[บทความทั่วไป]

■ ดร. สุธี ผู้เจริญชนะชัย
ดร. กนกเวทย์ ตั้งพิมลรัตน์

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในอุตสาหกรรม: (บทเรียนจากเพื่อนบ้าน)

บทนำ

เมื่อต้นเดือนสิงหาคมที่ผ่านมา ผู้เขียนได้เข้าร่วมการประชุม SICE Annual Conference 2003 (www.sice.or.jp) ณ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจัดโดย Society of Instrument and Control Engineers(SICE) ในการประชุมดังกล่าว มีการนำเสนอ session พิเศษว่าด้วยเรื่อง “Industrial Control Applications” ซึ่งประกอบด้วยการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ระบบควบคุมในอุตสาหกรรมจากหลายประเทศ ในภูมิภาคเอเชีย ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน และไทย บทความนี้เป็นผลการสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการประชุมดังกล่าว โดยเน้นการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ ท่านผู้อ่านสามารถติดตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีระบบควบคุมเพิ่มเติมผ่านทางเว็บไซต์ของทีมวิจัยได้ที่ www.nectec.or.th/electronics

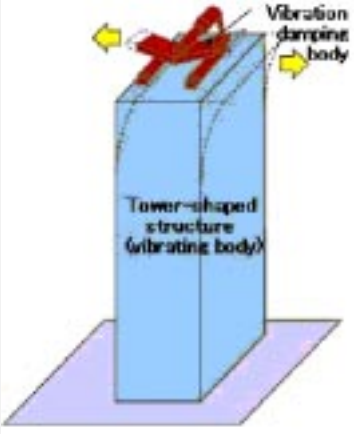
การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในญี่ปุ่น

ญี่ปุ่น เป็นประเทศที่มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลอัตโนมัติ โดยเฉพาะเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computer Numerical Control Machine) และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) มายาวนานที่สุดในภูมิภาคเอเชียนี้ ช่วงกลางทศวรรษที่ผ่านมาในญี่ปุ่น ได้เกิดแนวคิดในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมแบบสหวิทยาการที่เรียกว่า แมคคาทรอนิกส์ (Mechatronics) ซึ่งประกอบด้วยวิทยาการ 4 สาขาด้วยกันคือ เครื่องกล อิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ การควบคุม แนวคิดแบบนี้ มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าแนวคิดแบบแยกส่วน อุตสาหกรรมที่ได้ประโยชน์มากจากแนวคิดนี้ได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์ (เช่น ระบบกันสะเทือน) อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล(เช่น เครื่องจักรกลอัตโนมัติ หุ่นยนต์ เพื่องานผลิตหรือเพื่อความบันเทิง) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์(เช่น ฮาร์ดดิสก์ เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับ) เป็นต้น

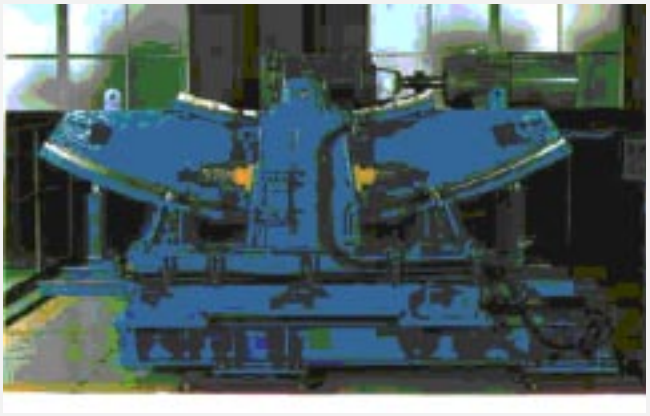
Kawasaki Heavy Industry (www.tech.khi.co.jp และ www.ihi.co.jp) เป็นบริษัทตัวอย่างแห่งหนึ่ง ที่ได้รับเชิญมานำเสนอประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้แนวคิดดังกล่าว คุณโคโนะ (Yukinobu Kohno) ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมระบบควบคุมของบริษัทฯ ได้นำเสนอผลงานวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมเครื่องจักรกลและโครงสร้างขนาดใหญ่ที่หลากหลาย[1] ซึ่งสามารถสร้างต้นแบบ เพื่อทดลองได้ จำนวนจำกัด เนื่องจากใช้เวลาและเงินทุนมาก แนวทางออกแบบระบบควบ-

คุมที่เหมาะสมของบริษัทฯ จึงใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบควบคุม กล่าวคือ เป็น “Model Based Control System Development” นั่นเอง โดยมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

- การควบคุมการสั่นในโครงสร้างสะพาน เป็นการพัฒนา ระบบ Active Mass Damper (AMD) โดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมควบคู่กับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีควบคุมแบบ H_∞ ในการออกแบบตัวควบคุม AMD ให้โครงสร้างสามารถรองรับความถี่การสั่นสะเทือนจากปัจจัยภายนอก เช่น แรงลม (wind-induced vibration) ตามรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งแนวคิดเดียวกันนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการลดการสั่นสะเทือนแนวข้างสำหรับตู้รถไฟด้วย
- การควบคุมทิศทางเครนติดล้อเลื่อนเพื่อใช้ขนถ่ายคอนเทนเนอร์ ซึ่งมีระบบเคลื่อนที่เป็นแบบ non-holonomic และมีพลวัตแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear Dynamics) จึงต้องใช้เทคนิคการควบคุมชนิดไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อให้สามารถควบคุมตำแหน่งคอนเทนเนอร์ได้ตามต้องการ
- การควบคุมทิศทางการเข้าจอดของเรือเดินสมุทร โดยอาศัยแบบจำลองไม่เป็นเชิงเส้นอันเนื่องมาจากคุณลักษณะการไหล (Flow Characteristic) และระบบขับเคลื่อนของเรือ เทคนิคควบคุมทิศทางที่ใช้เป็น online nonlinear optimal control เพื่อเรือสามารถเคลื่อนตามเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Route Tracking) ได้



รูปที่ 1 แนวคิดการควบคุม สำหรับลดการสั่นของสะพานและตึกสูง



รูปที่ 2 ตัวอย่างตัวควบคุมสำหรับลดการสั่นของสะพานและตึกสูง

Toshiba Corporation (www.toshiba.co.jp) ได้นำเสนอสองบทความที่น่าสนใจ ในบทความแรก ดร. นาคาโมโตะ (Masaki Nakamoto) จากฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง(Advanced Technology Department) ได้นำเสนอประสบการณ์การพัฒนาระบบควบคุมกระบวนการในโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant)[2] ซึ่งแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้มีจำนวนตัวแปรมากกว่า 200 ตัว ส่งผลให้ระบบควบคุมแบบกระจาย(Distributed Control) มีความเหมาะสมมากกว่าการควบคุมแบบรวมศูนย์ โดยโครงสร้างระบบควบคุมที่ใช้แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับล่างใช้เทคนิคการควบคุมแบบ PID หรือ LQR ส่วนระดับบนใช้เทคนิคการควบคุมแบบ Model Predictive Control เพื่อรองรับผลกระทบจากเวลา (Delay) ที่ต้องใช้ในการวัดค่าตัวแปรบางตัว ผลดีจากการใช้ระบบควบคุมดังกล่าว ทำให้สามารถลดเวลาการปรับสถานนะระบบตามโหลดของโรงไฟฟ้าส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายได้มาก

อีกบทความหนึ่งจากโตชิบานั้น มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control System)[3] โดยนำเสนอการออกแบบชุดควบคุมสำหรับเครื่อง Wire Bonder ในการผลิตวงจรรวม(Ic) ซึ่งเป็นการออกแบบเครื่องจักรที่มีหกองศาอิสระ(Degree of Freedom) โดยกล่าวถึงการออกแบบตัวควบคุมแบบดิจิทัล (Digital Controller) โดยเน้นเรื่องการปรับปรุงการตอบสนองเชิงความถี่(Frequency Response) ของ Speed Loop ที่มีการแกว่ง(Oscillation) ทั้งในส่วนของ Current Loop และ Mechanical System และทำการจำลองกระบวนการแกว่งโดยใช้ซอฟต์แวร์ Simulink และทำการวัดผลเทียบกับการจำลองซึ่ง จะเน้นเรื่องผลที่ควรออกมาตรงกัน นอกจากนี้มีการพิจารณาถึงผลกระทบด้านสมรรถนะ (Performance) ที่เกิดจากตัวแปรต่างๆ อาทิ (1) จำนวนบิท (bit) ที่ใช้ในกระบวนการแปลงสัญญาณทั้งส่วนแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D) และส่วนดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (D/A) (2) delay time ของระบบ (3)Torque limit และ (4)sampling time เป็นต้น

ทั้งนี้ด้วยสมรรถนะของการควบคุมตำแหน่งที่ต้องการการเคลื่อนที่ของแท่น ในระดับ 125 msec/20 mm ระบบ servo controller ที่ใช้จำเป็นต้องมีประสิทธิภาพสูง และจำเป็นต้องการการออกแบบในเชิงวิเคราะห์มากขึ้น เช่น ต้องมีการพิจารณาผลจาก mechanical properties การเลือกมอเตอร์ ซึ่งจากการเลือกแบบจำลองของระบบ โดยเน้นที่การเปรียบเทียบจุด

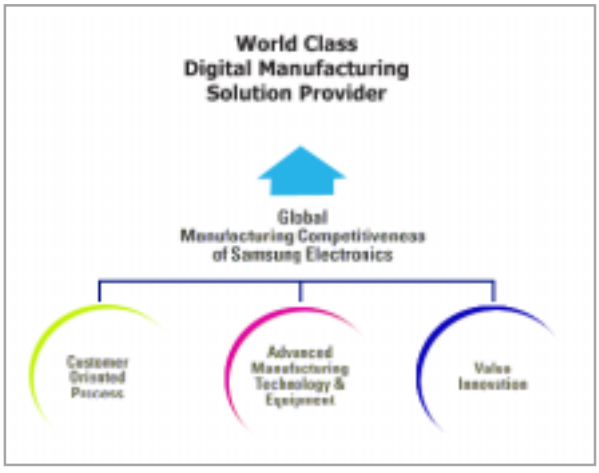
resonant ซึ่งมีทั้งที่เกิดขึ้นระหว่าง stage กับ nut และระหว่าง ball screw กับ coupling และที่เป็นส่วนของ current control system ซึ่งจากโมเดล ที่สามารถแทนได้ด้วยระบบแบบ second order ที่ได้เมื่อเทียบกับ frequency response ของ speed loop จึงมาทำการสรุป sampling period ของ speed และ position loop ซึ่งจากระบบตัวอย่างค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.6 msec และ 0.2 msec ตามลำดับ กรณีศึกษาเหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิผลการวิเคราะห์ปัญหาตลอดจนพัฒนาระบบควบคุมได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้ร่วมกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยจำลองกระบวนการและออกแบบระบบควบคุม ซึ่งมีต้นทุนต่อหน่วย ในการจัดหาและดำเนินการถูกลงมากในปัจจุบันในเรื่องของการสื่อสารเชื่อมโยงกันระหว่างเครื่องจักรกล ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่นักอุตสาหกรรมหลายแขนงให้ความสนใจ เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexble Manufacturing) ในประเด็นนี้ มีตัวแทนจากภาคอุตสาหกรรม (JGC Corp.)ได้เสนอแนวคิดเรื่องการนำเอาเทคโนโลยี FieldBus[4] ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบดิจิทัลมาใช้แทนระบบการวัดและควบคุมในโรงงานทั่วๆ ไปที่เป็นระบบส่งผ่านแบบแอนะล็อก 4 – 20 mA เพื่อวัตถุประสงค์เรื่องการลดต้นทุนในการบำรุงรักษาและลดระยะเวลาในการตรวจสอบระบบ ซึ่งการนำเอาระบบ FieldBus มาใช้งานเริ่มกันมาตั้งแต่ปี 1994 ซึ่งเป็นการร่วมกันกำหนดระหว่าง WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) และ ISP (Interoperable System Project) โดยที่ผ่านมาจะใช้กับระบบควบคุมกระบวนการต่างๆ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งจากข้อมูลที่รวบรวมได้พบว่า ต้นทุนในการติดตั้งระบบแบบ FieldBus จะแพงกว่าระบบเดิมๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบ 4-20 mA หรือ Smart Hart type ประมาณ 8 % แต่เนื่องจากค่าบำรุงรักษาต่อปีโดยทั่วไปจะมีมูลค่าสูงประมาณถึง 40% ของค่าใช้จ่ายดำเนินการ (operating cost) ทั้งหมด ดังนั้นระยะเวลาในการตรวจวัด และซ่อมบำรุงต่างๆ ที่ลดลงด้วยการใช้เทคโนโลยี FieldBus ส่งผลต้นทุนระยะยาวลดลงได้อย่างมาก สำหรับแนวโน้มการออกแบบจะเป็นแบบ segment design โดยจะเป็นการออกแบบก่อนเริ่มโครงการ โดยมีการพิจารณาถึงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักรกลและเครื่องมือต่างๆ กัน

จนถึงปัจจุบันมี FieldBus กว่า 50 ชนิดซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ กันไป ถึงแม้ว่าทาง IEC (International Electrotechnical Commission) ได้มีการกำหนดมาตรฐาน IEC-61158 ออกมาแล้วเมื่อปี 1999 ให้เหลือเพียง 8 มาตรฐานแล้วก็ตาม ซึ่งแต่ละแบบก็มีคุณลักษณะข้อดีไม่ว่าจะเป็น scan rate, bust and segment length, cycle error และ jitter ที่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีการวัดและเปรียบเทียบทั้งในมุมมองของนักวิชาการและผู้ใช้ หรือทั้งในแง่ของคุณภาพและปริมาณ รวมทั้งในแง่ของ dynamic ก็ได้รับความสนใจมากขึ้นและมีการนำเสนอเป็นบทความในที่นี้

ในการประชุมครั้งนี้ ยังมีการนำเสนอแนวคิดใหม่เรียกว่า “Mobili gence” ซึ่งเป็นแนวคิดเพื่อการพัฒนาปัญญา (Intelligence) และการเรียนรู้จากความสามารถในการเคลื่อนไหว (Mobility) ของกลไกต่างๆ โดยอ้างอิงข้อเท็จจริงในการพัฒนาการเรียนรู้ของของสัตว์หลายชนิดที่สามารถเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงการออกแบบและพัฒนาระบบแมคคาทรอนิกส์ โดยเฉพาะในกลุ่มอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ ประเภทต่างๆ อาทิ หุ่นยนต์เพื่อความบันเทิง หุ่นยนต์ช่วยผู้พิการ หุ่นยนต์สำรวจ หุ่นยนต์ช่วยในการผลิต เป็นต้น

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในเกาหลี

เกาหลี เป็นประเทศหนึ่งในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมใหม่ (NICS) ที่มีการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมในหลายอุตสาหกรรมที่ต้องใช้กระบวนผลิตแบบอัตโนมัติ เช่น ยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแนวหน้าที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์ (Samsung Electronics) ก็นับเป็นหนึ่งในบริษัทชั้นนำด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศเกาหลี โดยมีศูนย์แมคคาทรอนิกส์ (www.samsung.com/fa) ซึ่งถูกจัดตั้งมากว่า 20 ปี เป็นกลไกในการเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันด้านเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ของบริษัท เพื่อให้เป็นผู้นำเทคโนโลยีการผลิตระดับโลกตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิสัยทัศน์ของศูนย์แมคคาทรอนิกส์

ดร. ซุง (Hak-Kyung Sung) ผู้อำนวยการสถาบันระบบอัจฉริยะ (Institute of intelligent system) สังกัดศูนย์แมคคาทรอนิกส์ ได้นำเสนอความเป็นมาของการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของเกาหลี[5] โดยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความต้องการกระบวนการผลิตอัตโนมัติ เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีความละเอียดสูง อาทิ จอภาพแบบแบน (Flat Panel Display) อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semi-Conductor Device)

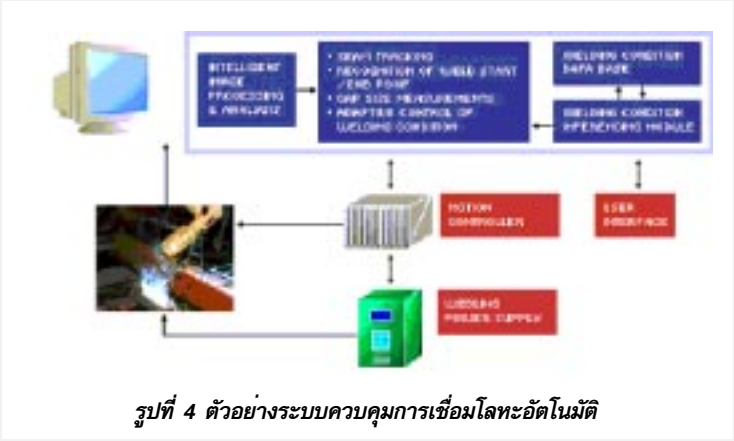
ในช่วงแรกของการพัฒนานั้น ส่วนใหญ่ริเริ่มจากการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการผลิตกึ่งอัตโนมัติ โดยต่อยอดจากเทคโนโลยีเครื่องจักรกลพื้นฐานที่มีอยู่แล้วของประเทศ ในระยะต่อมามีความต้องการระบบการผลิตอัตโนมัติซึ่งมีซับซ้อนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอกนิกส์ จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงหลายชนิด อาทิ (1)เทคโนโลยีการควบคุมการเคลื่อนที่หลายแกน (Multi-Axis Motion Control) ในรูปของหุ่นยนต์ประเภท SCARA (หรือ Selectively Compliant Assembly Robot Arm) (2)เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อในการตรวจสอบชิ้นงานที่มีความละเอียดสูง และ (3) เทคโนโลยียานนำร่องอัตโนมัติ (Automatic-Guided Vehicle: AGV) เพื่อการขนถ่ายชิ้นส่วนในกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ

ดร. ซุง ได้อธิบายลำดับการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมของบริษัทฯ ดังนี้

- 1990: พัฒนาระบบการผลิตอัตโนมัติอย่างง่าย (Simple Automation)
- 1995: พัฒนาระบบการผลิตและตรวจสอบอัตโนมัติ (Assembly & Inspection)
- 2000: พัฒนาสมรรถนะด้านความละเอียดละเอียด (High Precision)
- 2002: พัฒนาเป็นโรงงานอัตโนมัติที่มี Global Optimization

นอกจากนี้ ดร. ซุง ยังได้นำเสนอประสบการณ์ การพัฒนายานนำร่องอัตโนมัติ (AGV)เข้ามาใช้ในกระบวนการขนถ่ายแผ่นเวเฟอร์สารกึ่งตัวนำ (semi-conductor wafer) ซึ่งใช้เวลามากกว่า 5 ปี เริ่มตั้งแต่ช่วงกลางทศวรรษที่ผ่านมา ด้วยการร่วมมือทางเทคโนโลยีกับต่างประเทศ แต่ยังคงไว้ซึ่งกลยุทธ์การสร้างตัวควบคุม(Controller) ด้วยบุคลากรของบริษัท ผลที่ได้คือ การมีเทคโนโลยีระบบควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control System)ของบริษัทเอง และยังเป็นโอกาสนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการวางแผนการผลิต (Scheduling) และการเพิ่มผลิตภาพสูงสุดในกระบวนการ (Process Optimization) โดยได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการพัฒนาจากการจัดหาเครื่องจักรมาก่อน แล้วค่อยออกแบบ ระบบการผลิตให้สอดคล้องกับคุณสมบัติเครื่องจักรเป็นการออกแบบระบบการผลิตที่ดีที่สุดก่อนแล้วค่อยจัดหาเครื่องจักรที่สอดคล้องแทน

นอกเหนือจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แล้ว กลุ่มซัมซุงยังได้ลงทุนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล อาทิ ในบริษัท Samsung Heavy Industries (www.shi.samsung.co.kr) ได้พัฒนาระบบควบคุมการเชื่อมอัตโนมัติ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการต่อเรือและเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 ซึ่งมีการผสมผสานเทคโนโลยีการประมวลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) และเทคโนโลยีการควบคุมแบบปรับตัว (Adaptive Control) ในเพิ่มสมรรถนะการควบคุม



รูปที่ 4 ตัวอย่างระบบควบคุมการเชื่อมโลหะอัตโนมัติ

แม้ว่าภาคเอกชนจะมีบทบาทมากกว่าภาครัฐในการลงทุนด้านวิจัยประยุกต์และพัฒนาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหลายแห่งในเกาหลีก็มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนทางการวิจัยพื้นฐาน พัฒนาวิศวกรและนักวิจัยรุ่นใหม่ ตลอดจนช่วยทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อาทิ เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีหุ่นยนต์ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น *(หมายเหตุ: มีการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการหลายแห่งที่เกี่ยวข้อง เช่น Engineering Research Center for Advanced Control and Instrumentation ณ Seoul National University, Automation Research Center ณ Pohang Institute of Science and Technology และ Artificial Intelligence Center ณ Korea Advanced Institute of Science and Technology เป็นต้น)*

สำหรับแนวโน้มอนาคตของระบบควบคุมที่จะได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมเกาหลีนั้น ดร. ซุง คาดว่าจะมีโครงสร้างพื้นฐานแบบ PC based architecture เนื่องจากอุตสาหกรรมในประเทศส่วนใหญ่มิได้มุ่งเน้นพัฒนาเทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์ความเร็วสูง จึงพยายามเลือกรับเทคโนโลยีไมโครโพรเซสเซอร์ที่ได้รับความนิยมและมีระบบสนับสนุนที่หลากหลายจากต่างประเทศแทน

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในไต้หวัน

ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจที่ 8 ปี (ค.ศ.1982-1985) ของไต้หวัน ภาครัฐได้ส่งเสริมให้เทคโนโลยีการผลิตอัตโนมัติ (manufacturing automation) เป็นหนึ่งในสี่เทคโนโลยียุทธศาสตร์สำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ (นอกเหนือจากพลังงาน วิทยาศาสตร์สารสนเทศ และวัสดุศาสตร์) [11]

หน่วยงานที่สำคัญแห่งหนึ่งต่อการสนองนโยบายรัฐ ในการพัฒนาอุตสาหกรรมของไต้หวัน ได้แก่ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (Industrial Technology Research Institute: ITRI) ซึ่งมีบุคลากรกว่า 6,000 คนในปี ค.ศ.2002 รองรับการพัฒนาเทคโนโลยีใน 5 สาขาหลัก ได้แก่

1) communications and opto-electronics
2) precision machinery and MEMS
3) material and chemical engineering
4) sustainable development
5) biotechnology and medicine

ภายใน ITRI (www.mirl.itri.org.tw) มีฝ่ายเทคโนโลยีควบคุมและเครื่องจักรกล (Precision Machine and Control Technology Division) และห้องปฏิบัติการวิจัยอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล (Mechanical Industry Research Laboratories) ทำหน้าที่วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมเครื่องจักรกล ที่สอดคล้องความต้องการในภาคอุตสาหกรรมในการประชุมครั้งนี้ ดร. จาง (Chau Lin Chang) รองผู้อำนวยการฝ่ายฯ ได้นำเสนอภารกิจที่ผ่านมาของ ITRI[6] ภายใต้ชุดโครงการเทคโนโลยีอัตโนมัติ(automation program) ซึ่งประกอบด้วย 2 ชุดโครงการย่อย

(1) ชุดโครงการย่อย “eB-CIM Technology” เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อช่วยในการผลิต ตั้งแต่การวางแผนการผลิต ไปจนถึงบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยพัฒนาซอฟต์แวร์สนับสนุนต่างๆ บนพีซี อาทิ Product Data Management (PDM), Flexible Manufacturing System (FMS) ฯลฯ

(2) ชุดโครงการย่อย “mechatronic integration control technology” เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมเครื่องจักรกลการผลิตโดยใช้แนวคิดแบบแมคคาทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องจักรในอุตสาหกรรมหลักของไต้หวัน เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมโลหะการ เป็นต้น

ดร. จาง ได้ยกตัวอย่างผลผลิตจากชุดโครงการย่อย “mechatronic integration control technology” ในรูปต้นแบบอุปกรณ์ ที่ใช้ในอุตสากรรมการผลิต ได้แก่ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ชุดขับแบบเซอร์โว (Servo Drive) ตัวควบคุมแบบซีเอ็นซี (CNC controller) และระบบควบคุมการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ใช้อุปกรณ์เหล่านี้ ส่งผลให้เกิดการนำไปพัฒนาต่อเป็นธุรกิจอุตสาหกรรมอย่างครบวงจรโดยหลายบริษัท เช่น Jsedm (เครื่อง wire-EDM), Extron (เครื่อง CNC), Chen Hsong (เครื่องฉีดพลาสติก), KMEC (เครื่อง IC die bonding) ฯลฯ โดยเฉพาะเครื่อง Wire-EDM นั้น ไต้หวันเป็นผู้นำตลาดอันดับสามของโลก

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาโดย ITRI

กลยุทธ์หนึ่งเบื้องหลังความสำเร็จของชุดโครงการย่อยนี้เกิดในปี ค.ศ. 1990 โดยทาง ITRI ได้ริเริ่มพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมด้วยพีซี (PC Based Control Technology) ขึ้น เนื่องจากไต้หวันมีฐานการผลิตคอมพิวเตอร์พีซีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial PC) ขนาดใหญ่ และโครงสร้างพีซีเป็นสถาปัตยกรรมเปิด (Open Architecture Platform) ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนพื้นฐานหลากหลาย อาทิ คีย์บอร์ด จอภาพ อุปกรณ์เก็บข้อมูล อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย เป็นต้น ส่งผลให้ Itri สามารถลดงานให้เหลือเพียง 2 งานหลัก

ด้วยกัน คือ งานพัฒนา Component Module ในรูปของบอร์ดควบคุม การเคลื่อนที่ (Motion Controller) และอินพุตเอาต์พุต (I/O Controller) และงานพัฒนา system application ในรูปซอฟต์แวร์เชื่อมต่อผู้ใช้ให้สอดคล้องตามลักษณะเครื่องจักรกลที่ต้องการควบคุม ดร.จางได้ยกตัวอย่าง 2 แนวทางในการพัฒนาบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่ของ ITRI ได้แก่

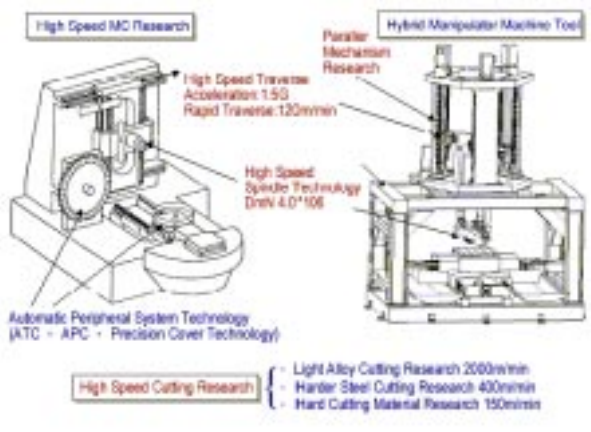
- แนวทางพัฒนาบนชิป ASIC หรือวงจรรวมเฉพาะทาง โดย ITRI ได้พัฒนาต้นแบบชิป ASIC เรียกว่า “EPCIO” ที่สามารถรองรับงานควบคุมการเคลื่อนที่ได้สูงสุดถึง 6 แกน ในปี 2002 มีมากกว่า 10 บริษัทได้นำไปใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ADVENTECH และ AD-Link เป็นต้น
- แนวทางพัฒนาบนชิป DSP หรือ ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลทั่วไป ซึ่งแม้ว่าต้องพัฒนา ซอฟต์แวร์เพิ่มเติมมากขึ้น แต่สร้างความหลากหลายในสมรรถนะของการควบคุมได้มากกว่า นอกจากนี้ ในปัจจุบันทาง ITRI ได้เลือกใช้ชิป DSP แบบ floating point จากต่างประเทศมาพัฒนาเป็นต้นแบบบอร์ดควบคุมที่รองรับการเชื่อมต่อมาตรฐานเชื่อมต่อพีซีทั้งแบบ ISA และ PCI ตลอดจนมาตรฐานเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ SERCOS เพื่อเพิ่มทางเลือกในการเชื่อมต่อกับผู้ผลิตจากทั้งในและต่างประเทศ

ส่วนงานพัฒนาด้าน System Application นั้น ITRI ได้พัฒนาระบบเชื่อมต่อผู้ใช้ (Man-Machine Interface System) แบบต่างๆ โดยริเริ่มพัฒนาบนระบบปฏิบัติการดอส (DOS) จนมาเป็นระบบปฏิบัติการวินโดว์ส (Windows) ที่มี real-time kernel ในปัจจุบัน

นอกจากชุดโครงการ Automation ของ ITRI แล้ว รัฐบาลไต้หวันยังส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาควบคู่กันไปทั้งในภาครัฐและเอกชน โดยผ่าน กลไกให้ทุนสนับสนุนของ National Science Council (NSC) ในสาขา Control Technology ตัวอย่างผลงานเด่น ได้แก่ ต้นแบบ PC-based PLC, micro-actuator, micro-sensor และระบบ ควบคุมแบบ SCADA สำหรับกระบวนการผลิต สารกึ่งตัวนำ เป็นต้น

แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ของไต้หวัน แสดงตัวอย่าง ดังรูปที่ 6 และ 7 ซึ่งคาดว่าจะมุ่งสู่เครื่องจักรกลที่มีความเร็วสูง (High-Speed Machining Center) ในอุตสาหกรรมโลหะการ เครื่องจักรกลสำหรับชิ้นงาน ขนาดเล็ก (Micro Machining Center) ในอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ ตลอดจนการพัฒนาระบบเชื่อมโยงหน่วยการผลิตต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีความต้องการเทคโนโลยีระบบควบคุมที่มีสมรรถนะสูงขึ้น

รูปที่ 6 โครงสร้างเทคโนโลยี การผลิตตามแผนการพัฒนาของ ITRI



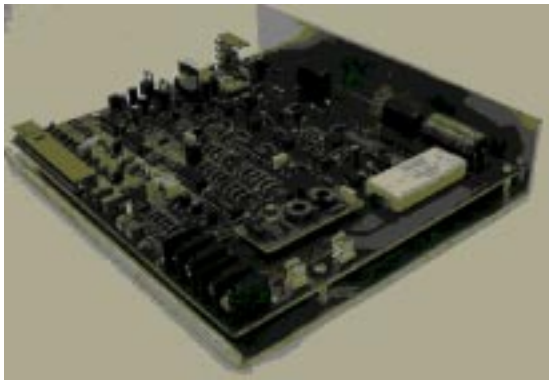
รูปที่ 7 แนวทางพัฒนาเครื่องจักรกลอัตโนมัติความเร็วสูง

ผู้เขียนได้นำเสนอบางแง่มุมของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมไทย[7] โดยอาศัยข้อมูลจากต้นสังกัด คือ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และผู้เกี่ยวข้องในภาคอุตสาหกรรมที่เคยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล

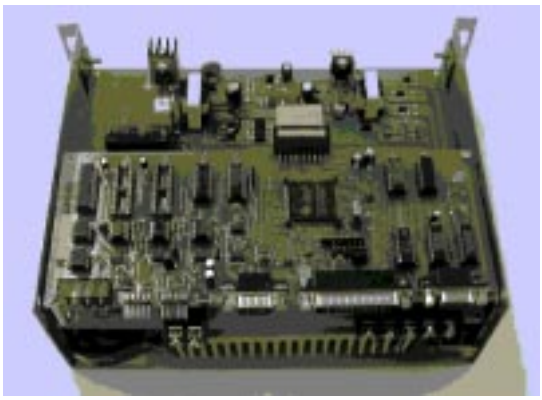
ในกลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ พบว่ามีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสสลับ[8] UPS[8] เครื่องเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์[12] และชุดขับมอเตอร์แบบเซอร์โว[9][12] โดยส่วนใหญ่ ใช้เทคนิคการควบคุมแบบ พีไอดี (Proportional-Derivative-Integral Control) เป็นวิธีพื้นฐานในการควบคุมยกตัวอย่าง เช่น

- เครื่องเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Welder) ใช้วิธีควบคุมแบบ PI ในการควบคุมกระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม และใช้วิธีจ่ายพลังงานด้วยเทคนิค Pulse-Width Modulation หรือ PWM ทำให้เครื่องเชื่อมมีขนาดเล็กกว่าและประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลง ดังรูปที่ 8
- ชุดขับมอเตอร์แบบเซอร์โว (Servo Motor Drive) แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ DC drive และ AC drive ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10 โดย DC drive ใช้วิธีควบคุมแบบ PI ในส่วนควบคุมกระแสและส่วนควบคุมความเร็วมอเตอร์ สำหรับ AC drive นั้นใช้วิธี vector control ซึ่งซับซ้อนกว่า แต่สามารถให้พัฒนาขึ้นได้โดยใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (embedded system) ซึ่งในกรณีนี้ใช้ชิปแบบ DSP เป็นตัวประมวลผลหลัก

รูปที่ 8 เครื่องเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 9 DC servo drive



รูปที่ 10 AC servo drive

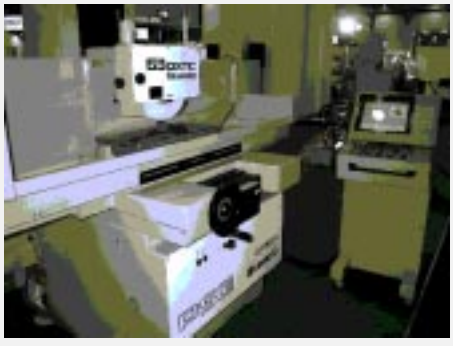
ในกลุ่มเครื่องจักรกล มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control) [13] ในการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องจักร เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตอัตโนมัติอย่างง่าย (Simple Automation) อาทิ การเย็บการประกอบ การเชื่อม การตัด การเจียระไน (โลหะ) [12] ตลอดจนการปรับแต่งการควบคุม (Control Tuning) ในเครื่องจักรกลที่มีอยู่แล้ว[10] โดยส่วนใหญ่ใช้เทคนิคการควบคุมแบบ

พีไอดี (Proportional-Derivative-Integral Control) ควบคู่กับ การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ (Motion Trajectory) ในแต่ละแกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร ยกตัวอย่างเช่น เครื่องเย็บรองเท้า ดังรูปที่ 11 เป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะหัวจักรเย็บอยู่กับที่ และเคลื่อนที่ชิ้นงานที่ต้องการเย็บตามเส้นทาง (Trajectory) ที่สอดคล้องกับลายเย็บ ซึ่งสามารถโปรแกรมผ่านพีซีในการขับเคลื่อนชิ้นงานนั้น ใช้เทคนิคการควบคุมการเคลื่อนที่แบบ Point-to-Point Motion ควบคู่กับการ Synchronization กับจังหวะขึ้นลงของหัวเข็ม

เครื่องเจียระไนโลหะ ดังรูปที่ 12 เป็นเครื่องจักรพื้นฐานในงานโลหะการที่มีการเคลื่อนที่แบบ Continuous Motion นอกเหนือจากแบบ Point-to-Point Motion ส่งผลให้การควบคุมเส้นทางการเคลื่อนที่มีความซับซ้อนทางการคำนวณมากขึ้น ซึ่งเหมาะกับการตัวประมวลผล ความเร็วสูง เช่น DSP เป็นต้น

ระบบควบคุมการขัดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ดังรูปที่ 13 เป็นกรณีการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ในการควบคุมแรงกดของเครื่องขัด ให้เหมาะสมคุณลักษณะของโครงสร้างหัวอ่านที่นำมาขัด ปรับปรุงโดยทีมวิจัยและพัฒนาจากสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม(FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี[10]

รูปที่ 11 เครื่องเย็บรองเท้า



รูปที่ 12 เครื่องเจียระไนโลหะ

รูปที่ 13 เครื่องขัดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์

เมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนบ้านทั้งสามประเทศ พบว่าแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในอุตสาหกรรมไทยนั้น ไม่แตกต่างจากมากนักในทิศทาง (Direction) กล่าวคือ มุ่งการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตอัตโนมัติ (Manufacturing Automation) ที่จำเป็นต่ออุตสาหกรรมในประเทศก่อน หากแต่ขนาดการพัฒนา (Development Scale) นั้นเรายังน้อยกว่าทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสามารถดูจากตัวชี้วัดต่างๆ อาทิ จำนวนสินค้าที่ใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมจำนวนบทความวิจัยและพัฒนาปริมาณการลงทุนวิจัยในภาคอุตสาหกรรมจำนวนหน่วยงานสนับสนุน เป็นต้น

บทสรุป

กลยุทธ์ร่วม(Common Strategy)ของกรณีศึกษาที่ยกมานี้ คือ การเลือกสร้างเทคโนโลยีหลัก (Core Technology) ที่เหมาะสมกับความต้องการในอุตสาหกรรมรายสาขา โดยริเริ่มจากการจัดหา ดำเนินการปรับปรุงเทคโนโลยีที่มีอยู่ก่อนจากต่างประเทศ แล้วสร้างนวัตกรรมด้วยความร่วมมือกับหน่วยงานต้นน้ำ (Upstream Unit) อันได้แก่ ศูนย์วิจัยและมหาวิทยาลัยต่างๆ โดยในระยะยาว ภาครัฐของ ญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวัน ล้วนมีแนวนโยบายให้มุ่งสู่งานวิจัยพื้นฐานมากขึ้น แล้วส่งเสริมให้ภาคเอกชนมุ่งวิจัยประยุกต์ควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยี และเลือกที่จะเป็นผู้นำเฉพาะในบางเรื่อง[11] ส่วนที่เหลือใช้กลยุทธ์ต่อยอดบนเทคโนโลยีต่างประเทศที่เป็นพันธมิตรธุรกิจ โดยอิงมาตรฐานสถาปัตยกรรมเปิด (Open Architecture) ที่นิยมใช้กันหลายประเทศ ดังเช่นกรณีการพัฒนา PC Based CNC Controller หรือ DSP Based drive เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างทางกลยุทธ์ที่สังเกตได้คือ การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมของกลุ่มอุตสาหกรรมญี่ปุ่นและเกาหลีมีลักษณะภาคที่เอกชนลงทุนมากกว่าภาครัฐ ในขณะที่กลุ่มไต้หวันและไทยนั้นมีลักษณะตรงข้าม คือ รัฐเป็นผู้ผลักดันด้านการลงทุนวิจัยและพัฒนามากกว่าเอกชน ซึ่งสาเหตุหลักน่าจะมาจากลักษณะอุตสาหกรรมทั้งไต้หวันและไทยที่ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็ก(SME) ทำให้ขาดการลงทุนวิจัยและพัฒนาเท่าที่ควรในภาคเอกชนเหล่านี้

นอกจากนี้ ผู้เขียนเห็นว่า ไทยจะสามารถใช้ประโยชน์ จากกลยุทธ์ในบทเรียนนี้ได้มากขึ้น หากมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมในสาขาที่ประเทศมีความได้เปรียบเชิงยุทธศาสตร์เป็นตัวนำ เช่น อุตสาหกรรมเกษตร (เน้นกระบวนการแปรรูป) อุตสาหกรรมยานยนต์ (เน้นกระบวนการผลิตและชิ้นส่วนยานยนต์) ตลอดจนอุตสาหกรรมสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุม ซึ่งอยู่ในรูปอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุม ระบบสมองกลฝังตัว และเครื่องจักรกลอัตโนมัติอีกหลากหลายชนิด

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Kohno, M. Hamamatsu, H. Matsushima, T. Kubota and H. Kagaya, “Mechanical control technology and applying to ship maneuvering control system,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[2] M. Nakamoto, “Advanced control techniques for process industries,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[3] H. Sato and E. Sawa ,”Development of a Servo Controller,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[4] H. Sato, “The Recent Movement of Foundation Fieldbus Engineering,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[5] H. K. Sung, “The contribution of control engineering to Korean industry,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[6] M. Y. Kuo, C. L. Chang and P. L. Hsu, “Industrial control applications in Taiwan,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003. และ URL: www.mirl.itri.org.tw

[7] S. Phoojaruenchanachai and P. Siriruchatapong, “Industrial control applications in Thailand: electronic and machinery sectors,” Proceedings of SICE Annual Conference 2003, August 2003.

[8] Leonics Co., Ltd., URL: www.leonics.com

[9] A.P.Y Engineering Co., Ltd., URL: www.apyeng.com

[10] Institute of Field Robotics(FIBO), King Mongkut’s University of Technology Thonburi(KMUTT), URL:fibo.kmutt.ac.th

[11] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เอกสารประกอบงานประชุมวิชาการ “ระบบการวิจัยและพัฒนา: สถานภาพในประเทศไทยและบทเรียนจากต่างประเทศ” 23-24 มิถุนายน พ.ศ.2537

[12] ฝ่ายพัฒนาธุรกิจและอุตสาหกรรม ศอ. ทำเนียบผลงานผลิตภัณฑ์ บริการ เทคโนโลยี และต้นแบบ 2540-2545 และ URL: www. nectec.or.th/bid

[13] สุธี ผู้เจริญชนะชัย ก้าวสู่เทคโนโลยีควบคุมการเคลื่อนที่ สารเนคเทค ฉบับที่ 48 กันยายน-ตุลาคม 2545