอ (Field Programmable Gate Array, FPGA)

FPGA นี้จะใช้เทคโนโลยีในการโปรแกรมเหมือนกับ SRAM (Static RAM) ทำให้สามารถโปรแกรมซ้ำได้โดยไม่จำกัดจำนวนครั้ง นอกจากนี้ยังมีความจุของเกตในระดับปานกลางถึงสูงมาก (ประมาณ 10,000 - 1,000,000 เกต) ซึ่งข้อดีของ FPGA คือใช้เวลาในการโปรแกรมน้อย (ระดับนาโนวินาที) การโปรแกรมทำได้ง่ายเทียบได้กับการเขียน SRAM ทั่วไป และ เหมาะสำหรับการออกแบบวงจรที่มีความสลับซับซ้อน ส่วนข้อเสียคือไม่สามารถเก็บโปรแกรมในภาวะที่ไม่มีไฟเลี้ยงได้ ดังนั้น FPGA จึงมักใช้ควบคู่กับ ROM เพื่อเก็บโปรแกรมและโหลดโปรแกรมลงในตัวชิพในขณะที่เริ่มต้นใช้งาน ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ เสนอให้ใช้ FPGA ในการสร้างเป็นเครื่องต้นแบบเนื่องจากสามารถทดสอบวงจรที่ออกแบบได้อย่างสะดวก

โครงสร้างโดยพื้นฐานของ FPGA โดยทั่วไปประกอบด้วย ส่วนของตรรกะ (Logic block),ส่วนการต่อระหว่างกัน (Interconnection) และส่วนการต่อกับภายนอก (I/O block) ดังรูปที่ 9



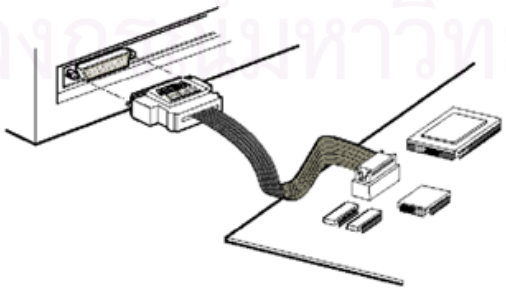
รูปที่ 9 โครงสร้างภายในของ FPGA [3]

ข้อดีของการใช้ FPGA ก็คือใช้ระยะเวลาไม่มากในการทำตั้งแต่เขียนรหัสอธิบายฮาร์ดแวร์จนกระทั่งการดาวน์โหลด นอกจากนี้การตรวจสอบหรือแก้ไขการออกแบบก็สามารถทำได้สะดวก นอกจากนี้การทำ FPGA ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสะดวกขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ FPGA ได้เพิ่มความสามารถของอุปกรณ์ FPGA โดยเพิ่มจำนวนองค์ประกอบภายใน หรือ ปรับปรุงโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายใน และยังได้เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นๆด้วย โดยปัจจัยที่ทำให้การออกแบบ FPGA ทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมีหลายประการ ได้แก่ [2]

- ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างภายในของตัวชิพ เพียงแต่มีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการออกแบบลอจิกก็เพียงพอแล้ว ซึ่งแตกต่างกับการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างภายในรวมถึงภาษา ที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์ตัวนั้นด้วย

- มีการออกแบบโดยใช้ภาษาในการอธิบายการทำงานของวงจร หรือ HDL (Hardware Des-cription Language) เป็นเครื่องมือในการออกแบบ ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความยืดหยุ่นสูง ทำได้รวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องทราบถึงลักษณะของวงจรที่ต้องการว่าจะต่อกันอย่างไร เพียงแต่กำหนดลักษณะการทำงานให้ จากนั้นตัวซอฟต์แวร์จะสังเคราะห์และประมวลผลให้ทั้งหมด นอกจากนี้ภาษาที่ใช้ยังเป็นมาตรฐานเดียวกันสามารถใช้ได้กับชิพทุกตัวและทุกบริษัท

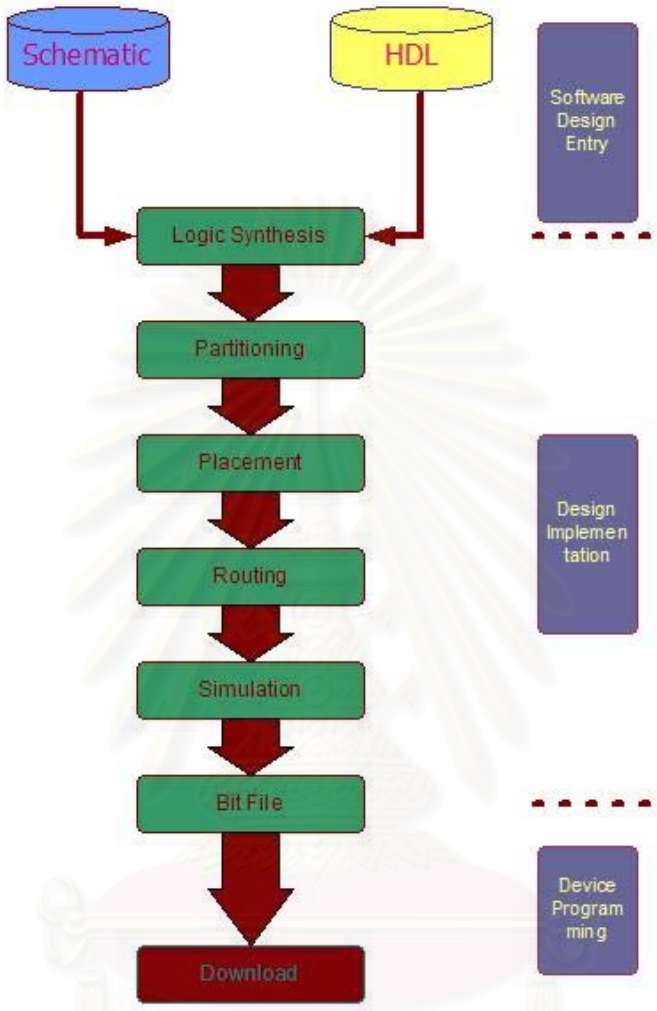
- การโปรแกรมสามารถทำได้เองและใช้เวลาไม่นาน เพียงแค่ส่งข้อมูลผ่านสายดาวน์โหลดทางพอร์ตของคอมพิวเตอร์ก็สามารถโปรแกรมตัวชิพขณะที่อยู่ในระบบได้ โดยไม่จำเป็นต้องถอดมาโปรแกรมข้างนอก ดังรูปที่ 10 และที่สำคัญสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง จึงทำให้ง่ายในการแก้ไขและพัฒนาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มแต่อย่างใด



รูปที่ 10 การโปรแกรมลงในชิพ [2]

การออกแบบด้วย FPGA [4]

การออกแบบวงจรดิจิทัลด้วย FPGA โดยทั่วไปมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ขั้นตอนการออกแบบด้วย FPGA

ซอฟต์แวร์ Design Entry

- โดยใช้ Schematic Design Entry ในไลบรารีของ FPGA

- ใช้ภาษา HDL เช่น VHDL, Verilog ในการออกแบบโดยใช้ภาษาชั้นสูงนั้นการทดสอบของวงจรไม่ขึ้นกับเทคโนโลยีเป้าหมาย (Technology independent) ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องกังวลถึงค่าการประวิงเวลาของอุปกรณ์ที่มากับเทคโนโลยีนั้น การทดสอบความถูกต้องเป็นในลักษณะการตรวจสอบระดับฟังก์ชันการทำงานโดยใช้ซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการทำงาน (Simulation) ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้เสนอใช้ภาษา VHDL หรือ VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) Hardware Description Language ซึ่งเป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยเป้าหมายของโครงการนี้ก็เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการออกแบบวงจรรวมหรือไอซีให้สูงขึ้น และสามารถทำได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เป้าหมายหลักของพัฒนาภาษา VHDL มี 2 ประการคือ

1. เนื่องจากนักออกแบบวงจรรวมมีความต้องการภาษาที่สามารถรองรับการออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน

2. นักออกแบบต้องการภาษาที่เป็นมาตรฐาน หรือเป็นภาษากลางที่ทำให้สามารถเผยแพร่ผลงานการออกแบบกันภายในกลุ่มนักออกแบบด้วยกันได้

ข้อดีของ VHDL มีดังนี้คือ

1. Standard VHDL เป็นมาตรฐานของ IEEE ทำให้มี Tools และบริษัทที่สนับสนุนการทำงานมากมาย นอกจากนี้วงจรที่ออกแบบโดย VHDL ก็จะใช้งานได้นานเนื่องจากมีความเข้ากันได้ของภาษากับวงจรที่ได้รับการออกแบบใหม่
2. Government Support เนื่องจาก VHDL ได้รับการพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นการออกแบบวงจรโดยใช้ภาษา VHDL จึงได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา
3. Industrial Support เนื่องจากภาษา VHDL เป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานของ IEEE จึงมีอุตสาหกรรมจำนวนมากที่รองรับการออกแบบที่ใช้ภาษา VHDL
4. Portability การออกแบบโดยใช้ภาษา VHDL สามารถนำไปจำลองการทำงานหรือสังเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ตัวใดก็ได้ที่รองรับภาษา VHDL จึงทำให้การออกแบบด้วยภาษา VHDL เป็นการออกแบบที่ไม่ยึดติดกับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบ
5. Modeling Capability ผู้ออกแบบวงจรสามารถออกแบบวงจรโดยใช้ภาษา VHDL ได้หลายระดับตั้งแต่ระดับ Electronic boxes ถึงระดับทรานซิสเตอร์ และสามารถออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนสูงและมีขนาดใหญ่มากได้
6. Reusability วงจรที่ออกแบบโดยภาษา VHDL สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขวงจรได้ง่าย
7. Documentation VHDL เป็นภาษาในรูปแบบบรรยายพฤติกรรม ทำให้เราสามารถอธิบายการทำงานของวงจรภายในการออกแบบได้ทันที

Design Implementation

ขั้นตอนนี้ต่อเนื่องจากขั้นตอนซอฟต์แวร์ Design Entry ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแปลงแบบที่ได้ออกแบบจาก Schematic หรือ HDL ให้เป็นลอจิก ซึ่งอาจใช้ซอฟต์แวร์สำหรับสังเคราะห์วงจร (Logic synthesis) แล้วแบ่งลอจิกเป็นส่วน ๆ (Partitioning) และวางตำแหน่ง (Placement) ของลอจิก, ต่อสายสัญญาณ (routing) หลังจากนั้นจึงจำลองการทำงานของระบบ (Simulation) สุดท้ายเป็นการสร้างไฟล์สำหรับโปรแกรมลงชิพ (bit file)

Device Programming

การโปรแกรมอุปกรณ์หรือชิพ FPGA นั้น มีเทคนิคหรือวิธีใหญ่ๆ 3 ลักษณะ ได้แก่ การโปรแกรมโดยผ่านสายดาวน์โหลด, การโปรแกรมโดยใช้ตัวเก็บข้อมูลบิตไฟล์ และการโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมไอซี ทั้งนี้ตัวชิพจะต้องสนับสนุนการทำงานในโหมดของการโปรแกรมเหล่านี้ด้วย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงาน

1) รู้วิธีการใช้งานโปรแกรม MapInfo สำหรับการอ่านข้อมูลภาคสนามที่ได้รับจากหน่วยงานภายนอก
2) รู้วิธีการเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่และสถานีฐานที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก
3) รู้วิธีการจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการคัดเลือกตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่และสถานีฐานที่เหมาะสมจากข้อที่ 2) สำหรับนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และจัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามที่จะขอเพิ่มเติมในครั้งต่อไปได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

4) รู้ว่าข้อมูลภาคสนามมีข้อมูลที่แตกต่างจากข้อสมมติฐานของการจำลองระบบ เช่น ข้อมูลจากภาคสนามไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ Time of Arrival ดังนั้นจึงมีการแก้ไขข้อมูลที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก โดยการเปลี่ยนข้อมูล Time of Arrival เป็นข้อมูลตำแหน่งละติจูด-ลองติจูดของสถานีฐานแทน
5) รู้วิธีการประยุกต์ใช้นิวรอลเนตเวิร์ก (จากข้อที่ 4) ให้เข้ากับข้อมูลจริงภาคสนาม
6) รู้วิธีการนำชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยนิวรอลเนตเวิร์กเป็นระบบต้นแบบ
7) รู้วิธีการออกแบบนิวรอลเนตเวิร์กเพื่อประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยภาษา VHDL

5. ส่วนงานที่จะดำเนินการต่อไป

งานที่จะดำเนินการในส่วนที่ 1

5.1 ขอข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM และ CDMA เพิ่มเติม เพื่อที่จะนำไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์กได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2 จัดรูปแบบข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM และ CDMA ที่ได้จากข้อที่ 5.1 ให้ตรงกับข้อมูลที่จะนำไปในฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.3 นำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM ที่ได้รับการจัดรูปแบบข้อมูลแล้ว (จากข้อที่ 5.2) ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.4 วิเคราะห์ผลการนำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.5 ปรับปรุงผลการทดสอบจากการนำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.6 ทดสอบผลการฝึกนิวรอลเนตเวิร์กจากข้อที่ 5.3 โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบจากข้อมูลภาคสนาม

5.7 นำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ CDMA ที่ได้รับการจัดรูปแบบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว (จากข้อที่ 5.2) ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.8 วิเคราะห์ผลการนำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ CDMA ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.9 ปรับปรุงผลการทดสอบจากการนำชุดข้อมูลภาคสนามของระบบ GSM ไปใช้ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

5.10 ทดสอบผลการฝึกนิวรอลเนตเวิร์กจากข้อที่ 5.6 โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบจากข้อมูลภาคสนาม

5.11 สรุปผลการทดสอบจากข้อที่ 5.6 และข้อที่ 5.10

งานที่จะดำเนินการในส่วนที่ 2

5.12 ออกแบบและจำลองการทำงานของนิวรอลเนตเวิร์กเพื่อแสดงความสามารถในการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ด้วยภาษา VHDL

5.13 รวบรวมข้อมูลชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาเป็นระบบต้นแบบ

5.14 นำระบบที่ออกแบบมาพัฒนาเป็นระบบต้นแบบการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

5.15 ทดสอบระบบต้นแบบการประมาณค่าตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่

6. ผลิตผลและหรือความสัมฤทธิ์ผลของงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

6.1 วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์ของนายปิติ เล็กอุทัย

6.2 ความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก

6.2.1 บริษัท ADA Cell Works

6.2.2 บริษัท สยามพารากอน

6.3 อื่นๆ

6.3.1 ซอฟต์แวร์จำลองระบบ

6.3.2 ซอฟต์แวร์ฝึกนิวรอลเนตเวิร์ก

7. รายการอ้างอิง

[1] Stephen Brown and Zvonko Vranesic, “Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design,” McGraw-Hill, 2000.

[2] http://www.astronlogic.com

[3] Barr, Michael, “Programmable Logic: What's it to Ya?,” Embedded Systems Programming, June 1999, pp. 75-84.

[4] http://www.tidi.nectec.or.th/~kitalo/index.htm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย