บทที่ 3

เอเจนท์และระบบมัลติเอเจนท์

พื้นฐานแนวคิดเทคโนโลยีเอเจนท์มีต้นกำเนิดมาจากสาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดยที่สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์มีเป้าหมายต้องการให้คอมพิวเตอร์มีความฉลาด แต่ปัญหาสำคัญคือยังไม่สามารถทำให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ โดยเฉพาะการพัฒนาโปรแกรมที่เป็นปัญญาประดิษฐ์เป็นสิ่งที่ยากลำบาก ดังนั้นจึงมีการคิดค้นแนวทางใหม่ เพื่อที่จะทำให้โปรแกรม มีความฉลาดและสามารถนำเอาไปพัฒนาและใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ทำให้มีการริเริ่มแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีเอเจนท์ขึ้นมา ภายใต้กลุ่มวิจัยปัญญาประดิษฐ์ [Wooldridge, 1996] โดยแนวทางของเอเจนท์นั้นใช้ความรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นนักพัฒนาโปรแกรมเชิงเอเจนท์จึงไม่จำเป็นต้องเชี่ยวชาญในสาขาปัญญาประดิษฐ์ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมที่ทำงานอย่างฉลาดได้

ในบทนี้กล่าวถึง ความหมายของเอเจนท์ และระบบมัลติเอเจนท์ รูปแบบการทำงานของระบบมัลติเอเจนท์ มาตรฐานของเอเจนท์ การสื่อสารข้อมูล และยกตัวอย่างสำหรับการประยุกต์ที่ใช้แนวคิดของเอเจนท์ ซึ่งจะทำให้เข้าใจถึงการทำงานของเอเจนท์และระบบเอเจนท์มากยิ่งขึ้น

3.1 คำนิยามของเอเจนท์

เอเจนท์ได้รับการนิยามไว้หลายความหมายด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

“เอเจนท์เป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์ในตัวเอง โดยรวมเอาการควบคุมการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำ โดยดูจากวัตถุประสงค์ ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนสิ่งแวดล้อมของตนเอง” [Jenning and Wooldridge, 1996]

“เอเจนท์เป็นคอมโพเนนท์ของซอฟต์แวร์ หรือฮาร์ดแวร์ ที่บรรจุด้วยคำสั่งที่ถูกต้องเพื่อทำงานแทนผู้ใช้ให้สำเร็จลุล่วง” [NWANA, 1996]

“เอเจนท์เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกห่อหุ้ม ซึ่งเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมบางอย่าง มีความยืดหยุ่น และการกระทำที่เป็นแบบอัตโนมัติต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มาจากการออกแบบ” [Wooldridge, 1997]

Wooldridge และ Jenning ได้กำหนดคุณสมบัติของเอเจนท์ไว้ดังนี้

- Autonomy เป็นคุณสมบัติที่เอเจนท์สามารถที่จะกระทำสิ่งต่างๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องถูกสั่งจากผู้ใช้โดยตรง และเอเจนท์สามารถที่จะควบคุมการกระทำของตนเองได้
- Reactivity เอเจนท์สามารถเข้าใจสิ่งแวดล้อมของตนเองได้ และสามารถแสดงการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภายในสิ่งแวดล้อมนั้นได้
- Pro-activeness เอเจนท์ไม่ได้เพียงตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่สามารถที่จะแสดงพฤติกรรมเพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่เริ่มต้น
- Social ability เอเจนท์สามารถติดต่อ กับเอเจนท์ด้วยกันได้โดยผ่านทางภาษาสื่อสารในรูปแบบของเอเจนท์ และสามารถที่จะทำงานร่วมกับเอเจนท์อื่นเพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมาย

นอกจากคุณสมบัติทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว Wooldridge และ Jenning ได้เสนอคุณสมบัติอื่นซึ่งทำให้เอเจนท์นั้นสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- Mobility เป็นคุณสมบัติของเอเจนท์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปในเครือข่ายอีเล็กทรอนิกส์
- Veracity เป็นคุณสมบัติที่เอเจนท์จะไม่เกิดความล้มเหลวในการสื่อสารข้อมูล
- Benevolence เป็นคุณสมบัติที่เอเจนท์จะไม่มีเป้าหมายที่คลุมเครือ และเอเจนท์จะพยายามทำในสิ่งที่ถูกร้องขอ
- Rationality เป็นคุณสมบัติที่เอเจนท์จะทำทุกวิถีทางให้บรรลุเป้าหมายและจะไม่ทำในสิ่งที่ขัดขวางไม่ให้เป้าหมายบรรลุ นอกจากจะได้รับอนุญาต

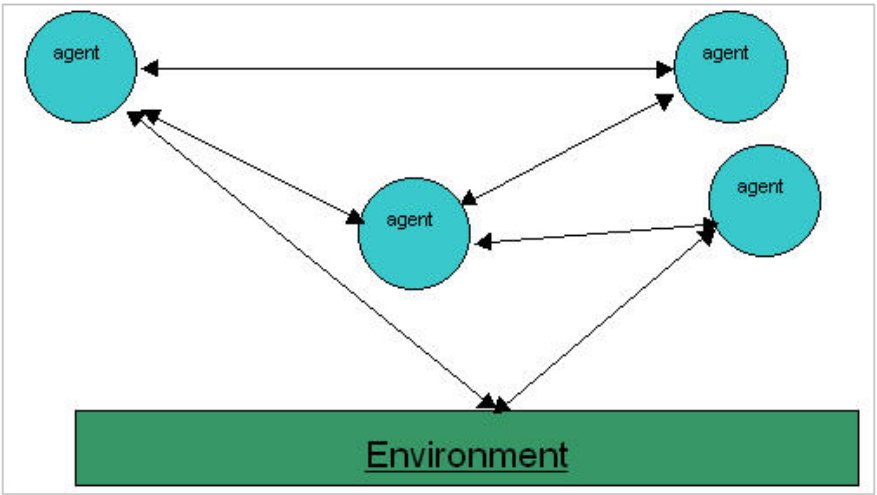
จากคำนิยามและคุณสมบัติต่างที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จะนิยามเอเจนท์ในความหมายดังนี้

เอเจนท์เป็นชิ้นส่วนของโปรแกรม ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ สามารถทำงานได้ด้วยตนเองโดยมีเป้าหมายเป็นของตนเอง สามารถที่จะติดต่อสื่อสารระหว่างเอเจนท์เพื่อให้บริการ และร้องขอบริการกับเอเจนท์อื่นได้

3.2 ระบบมัลติเอเจนท์

3.2.1 คุณลักษณะของระบบมัลติเอเจนท์

ระบบมัลติเอเจนท์ คือระบบที่ประกอบไปด้วยเอเจนท์มากกว่าหนึ่งตัว ซึ่งเอเจนท์ภายในระบบจะต้องสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยที่เป้าหมายของเอเจนท์หนึ่งสามารถทำให้เป้าหมายของอีกเอเจนท์หนึ่งบรรลุได้ [Inverno and Luck, 2001] และเอเจนท์สามารถตอบโต้กับสิ่งแวดล้อมได้เช่นกันดังรูปแบบทั่วไปแสดงในภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 รูปแบบทั่วไปของระบบมัลติเอเจนท์

การทำงานร่วมกันโดยทั่วไป เป็นการนำเอาความสามารถเฉพาะตัวของแต่ละเอเจนท์มาใช้รวมกันเพื่อแก้ปัญหาที่ต้องการ คุณสมบัติพื้นฐานของระบบมัลติเอเจนท์ก็คือ แต่ละเอเจนท์จะมีมุมมองในงานที่รับผิดชอบ จะไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง ข้อมูลมีการเก็บแบบกระจาย และการทำงานของเอเจนท์เป็นแบบไม่ประสานจังหวะ (Aysnchronous) [Sycara, 1998]

3.2.2 ตัวอย่างของระบบมัลติเอเจนท์

การแข่งขัน RoboCup soccer

การแข่งขัน RoboCup soccer (www.robocup.org) ได้เริ่มต้นตั้งแต่ปี 1997 ในการสัมมนา ที่เมืองนาโกยา ประเทศญี่ปุ่น เป็นการแข่งขันกันระหว่างทีมของฟุตบอลที่พัฒนาด้วยเอเจนท์ที่ทำงานได้เอง (Autonomous agent) การแข่งขันนั้นจะเล่นกันบนเครื่องให้บริการ Soccer Server ซึ่งทำงานกับข้อมูลที่เกี่ยวกับตำแหน่งของ ผู้เล่นที่เป็นเอเจนท์ ตำแหน่งของลูกบอล และข้อมูลทั้งภาพและเสียงที่ได้จากผู้เล่น ความถี่ในการรับข้อมูลและการกระทำจะอยู่ในช่วงเวลาทุกๆ 100-150 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ใกล้เคียงกันกับการรับรู้และการกระทำของมนุษย์ โดยที่เอเจนท์จะต้องจัดคู่ลำดับในการแสดงการกระทำ จากการเคลื่อนที่เพื่อผ่านลูกหรือเพื่อการยิงลูก นอกเหนือจากการแข่งขันโดยการใช้ซอฟต์แวร์แล้ว ในส่วนที่เพิ่มเติมจากในการแข่งขันคือการใช้หุ่นยนต์จริง และลูกบอลจริงในการแข่งขันโดยการใช้หุ่นยนต์สุนัขของบริษัท Sony โดยที่ภาพการแข่งขันนั้นได้สร้างความสนุกสนานและความน่าอัศจรรย์ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในโลกของปัญญาประดิษฐ์และหุ่นยนต์ในทศวรรษนี้

ในการแข่งขันฟุตบอลผู้ชนะคือผู้ที่มีคะแนนมากกว่าในตอนจบการแข่งขันซึ่งทำได้สองแบบคือการ ทำคะแนน และการป้องกัน ถ้าเป็นผู้เล่นคนเดียว เช่นสิ่งที่ผู้รักษาประตูต้องทำคือการป้องกันการทำคะแนน ในส่วนของการวางแผน วัตถุประสงค์หลักคือการทำให้มีคะแนนมากกว่าคู่ต่อสู้ตอนจบการแข่งขัน ดังนั้นผู้เล่นแต่ละคนจะต้องระบุตำแหน่งตัวเองในสนามได้ ส่งผ่านลูกบอล ดังการส่งผ่าน ป้องกันลูกยิงประตู หลบหลีกคู่ต่อสู้ และการทำประตู

ตัวอย่างสำหรับสองทีมทีทำการแข่งขัน โดยจะทำการอธิบายกลยุทธ์ของทีม ISIS และ CMUnited ทีม ISIS เป็นทีมที่ตั้งอยู่ที่ University of South California โดยใช้โครงสร้างสนับสนุน (framework) ที่มีชื่อว่า STEAM (a Shell for TEAMwork) โดยระบบจะมี คำสั่งภายในที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการทำงานเป็นทีมอย่างชัดเจน โดยใช้การสั่งงานแบบ Hierarchical role-based ความท้าทายในการออกแบบระบบมัลติเอเจนท์ คือการวางแผนจะต้องเกิดขึ้นระหว่างที่เอเจนท์ทำการสื่อสาร และทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างเอเจนท์อื่น ซึ่งเป้าหมายที่มีร่วมกันจะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง [Cohen and Levesque, 1990] ไปจนกระทั่งเอเจนท์ตัวใดตัวหนึ่งได้พิจารณาแล้วว่า สามารถทำงานได้บรรลุเป้าหมาย หรือไม่อาจบรรลุได้ ด้วยเหตุผลใดเหตุผลหนึ่ง ทีมจะต้องหาข้อตกลงและกำหนดเป้าหมายร่วมกันใหม่ ในงานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นการเล่นฟุตบอล จะเห็นว่าความต้องการในการสื่อสารระหว่างเอเจนท์มีปริมาณที่มาก และลำดับของข้อความและการกระทำต่าง ๆ จะถูกยืนยันโดย STEAM โดยที่ได้มีการออกแบบกลไกพื้นฐานเหล่านี้ไปเป็นคำสั่งระดับสูง ในกรณีส่วนใหญ่เป็นไปไม่ได้เลยที่จะทำการวางแผนในการทำลำดับคำสั่งได้สมบูรณ์ เพื่อที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นี่ก็เป็นหนึ่งแรงจูงใจให้มีการพัฒนาตัววางแผนแบบแยกส่วน เช่นใน Shared Plans Framework [Grosz and Kraus, 1993] STEAM ได้ใช้แนวคิดจาก SharedPlans เช่น รายการ หรือลำดับของการกระทำ และ แผนที่แบ่งเป็นส่วน การวางแผนและการวางแผนใหม่เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในขณะที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง

CMUnited จาก Carnegie Mellon University ได้ใช้การผสมผสานระหว่างการเรียนรู้กับการวางแผนในการสร้างทีม และใช้แนวทางการสร้างทีมแบบลำดับชั้น (layered) แต่เอเจนท์แต่ละตัวจะมีแบบจำลองสำหรับรับข้อมูลต่างๆ เช่น การสื่อสารระหว่างกัน จาก Soccer server โดยที่เอเจนท์แต่ละตัวทำงานอัตโนมัติสมบูรณ์แบบ และสนับการทำงานที่ไม่เหมือนกันถึงแปดแบบ โดยประกอบไปด้วย การผสมกันระหว่างโครงข่ายประสาทเทียม (neural network), decision trees และ reinforcement learning โดยอยู่บนพื้นฐานของ Q-Learning [Watkins, 1989] โดยที่เอเจนท์แต่ละตัวจะถูกฝึกให้รู้ว่าจะต้องอยู่ในตำแหน่งไหนของสนามเพื่อที่จะดักจับลูกบอล โดย

การใช้ “Locker room agreement” ในการวางการเล่น และการตัดสินใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของทีมเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้นระหว่างการเล่น ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการจริง ๆ ที่ใช้กันในโลกความเป็นจริง โดย CMUnited ได้ใช้วิธีทางความน่าจะเป็น เรียกว่า Hidden Markov Models ในการจำลองพฤติกรรมที่คาดไว้ล่วงหน้าในแต่ละสถานการของเกมส์

จากวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งสองทีมนั้นประสบความสำเร็จในการแข่งขันเนื่องจากมีการใช้วิธีการหลากหลายวิธีสำหรับเอเจนท์แต่ละตัว และเทคนิคที่ต่างกันในการสร้างกลยุทธ์ โดยสามารถสร้างระบบที่มีความซับซ้อนขึ้นมาได้

3.2.3 การสื่อสารระหว่างเอเจนท์

เมื่อเอเจนท์ต้องการสื่อสารกับเอเจนท์อื่น มีหลายวิธีที่สามารถทำได้คือการ ติดต่อกันโดยตรงโดยการใช้ภาษาเดียวกัน หรือทำการติดต่อผ่านตัวแปลภาษา หรือตัวอำนวยความสะดวก และด้วยวิธีนี้ต้องรู้ว่าทำอย่างไรถึงจะติดต่อกับตัวแปลภาษาได้ และทำให้ตัวแปลภาษาติดต่อกับเอเจนท์ อื่นได้

พื้นฐานของภาษาประกอบไปด้วย ไวยากรณ์และรูปแบบของข้อความ หากพิจารณาให้ลึกไปกว่านี้ มีคำแปลและมีความหมาย ไวยากรณ์นั้นสามารถเข้าใจได้ง่าย แต่ ความหมายนั้นเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจได้ยาก ตัวอย่างเช่นถ้าเอเจนท์สองตัวสื่อสารกันด้วยการใช้ภาษาอังกฤษอาจเกิดการสับสนได้ ถ้าเอเจนท์ตัวหนึ่งกล่าวถึง boot และ bonnet กับอีกตัวหนึ่งกล่าวถึง trunk และ hood ดังนั้นทั้งคู่ต้องร่วมแบ่งปันคำศัพท์และความหมายกัน โดยการแบ่งปันศัพท์เรียกว่า ontology

ในหมวดของความรู้ที่ต่างกันต่างก็มี ontology ของตนเอง เช่น ในทางการแพทย์หรือทางด้านคอมพิวเตอร์ ดังนั้นเมื่อ เอเจนท์ที่ต้องทำการติดต่อสื่อสาร ต้องแน่ใจว่าสามารถเข้าใจไวยากรณ์ และความหมายกันได้

ตัวอย่างเช่น XML (eXtensible Markup Language) ได้รับการยอมรับในวงการอุตสาหกรรม และมีการใช้งานบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตอย่างกว้างขวาง ใน XML จะใช้ DTD (Data Type Definition) ในการกำหนด ontology และการอธิบายความหมายของ HTML ก็ถูกสร้างโดยการใช้ XML ถัดไปจะแนะนำถึงภาษาที่ใช้ในการสื่อสารของเอเจนท์ ACL (Agent Communication Language) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)

KQML ช่วยให้ framework และโปรแกรมสำหรับเอเจนท์สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและความรู้ โดยที่ KQML ถูกคิดค้นขึ้นโดย DARPA Knowledge Sharing Effort โดยการศึกษาจะเน้นความสนใจเกี่ยวกับรูปแบบของข้อความ และ กติกาวิธีการ (protocol)

สำหรับจัดการกับข้อความระหว่างที่เอเจนท์กำลังทำงานอยู่ มีการประกาศคำสั่งที่เอเจนท์จะต้องทำงาน และมี สถาปัตยกรรมพื้นฐานสำหรับเอเจนท์ที่ทำหน้าที่แบ่งปันความรู้ผ่านเอเจนท์พิเศษที่เรียกว่า facilitators ซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนเลขานุการสำหรับเอเจนท์ที่คอยอำนวยความสะดวกดูแลการสื่อสารประสานงานบริการ

ข้อความของ KQML เราจะเรียกว่า performatives ซึ่งเป็นคำที่มาจากทฤษฎี speech-act ประกอบไปด้วยข้อความหลายรูปแบบของ speech act ได้แก่ directives ซึ่งเป็นการแสดงคำสั่ง (command) หรือคำร้องขอ (request) [Nilsson, 1998] แต่ละข้อความก็จะระบุถึงการกระทำที่ต่างกันออกไปโดยมีการประกาศข้อความต่าง ๆ เป็นจำนวนมากใน KQML ซึ่งเอเจนท์สนับสนุนบางส่วนเท่านั้น performatives เป็นคำสงวนสำหรับ KQML การนำ performatives มาใช้ทำให้เอเจนท์สามารถที่จะทำการร้องขอข้อมูล ส่งข้อมูลไปยังเอเจนท์อื่น เพื่อขอใช้บริการ หรือให้บริการกับเอเจนท์อื่นได้

KQML ใช้ topologies เพื่อให้แน่ใจว่าเอเจนท์สองตัวสามารถที่สื่อสารกันในภาษาเดียวกัน และสามารถที่จะแปลความหมายในคำสั่งในภาษานั้นได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่นเมื่อเราพูดภาษาอังกฤษว่า Java เราอาจนึกถึงกาแฟ หรือ เกาะในมหาสมุทร หรือแม้แต่ภาษาโปรแกรม ซึ่งสำคัญมากใน KQML ที่ต้องกำจัดความกำกวมเหล่านี้ โดยการนำเอา topologies มาใช้

KQML เข้ารหัสข้อมูลในข้อความเป็นสามระดับคือ content, message และ communication ตัวอย่างของ KQML เมื่อ joe สอบถามราคาจากคลังสินค้าของ SUN จะได้ KQML ดังนี้

```
(ask-one
        : sender joe
        : content ( real price = sun.price() )
        : reciever stock-server
        : reply-with sun-stock
        : language java
        : ontology NYSE-TICKS)
```

KQML performative คือ ask-one ผู้รับข้อความคือ agent ที่มีชื่อว่า stock-server โดยประโยค :content จะอยู่ในระดับ content และในประโยค : sender , : receiver และ reply-with จะอยู่ในระดับของ communication ที่เหลือคือ :language และ :ontology เป็นระดับของ message โดยที่เราสามารถส่งข้อความที่มีเฉพาะบางส่วน หรือ ใช้ในภาษาที่ต่างกัน topology ที่ต่างกันได้ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงในส่วนของข้อความ ได้ แต่ในส่วนของ ask-one ที่เป็น performative จะต้องคงไว้

เอเจนท์สองตัวใดๆ ที่ต้องการสื่อสารกันด้วย KQML จะต้องสื่อสารผ่านทาง KQML facilitator หรือ matchmaker agent สื่อสารกับ matchmaker ผ่านทางข้อความ KQML มาตรฐาน โดยที่เอเจนท์สามารถที่จะลงทะเบียนเพื่อเป็นผู้ใช้บริการ หรือผู้ให้บริการโดยใช้ performative advertise agent สามารถที่จะทำการ recommend เอเจนท์อื่นได้โดยการใช้ข้อความ recommend, recruit และ broke performative ได้ และ matchmaker จะทำหน้าที่บริการสถานที่นัดพบ และสร้างสังคมสำหรับเอเจนท์เมื่อมีการสื่อสารกัน ข้อสังเกต matchmaker ไม่สามารถที่จะยืนยันความน่าเชื่อถือของเอเจนท์ที่ทำการลงทะเบียนให้บริการได้ นั่นคือจะทราบได้อย่างไรว่าเอเจนท์นั้นสามารถให้ข้อมูลที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม matchmaker ก็ทำหน้าที่สำคัญในระบบมัลติเอเจนท์

KQML ถูกนำไปใช้กับหลาย ๆ โปรแกรมประยุกต์ระบบมัลติเอเจนท์ แต่ไม่ได้หมายความว่า KQML เอเจนท์ ตัวหนึ่งจะสามารถคุยกับอีกตัวหนึ่งได้ทันที โดยส่วนมากแล้วการสร้าง KQML มักจะขึ้นกัน performatives และวิธีการที่ได้ทำการระบุไว้ [Singh, 1998]

ไม่ใช่ว่าระบบมัลติเอเจนท์ทุกระบบจะเห็นว่า KQML เป็นวิธีที่ดีที่สุด แต่ก็ยังเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็น KQML ที่ถูกพัฒนาไปใช้เป็น ACL ในมาตรฐาน FIPA

3.3 มาตรฐานของเอเจนท์

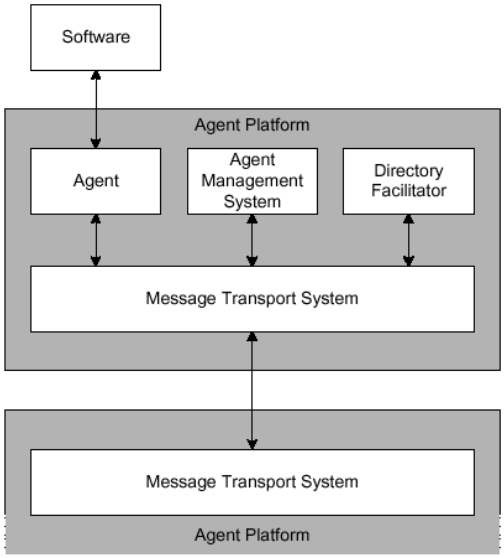
เมื่อเอเจนท์ถูกพัฒนาและนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ความพยายามที่จะให้เกิดเป็นมาตรฐานมีขึ้นเพื่อให้สามารถดำเนินการต่อไปได้ ซึ่งหน่วยงานที่สร้างมาตรฐานสองหน่วยงานคือ Foundation for Intelligent Physical Agent (FIPA) และ กลุ่ม Agent Working Group ของ Object Management Group (OMG) FIPA ตั้งขึ้นโดยบริษัทคอมพิวเตอร์ และบริษัทสื่อสารมุ่งเน้นไปที่ระดับของเอเจนท์ ส่วน OMG สร้างมาตรฐาน CORBA distribution object protocol ซึ่งเป็นมาตราฐานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับ ของการสั่งงานและการจัดการ

3.3.1 FIPA

มาตรฐานแรกของ FIPA คือ FIPA 97 เป็นการกำหนดคุณสมบัติในการนำเอาไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์โดยมีสามส่วนหลัก คือ agent management, agent communication และ agent software integration โดยที่ FIPA 97 นั้นต้องการ CORBA IIOP เป็นวิธีการสำหรับการสื่อสาร ภาษาสื่อสารที่มีพื้นฐานมาจาก speech-act และชุดของ วิธีการสำหรับการอธิบายบทสนทนา (dialogue) ระหว่างเอเจนท์ อย่างไรก็ตาม FIPA 97 ก็ยังมีจุดอ่อนอยู่มาก โดยที่มี Java RMI และ HTTP เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการสื่อสาร ที่จะเป็นปัจจัยในการพัฒนา คุณสมบัติใหม่ ๆ ต่อไป

FIPA 2000 specification เป็นการทำงานร่วมกันของบริษัทต่าง ๆ เช่น Sun IBM Fujitsu และ HP สิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากใน FIPA 2000 คือคำนิยามของสถาปัตยกรรมแบบ abstract อนุญาตให้มีการนำไปสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์ได้หลายวิธี ในส่วนของการสั่งงานระหว่างเอเจนท์ โดยรายละเอียดเกี่ยวกับ FIPA specification หาได้จาก http://www.fipa.org

ในภาพประกอบ 3.2 แสดงแบบจำลองของการจัดการเอเจนท์ ซึ่งแสดงเฉพาะโครงสร้างพื้นฐาน โดยแบบจำลองนี้ จะมี Agent Management System (AMS) ทำหน้าที่ควบคุมวัฏจักรชีวิตของเอเจนท์ A Directory Facilitator (DF) ทำหน้าที่สำหรับค้นหาบริการ และ Message Transport System (MTS) ทำหน้าเป็นตัวสื่อสารภายในระหว่างเอเจนท์ เช่นเดียวกันการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มาจาก platform อื่นของ FIPA



ภาพประกอบ 3.2 แบบจำลองของการจัดการเอเจนท์ในมาตรฐาน FIPA

ที่มา: Bigus, J.P. and Bigus J.2001,210

FIPA specification นั้นทำอยู่บนพื้นฐานของ BDI (Belief-Desire-Intention) agent Model โดยคาดหวังว่าเอเจนท์ จะถูกออกแบบและวางแผนในการกระทำเพื่อเปลี่ยนสภาพแวดล้อม และเอเจนท์ สามารถทำงานได้โดยการติดต่อกับซอฟต์แวร์ภายนอก หรือ การแลกเปลี่ยน speech-act ระหว่างเอเจนท์ อื่น โดยที่ FIPA specification ประกอบได้ด้วยกติกาสำหรับการติดต่อสื่อสาร ซึ่งเป็นกติกาสำหรับจัดลำดับของ speech-act เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข่าวสาร แลกเปลี่ยนความรู้ และมีส่วนร่วมในการทำงานอื่น ๆ

3.3.2 OMG

OMG เป็นผู้นำทางด้าน Mobile Agent System โดยที่ The Mobile Agent System Interoperability Facilities (MASIF) specification ได้พัฒนาขึ้นในปี 1998 เพื่ออธิบายว่าทำอย่างไรให้เอเจนท์สามารถย้ายจาก platform หนึ่งไปยังอีก platform ได้โดยผ่านทาง CORBA interface Definition Language, CORBA security, naming และ Life-cycle services โดยที่ MASIF specification มีพื้นฐานอยู่บน IBM Aglets mobile agent system design

3.4 รูปแบบการทำงานของระบบมัลติเอเจนท์

3.4.1 เอเจนท์ที่ทำงานร่วมกัน (Cooperating Agents)

ในการทำงานบางอย่างเอเจนท์ต้องทำงานอย่างหนัก ดังนั้นในบางครั้งเราสามารถลดภาระของเอเจนท์ได้ด้วยการใช้เอเจนท์หลาย ๆ ตัวในการทำงานร่วมกัน อย่างไรก็ตาม แนวความคิดในเรื่องของการแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ไม่ใช่แนวคิดที่ใช้ในปัญญาประดิษฐ์ แต่เป็นพื้นฐานของการออกแบบซึ่งใช้กันอยู่ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ทั่วไป อย่างไรก็ตามทางด้านของเอเจนท์ จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับน้ำหนักในเรื่องของความได้เปรียบในด้านของขนาดที่เล็กและใช้ฐานความรู้ที่ไม่ขึ้นต่อกัน กับการเสียเปรียบในเรื่องของกำแพงของภาษาระหว่างกัน ซึ่งต้องพิจารณาในส่วนได้ส่วนเสียให้รอบคอบ

การจัดการระบบ (System management) ถูกนำมาใช้ในการทำงานร่วมกันของเอเจนท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยที่ผู้จัดการระบบ (System managers) ต้องทำหน้าที่ในการจัดการเฝ้าดูประสิทธิภาพของระบบที่มีโปรแกรมประยุกต์มากมายทำงานไปมาบนเครือข่าย แนวทางในการแก้ปัญหาคือการ นำเอาเอเจนท์ที่ทำหน้าที่เฝ้าติดตาม (System monitor agent) เข้าไปทำงานในแต่ละระบบที่กระจายออกไป ส่วนตัวควบคุมที่ศูนย์กลางก็จะทำการติดต่อกับตัวเอเจนท์ทำหน้าที่เฝ้าติดตามเพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของเครื่องหรือลูกข่ายที่อยู่ปลายทาง โดยโปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวกับการจัดการระบบสามารถที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับภาพรวมของสถานการณ์ปัจจุบันของระบบได้

3.4.2 **การวางแผนการทำงานร่วมกันของเอเจนท์ในระบบมัลติเอเจนท์** (Multiagent Planning)

การที่ให้เอเจนท์หลายตัวทำงานร่วมกันในหน้าที่ที่หลากหลายเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก ดังเช่นที่อธิบายให้เห็นในเรื่องของการแข่งขัน Robocup ในหัวข้อ 3.2.2 วิธีการหลักก็คือการใช้การวางแผนทางด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยการรวมเอาแนวคิดในเรื่องของการประสานงาน และแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างเอเจนท์ การทำงานแบบมีแผนร่วมกันคือเอเจนท์แต่ละตัวมีหน้าที่ต่างกันแต่สามารถทำงานให้บรรลุเป้าหมายอย่างเดียวกัน

ส่วนการทำงานที่สำคัญคือ ผู้วางแผนที่อยู่ตรงกลางจะต้องรับบทบาทในการที่จะทำให้เอเจนท์ ที่มีหน้าที่ต่างกันในทีมทำงานเข้าจังหวะกันได้ The Partial global planning algorithm [Durfee, 1988] เป็นการขั้นตอนวิธีการแรกที่ทำให้เอเจนท์แต่ละตัวมีการสื่อสารและมีแผนงานร่วมกันเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายหลัก

ในส่วนของการพัฒนาทางด้านวิธีการทำงานในระบบมัลติเอเจนท์ วิธีการวางแผนของมัลติเอเจนท์ประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองทีม การสร้างแผนการทำงานเป็นทีม และการกระทำระหว่างกันในทีม Joint-intentions framework [Cohen and Levesque, 1990] ความหมายของ joint intentions คือทุกสมาชิกในทีมจะต้องทำงานร่วมกันเพื่อเป้าหมายใดเป้าหมายหนึ่ง ซึ่งมีความเชื่อว่าสมาชิกอื่นของทีมก็ทำในเป้าหมายเดียวกัน โดยที่แต่ละสมาชิกของทีมจะต้องแลกเปลี่ยนข่าวสารกันเพื่อที่จะทำการปรับปรุงข้อมูล และพฤติกรรมที่เข้ากัน ซึ่งเรียกว่า Joint commitment

การวางแผนสำหรับมัลติเอเจนท์ เป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยความต้องการคือการให้เอเจนท์สามารถแลกเปลี่ยนข่าวสาร การติดต่อสื่อสาร และการประมวลผลสำหรับทีมเอเจนท์ ที่มีขนาดใหญ่ การวางแผนและการทำให้เข้าจังหวะกันได้อาจจะมีความผิดถ้าสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงบ่อย ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนงานใหม่เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง

3.4.3 **เอเจนท์ที่ทำงานแบบแข่งขันกัน** (Competing Agents)

พิจารณาการพัฒนาเอเจนท์เพื่อทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งมีความเป็นไปได้ที่มีการพัฒนาเอเจนท์อื่นที่ทำงานแบบเดียวกัน ดังนั้นในงานบางงานจำเป็นจะต้องมีการแข่งขันกันเพื่อให้เอเจนท์ทำงานให้ได้เปรียบในงานนั้นมากที่สุด เอเจนท์ตัวไหนจะเป็นผู้ชนะ คำตอบอาจเป็นไปได้ว่าเอเจนท์ที่ฉลาดที่สุดและมีความรู้เฉพาะในงานที่ทำมากที่สุด และอาจจะเป็นเอเจนท์ที่สามารถเรียนรู้จากประสบการณ์และพัฒนาอยู่ตลอดเวลา

เมื่อเอเจนท์แต่ละตัวทำงานอาจจะเกิดกรณีความไม่ยุติธรรมขึ้น ถ้าเอเจนท์อื่นสามารถที่จะเข้าถึงฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ โดยที่เอเจนท์อีกตัวหนึ่งไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่

เหมือนกันได้ และการทำงานของเอเจนท์อาจถูกตรวจตราโดยผู้ดูแล และข้อมูลที่มีความสำคัญกลับไปอยู่ในมือของเอเจนท์ตัวอื่น และต้องพิจารณาอย่างหนักเมื่อเอเจนท์ที่พัฒนาถูกส่งไปบนอินเตอร์เน็ตแล้วมีโอกาสไม่น้อยที่จะเกิดเสียเปรียบอย่างง่ายดาย ดังนั้นจึงมีการนำเอาแนวคิดในการรักษาความปลอดภัยมาใช้เมื่อเอเจนท์ทำการลงทะเบียนแล้วให้แน่ใจว่าจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเท่าเทียมกัน

การแข่งขันกันระหว่างเอเจนท์โดยตรงนั้นมีอยู่น้อย ตัวอย่างเช่น มีการแข่งขันกันของเอเจนท์ ของสองบริษัท ที่ต้องการทำวัตถุประสงค์ของโครงการสำหรับลูกค้าให้สำเร็จ ถ้าบริษัทหนึ่งมี ชุดของเอเจนท์ ที่สามารถค้นหาข้อมูลโดยใช้เวลาน้อยกว่าคู่แข่งครึ่งหนึ่ง นั้นคือการได้เปรียบในการแข่งขัน นี้เป็นเพียงส่วยขยายในการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยให้บริษัทสามารถเอาชนะในตลาดได้

3.4.4 เอเจนท์ที่มีการเจรจา (Negotiation Agents)

วิธีการแบบ Negotiation protocol เช่น Contract net [Smith, 1980] เป็นพื้นฐานสำหรับโปรแกรมประยุกต์สำหรับระบบมัลติเอเจนท์ โดยที่ขั้นตอนพื้นฐานของ contract net มีดังนี้

1. Manager agent ทำการร้องขอให้มีการทำงาน (announcement)
2. Contractor agent ทำการประเมิน announcement และทำการตอบรับ
3. Manager agent ทำการเลือก contractor agent ตัวใดตัวหนึ่ง
4. Contractor agent ที่ถูกเลือก ทำงานให้เสร็จและส่งผลลัพธ์กลับ

จุดอ่อนของ Contract net protocol คือ contractor ไม่สามารถทำงานหลายอย่างพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกัน ถ้า contractor ได้รับข้อเสนอที่ดีกว่าในภายหลัง contractor ก็จะทำการหยุดการทำงานที่มีต่อ manager agent และจะมีผลกับการสั่งงานในรอบอื่น วิธีการนี้เป็นต้นแบบให้กับวิธีการสำหรับการติดต่อสื่อสารของระบบมัลติเอเจนท์ส่วนใหญ่

การประมูล (auction) เป็นอีกโพรโตคอลหนึ่งที่ผู้ขายทำการเปิดประมูลและตรวจสอบดูว่า ผู้ซื้อมีการตอบสนอง ในการเสนอราคาต่อ ผู้ดำเนินการประมูลอย่างไร โดยที่การประมูลนั้นมีการควบคุมอย่างเข้มงวด สำหรับการบริหารในส่วนพฤติกรรมของผู้ดำเนินการประมูลและ การเลือกผู้ซื้อ การประมูลนั้นมีหลายแบบเช่นแบบอังกฤษใช้การเพิ่มราคา และแบบเนเธอแลนด์ใช้การลดราคา ก็จะมีชุดของกฎที่ใช้เป็นที่รู้จักต่างกันไป [Kumer and Feldman, 1998]

การต่อรองราคา (bargaining) เป็นรูปแบบที่ซับซ้อนที่สุดของ negotiation protocol เพราะว่าการร้องขอ จะถูกเสนอแบบต่อเนื่องไปจนกว่าทั้งสองฝ่ายจะพอใจ การต่อรองราคาเป็น

เรื่องที่ซับซ้อนในมุมมองของเอเจนท์ เนื่องจาก การเสนอราคาที่ $500 อาจไม่สามารถยอมรับได้ แต่จะดีถ้ามีการเริ่มต้นเสนอราคาที่ $1000

3.5 การประยุกต์ใช้ระบบมัลติเอเจนท์กับการพาณิชย์อีเล็กทรอนิกส์

หากพิจารณาเหตุการณ์สมมติดังต่อไปนี้

ระบบควบคุมการจราจรทางอากาศของประเทศหนึ่งเกิดล้มเหลวเนื่องจากสภาพอากาศที่เลวร้าย แต่โชคดีที่ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของประเทศเพื่อบ้าน ได้ทำการติดต่อสื่อสารกันเองเพื่อที่จะติดตามเที่ยวบินทุกเที่ยวที่เกี่ยวข้องทำให้เหตุการณ์นี้ผ่านไปโดยไม่มี อุบัติเหตุเกิดขึ้น

ในการรับจดหมายอีเล็กทรอนิกส์ หัวข้อของจดหมายและรายการทั้งหมดสามารถที่จะถูกเรียงลำดับเข้าไปใน PDA (Personal Data Assistant) โดย PDA จะเลือกหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้มากที่สุดขึ้นมาแสดงเป็นลำดับแรก และจะมีการแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนั้นเข้ายัง PDA เมื่อผู้ใช้มีความสนใจในหัวข้อนั้น

ในการเดินทางไปประชุม จะต้องมีการบันทึกกำหนดการลงใน PDA เอเจนน์ทำการพิจารณาหาตารางการเดินทาง ราคาที่พัก และอื่นๆ จากเครือข่ายข้อมูล และทำการแสดงข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับ ราคาค่าเดินทางและที่พักที่ผู้ใช้พึงพอใจ

ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นเหตุการณ์ที่อาจจะยังไม่เกิดขึ้นแต่ก็มีความพยายามในการวิจัยที่จะสามารถสร้างระบบที่สามารถทำงานเหมือนหรือคล้ายคลึงกับเหตุการณ์ข้างต้น และสามารถที่จะพัฒนาเอเจนท์ให้มีความสามารถในการทำงานเหล่านั้นได้ เทคโนโลยีเอเจนท์สามารถถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากมายเนื่องมาจากคุณสมบัติต่างๆ ของเอเจนท์ที่เหมาะสมกับงานที่ต้องใช้ระบบที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ [Wooldridge, M. and Jenning, N., 1995] ต่อจากนี้จะเป็นตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานเอเจนท์กับงานต่างๆ ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

- ระบบเอเจนท์สนับสนุนการดึงข้อมูลที่ได้รับจากอินเตอร์เน็ต และทำการค้นหาคำหลักในจดหมาย เพื่อที่จะจัดหมวดหมู่ของเรื่องที่มีความสัมพันธ์กัน
- บริษัทให้บริการเช่ารถยนต์ Hertz ได้นำเอาระบบที่พัฒนาโดย Andersen Consulting and Comshare เข้าใช้ในการกรองข้อมูล นำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างราคาในธุรกิจการเช่ารถยนต์
- AT&T PersonaLink พัฒนาโดยใช้เอเจนท์เพื่อที่ค้นหา และกรองข้อมูลจากเครือข่าย
- Legent's AgentWorks ใช้เอเจนท์สำหรับการควบคุมทรัพยากรระยะไกลจากส่วนกลางทำให้ ผู้ดูแลระบบสามารถทำงานได้จากที่เดียว

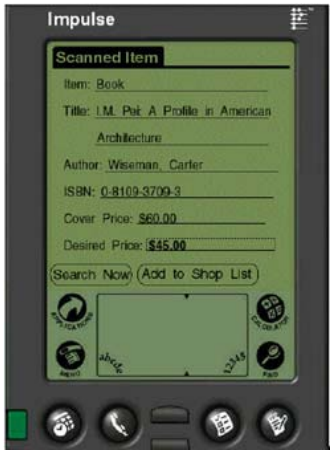
ตัวอย่างที่ยกมานี้ได้นำมาใช้งานแล้ว และยังมีงานอีกมากมายที่ยังอยู่ระหว่างการวิจัยหรือยังไม่ได้นำมาใช้งาน ตัวอย่างต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างที่มาจากงานวิจัยทางเอเจนท์

Impulse [Morris, M. และ Youll, J., 1999]

เป็นงานวิจัยโดย Morris, M. และ Youll, J. มุ่งเน้นในทางการพาณิชย์อีเล็กทรอนิกส์ โดยนำเอาเอเจนท์เข้ามาประยุกต์ใช้ โดยที่จะทำงานผ่าน Buyer agent และ Seller agent เป็นการทำงานแบบการเจรจาผ่านทางเครื่องมือสื่อสารไร้สาย สามารถช่วยให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลจากร้านค้า รวมไปถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการสั่งซื้อสินค้า

PDA ถูกใช้เป็นอุปกรณ์ในการวิจัยที่ผู้บริโภคใช้ในเข้าถึงข้อมูลต่างๆ จะอธิบายการทำงานโดยยกตัวอย่างการใช้งายจริง เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เมื่อต้องการซื้อสินค้าชนิดหนึ่ง เช่น ต้องการซื้อหนังสือ A Profile in American Architecture ของ IM Pei ก็ทำการสแกนบาร์โค้ด (bar code) ของหนังสือเข้าไปยัง PDA โดยมีรายละเอียดแสดงในภาพประกอบ 3.3 และยังสามารถกำหนดราคาที่ต้องการได้ด้วย
- จากนั้นผู้ซื้อเดินทางไปยังแหล่งที่มีการขายสินค้า ต่อจากนี้การทำงานของเอเจนท์ก็จะเริ่มขึ้นโดยการที่เอเจนท์จะทำการส่งการเจรจาไปยังเอเจนท์ที่อยู่ที่ร้านค้า เพื่อทำการค้นหาหนังสือที่ต้องการ เมื่อพบแล้วก็จะทำการแสดงรายการของหนังสือที่ค้นเจอพร้อมทั้งรายละเอียด และยังสามารถทำการสั่งซื้อสินค้าโดยการตัดผ่านบัตรเครดิตได้อีกด้วยดังภาพประกอบ 3.4 จากนั้นก็เดินไปรับหนังสือที่ร้านหนังสือ



ภาพประกอบ 3.3 รายละเอียดของหนังสือที่แสดงใน PDA

ที่มา: Morris, J. and Youll, J. 1999

ภาพประกอบ 3.4 รายการที่ค้นเจอ(ก) และการชำระเงิน(ข)

ที่มา: Morris, J. and Youll, J. 1999

- เมื่อซื้อหนังสือเรียบร้อยแล้วผู้ซื้อต้องการเดินทางไปยังร้านขายเครื่องเสียงเพื่อที่จะซื้อเครื่องเล่น CD ทำการสแกนบาร์โค้ตเครื่องเล่นรุ่นที่ต้องการและทำการใส่เงื่อนไขต่างๆ เข้าไป รอให้เอเจนท์เปิดการเจรจา จากนั้นเมื่อได้ผลลัพธ์ เอเจนท์ก็จะทำการแจ้งผลที่ได้ แสดงในภาพประกอบ 3.5 จากนั้นก็ทำการตัดสินใจเลือกซื้อ

ภาพประกอบ 3.5 แสดงรายการที่ค้นหาได้จากร้านค้า รวมถึงร้านค้าออนไลน์ด้วย

ที่มา: Morris, J. and Youll, J. 1999

- หลังจากที่ซื้อเครื่องเล่น CD แล้วเอเจนท์จะทำงานต่อในการเปิดการเจรจา โดยใช้สินค้าที่มีความสัมพันธ์กับเครื่องเล่น CD ซึ่งจะได้ผลตามภาพประกอบ 3.6 คือแจ้งว่าร้าน Tower Records มีการขายแผ่น CD จำนวน 3 แผ่นในราคา 2 แผ่น

ภาพประกอบ 3.6 เอเจนท์แจ้งว่ามีร้าน Tower Records กำลังเสนอขายรายการสินค้าแผ่น CD จำนวน 3 แผ่นในราคา 2 แผ่น

ที่มา: Morris, J. and Youll, J. 1999

ทั้งหมดก็คือตัวอย่างของระบบ Impulse สามารถอำนวยความสะดวกในการตัดสินใจซื้อสินค้าที่ต้องการได้เป็นอย่างดี และเบื้องหลังของระบบนี้อีกอย่างหนึ่งคือร้านค้าก็สามารถที่จะรับรู้ ความต้องการของผู้บริโภคว่ามีอะไรเป็นแรงกระตุ้นการซื้อสินค้านั้นๆ อีกด้วย