

บทที่ 2 ทฤษฎี เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

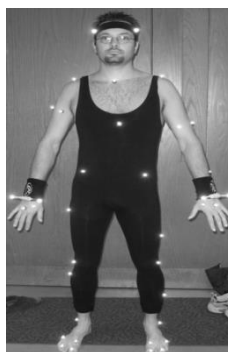
บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ความรู้พื้นฐานของเทคโนโลยีและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย
ชิ้นนี้

2.1 Human Posture Analysis

การตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Postural Analysis) เป็นการตรวจจับท่าทางของมนุษย์ในอิริยาบถต่าง ๆ เพื่อทำการตีความแต่ละท่าทาง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากท่าทางของอวัยวะในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น แขน ขา หรือ หัวเข่า เป็นต้น โดยหลักการในการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ท่าทางสามารถแบ่งได้เป็นสองหลักการด้วยกันดังต่อไปนี้

2.1.1 Marker Motion Capture

การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยการทำสัญลักษณ์บนจุดต่าง ๆ ของร่างกาย [1-4] (Marker Motion Capture) เป็นการตรวจจับส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยผู้ถูกตรวจจับจะต้องสวมใส่ชุด หรือ เครื่องแต่งกายที่มีการทำเครื่องหมายในส่วนต่าง ๆ เอาไว้ โดยเครื่องหมายที่ถูกกำหนดไว้บนร่างกายจะเป็นตัวบ่งบอกถึงอวัยวะส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแบ่งแยกอวัยวะแต่ละส่วนที่ต้องการตรวจจับดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยวิธีสัณฐานต่าง ๆ บนร่างกายนั้นสามารถทำได้ทั้งจากการบันทึกภาพผ่านกล้องแล้วนำข้อมูลที่บันทึกได้มาทำการวิเคราะห์หาสัญลักษณ์ที่ทำไว้บนร่างกาย หรือ ในอีกกรณีคือการใช้อุปกรณ์ที่เป็นอุปกรณ์บอกพิกัดซึ่งสามารถช่วยให้รู้พิกัดของส่วนต่าง ๆ บนร่างกายได้ทันทีในระหว่างที่ทำการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.1 การทำสัญลักษณ์บนจุดต่าง ๆ ของร่างกาย [5]

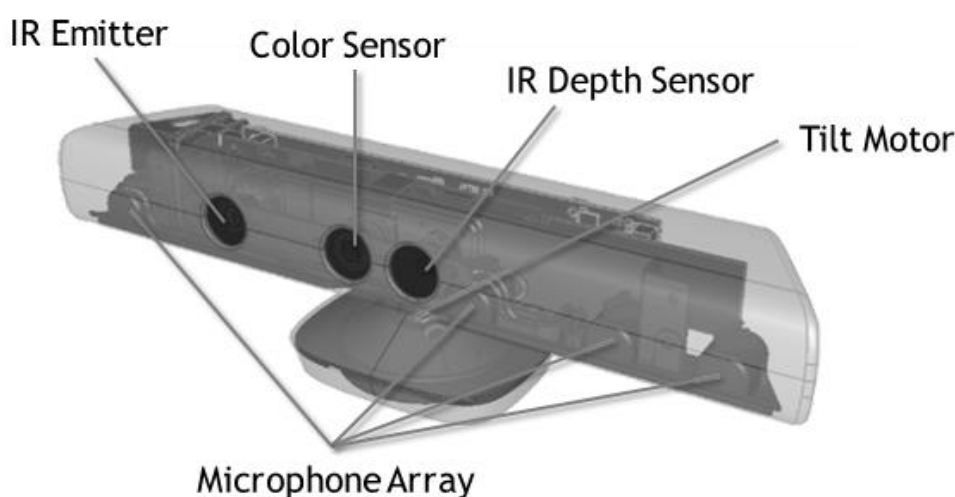
2.1.2 Markerless Motion Capture

การตรวจจับท่าทางโดยปราศจากการทำเครื่องหมายบนร่างกาย (Markerless Motion Capture) เป็นอีกหลักการของการวิเคราะห์การแสดงท่าทางของมนุษย์ หลักการนี้จะไม่มีการทำสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายไว้บนจุดต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ถูกตรวจจับ โดยในหลักการนี้จะบันทึกภาพการเคลื่อนไหวมาวิเคราะห์ เพื่อทำการแยกแยะส่วนที่คาดการณ์ว่าจะเป็นร่างกายมนุษย์ออกจากพื้นหลัง จากนั้นจึงนำข้อมูลส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์จากภาพมาวิเคราะห์ท่าทาง ในหลักการนี้สามารถแยกย่อยวิธีการในการวิเคราะห์ท่าทางได้ 2 แบบคือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิติ (2 Dimension Image Processing) และการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติ (3 Dimension Image Processing) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิตินั้นเป็นหลักการที่ได้รับความนิยมมาอย่างยาวนาน [6-8] โดยจะใช้รายละเอียดจุดสี (Pixel Color) ของภาพมาทำการวิเคราะห์ท่าทาง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ข้อมูลจากภาพสองมิตินั้นมักมีปัญหาในเรื่องการแยกแยะส่วนของร่างกายมนุษย์ออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ท่าทางตามไปด้วย นอกจากนี้แสงก็ยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลท่าทางอีกเช่นกัน ในทางกลับกันการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิติลงได้ ด้วยสาเหตุที่ชุดข้อมูลในภาพสามมิตินั้นมีส่วนของข้อมูลเชิงลึก (Depth Data) ซึ่งช่วยในการแบ่งแยกระหว่างวัตถุแต่ละชิ้นให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพเชิงลึกนั้นเป็นอุปกรณ์ประเภทเซ็นเซอร์ (Sensor) จึงทำให้แสงไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่หลายงานวิจัยในปัจจุบันให้ความสนใจ [9-11] เช่นเดียวกับหลายงานวิจัยในปัจจุบันงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้หลักการในการตรวจจับท่าทางโดยปราศจากการทำเครื่องหมายบนร่างกาย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติในการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์

อุปกรณ์เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ท่าทาง ซึ่งพบว่าในปัจจุบันมีหลายงานวิจัยให้ความสนใจเลือกกล้อง Kinect เพื่อใช้ในงานวิจัย โดยระบบของกล้อง Kinect มีความสามารถในการบันทึกได้ทั้งข้อมูลภาพสองมิติ (RGB Image) และ ภาพสามมิติ (Depth Image) โดยจุดเด่นของกล้อง Kinect คือมี Library Function ที่ช่วยในการวิเคราะห์และทำการแยกแยะส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์ออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี และ Library Function ของกล้อง Kinect นั้นยังสามารถช่วยในการวิเคราะห์เพื่อค้นหาจุดสำคัญต่าง ๆ ของร่างกายได้อีกด้วย จากความสามารถของกล้อง Kinect จึงทำให้ปัจจุบันกล้อง Kinect กลายเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมจากหลายสาขางานวิจัย

2.2 กล้อง Kinect

กล้อง Kinect [12-13] ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงเสริมในการเพิ่มความสามารถให้กับเครื่องเล่นเกม XBOX 360 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Microsoft โดยกล้อง Kinect นั้นทำให้เครื่องเล่นเกม XBOX 360 นั้นมีความสามารถในการควบคุมการเล่นเกมโดยสามารถสั่งการผ่านทางท่าทางเคลื่อนไหวและเสียงคำสั่งของผู้เล่น ระบบกล้อง Kinect ได้ถูกพัฒนาภายใต้แนวคิด “คุณคือผู้ควบคุม” (You Are the Controller) โดยการพัฒนาของบริษัท PrimeSense ซึ่งเป็นผู้พัฒนางานด้าน Natural User Interface (NUI) [14] กล้อง Kinect นั้นมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของกล้อง Kinect [15]

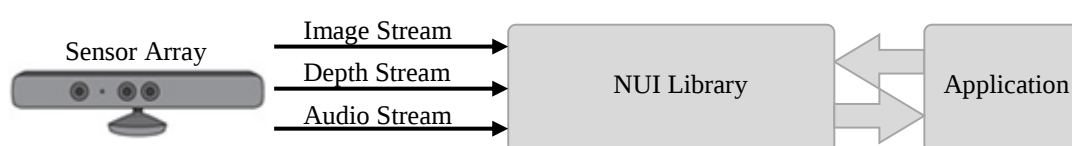
1. **Multi-array Microphone** เป็นไมโครโฟนที่ใช้ในการรับเสียงคำสั่งจากผู้ใช้งาน โดยจะถูกจัดวางเรียงยาวตามแนวนอนของตัวกล้อง Kinect เป็นจำนวน 4 ตัวโดยรับสัญญาณในรูปแบบอนาล็อกและทำการเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณเป็นดิจิทัล (ADC: Analog-to-digital Converter) แบบ 24 บิต (Bit) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ชุดคำสั่งบนระบบทำงานของเครื่องเล่นเกม XBOX 360
2. **Depth Sensor** ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกันได้แก่ IR Emitter และ IR Depth Sensor ซึ่งอยู่ด้านขวาและซ้ายของ RGB Camera ตามลำดับ โดย IR Emitter จะทำหน้าที่ในการยิงลำแสงไปยังวัตถุที่อยู่หน้ากล้อง Kinect และ IR Depth Sensor นั้นจะเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการรับลำแสงที่สะท้อนกลับจากวัตถุที่อยู่หน้ากล้อง Kinect และนำไปคำนวณระยะห่างของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่หน้ากล้อง Kinect โดยอุปกรณ์ทั้งสองชิ้นนี้จะทำให้กล้อง Kinect มีคุณสมบัติที่สามารถตรวจจับ

วัตถุหน้ากล้องได้ทั้งในพื้นที่สว่างและพื้นที่มืด โดยจะทำงานร่วมกันเพื่อวิเคราะห์และสร้างภาพเชิงลึกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และค้นหาร่างกายมนุษย์ต่อไป

3. **RGB Camera** เป็นกล้องที่ใช้ในการบันทึกภาพสองมิติ อยู่ระหว่าง IR Emitter และ IR Depth Sensor โดยภาพที่ได้จากการบันทึกของกล้อง Kinect จะมีความละเอียดได้สูงสุดอยู่ที่ 1280x960 พิกเซล (Pixel)
4. **Motorized Tilt** เป็นมอเตอร์ที่ถูกบรรจุไว้ที่ฐานของกล้องเพื่อใช้ในการปรับมุมมองกล้องให้สามารถก้มและเงย เพื่อให้มีมุมมองที่เหมาะสมในการใช้งานในสถานการณ์ และสถานที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถปรับให้กล้องมีมุมเงยและมุมก้มได้ 27 องศา

2.2.1 Kinect Library Function

Kinect Library Function คือตัวกลาง (Middleware) ที่ทำหน้าที่ในการติดต่อเพื่อดึงข้อมูลจากกล้อง Kinect ไปใช้ในโปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3 ภาษาทางโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้กับ Kinect Library Function นั้นมีด้วยกันสามภาษาคือ ภาษา C++ ภาษา C# และ ภาษา Java โดย Kinect Library Function นั้นเป็น Library ชนิด Natural User Interface Library กล้อง Kinect มี Library หลากหลายตัวที่สามารถใช้ในการสนับสนุนการติดต่อเพื่อดึงข้อมูลจากกล้อง Kinect โดย Library ที่ได้รับความนิยมด้วยกันสองตัวได้แก่ Kinect for Windows SDK Library Function และ OpenNI Library Function โดยงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้ Kinect for Windows SDK Library Function ซึ่งเป็น Library ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยตรงจากบริษัท Microsoft



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อเพื่อส่งถ่ายมูลระหว่างกล้อง Kinect และ โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้น [16]

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์นั้นจำเป็นต้องมี Library เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ท่าทาง และค้นหาส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์ ซึ่ง Kinect for windows SDK นั้นสามารถวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ บนร่างกายได้สองโหมดซึ่งประกอบด้วย [17] Seat Mode และ Default Mode โดย Default Mode สามารถค้นหาจุดต่าง ๆ บนร่างกายได้ทั้ง 20 จุดดังแสดงในรูปที่ 2.4.1 และ Seat Mode สามารถค้นหาจุดต่าง ๆ บนร่างกายได้ทั้งหมด 10 จุด เฉพาะส่วนของแขนและเหนือไหล่ขึ้นไปดังแสดงในรูปที่ 2.4.2 ซึ่ง Seat Mode นั้นมีความสามารถในการวิเคราะห์ท่าทางในการนั่งได้ดีแต่อย่างไรก็ตาม

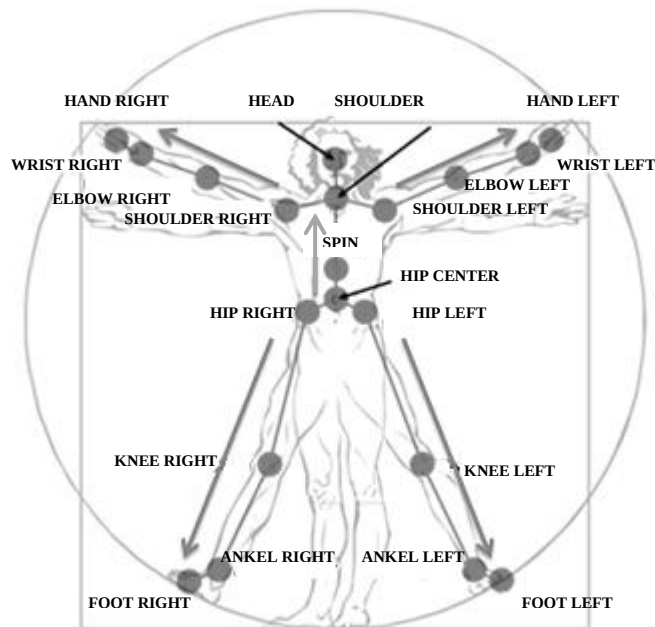
รายละเอียดของข้อมูลส่วนที่ต่ำกว่าไหล่ลงมาจะไม่สามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกใช้ Default Mode เพื่อวิเคราะห์การแสดงท่าทาง โดยรายละเอียดของจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่สามารถวิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect [18] นั้นได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.4.3



รูปที่ 2.4.1 การวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนร่างกายใน
Default Mode [17]



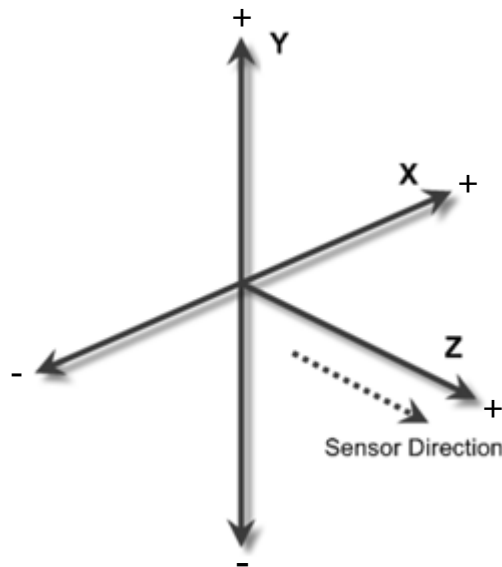
รูปที่ 2.4.2 การวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนร่างกายใน
Seat Mode [17]



รูปที่ 2.4.3 รายละเอียดของจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่ถูกวิเคราะห์โดยกล้อง Kinect [18]

รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนร่างกายโดย Kinect for Windows SDK Library Function

ข้อมูลตำแหน่งของจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่ได้จาก Kinect for Windows SDK Library Function ของกล้อง Kinect นั้นจะอยู่ในพิกัดสามมิติ ซึ่งประกอบด้วยพิกัดในแกน X, Y และ Z โดยแกน X จะเป็นแกนในแนวนอน แกน Y จะเป็นแกนในแนวตั้ง ซึ่งตัดผ่านจุดศูนย์กลางซึ่งเป็นจุดกำเนิด ($X = Y = Z = 0$) และแกน Z เป็นแกนที่ใช้ในการบ่งบอกถึงระยะห่างระหว่างกล้อง Kinect ไปยังวัตถุ ซึ่งจุดกำเนิดนั้นจะเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ตรงหน้ากล้อง Kinect ค่าในแนวแกน X จะเป็นค่าที่บอกระยะห่างจากจุดกำเนิดในแนวนอน ซึ่งค่าในแนวแกน X จะมีค่าเป็นบวกก็ต่อเมื่อค่าในจุดนั้นอยู่ด้านขวาของแกน Y และค่าในแกน Y นั้นจะมีค่าเป็นบวกก็ต่อเมื่อค่าอยู่เหนือแกน X ขึ้นไป ส่วนในแนวแกน Z จะมีค่าเป็นบวกเสมอซึ่งหากจุดของวัตถุนั้นออกห่างจากกล้องมากขึ้นจะทำให้ค่าในแนวแกน Z นั้นค่อย ๆ มีค่าที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งทิศทางของแกน X Y และ Z ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แกน X Y และ Z ของกล้อง Kinect [19]

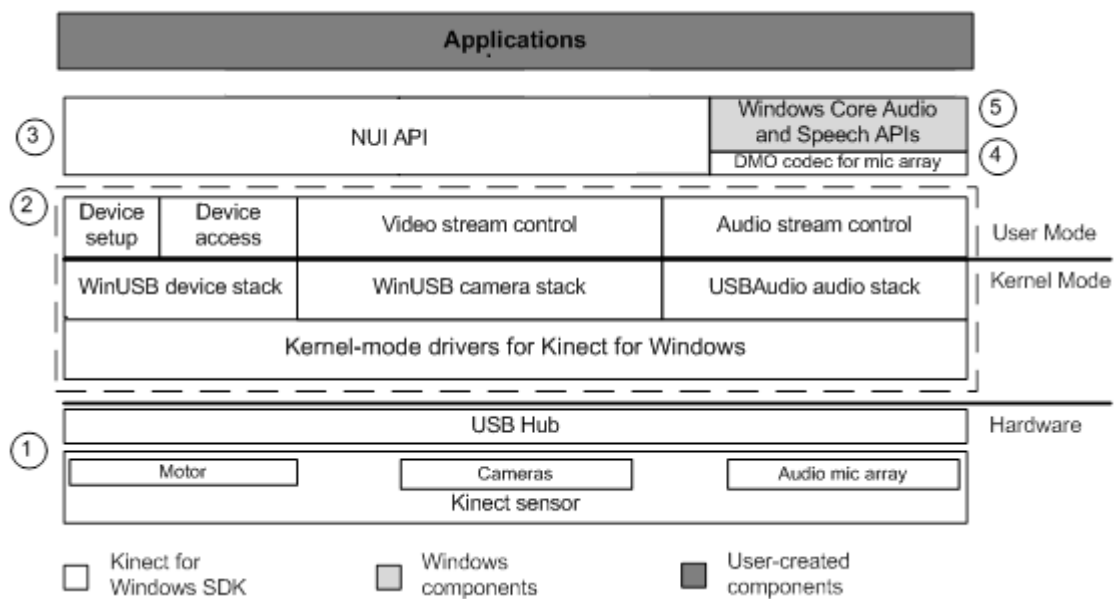
ระยะห่างของกล้องไปยังร่างกายมนุษย์ที่เหมาะสมในการทำงานของ Kinect for Windows SDK Library Function คือช่วงระยะระหว่าง 1.8-3.0 เมตร แม้ว่า Kinect for Windows SDK Library Function นั้นจะมีความสามารถในการแยกแยะส่วนที่เป็นร่างกายคนออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อนและสามารถวิเคราะห์หาจุดต่าง ๆ บนร่างกายได้ ยังคงพบว่า Kinect for Windows SDK Library Function มีจุดบกพร่องอยู่เช่นกันดังนี้

1. Kinect for Windows SDK Library Function ไม่สามารถจะทำการวิเคราะห์และคาดคะเนส่วนของร่างกายที่ถูกบดบังด้วยวัตถุอื่นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นอาจเป็นข้อมูลที่เกิดจากการคาดเดาที่อาจถูกต้องหรือผิดพลาดก็ได้
2. การเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว หรือ การทำท่าทางที่มีความซับซ้อนส่งผลให้ Library Kinect for Windows SDK ไม่สามารถตรวจจับท่าทาง หรือ อาจเกิดการคาดเดาจุดต่าง ๆ ที่ผิดเพี้ยนขึ้นได้
3. ในกรณีที่ขา หรือ แขนชิดติดกัน Library Kinect for Windows SDK อาจมีการวิเคราะห์จุดต่าง ๆ ที่ผิดพลาดมากกว่าเมื่อเทียบกับการแยกแขนและขาออกจากกัน เพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างแขนและลำตัว และขาทั้งสองข้าง เพราะ Kinect for Windows SDK Library Function จะวิเคราะห์ว่าแขนและลำตัวเป็นชิ้นส่วนของร่างกายส่วนเดียวกัน

2.2.2 สถาปัตยกรรม Kinect

รูปแบบของสถาปัตยกรรมในการส่งผ่านข้อมูลของกล้อง Kinect และโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบ 5 ชั้น ดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2.6)

1. **Kinect Hardware** คือส่วนที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกล้อง Kinect ที่ใช้ในการตรวจจับภาพและรับสัญญาณเสียง ซึ่งมีการส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณชนิด USB
2. **Kinect Driver** เป็นตัวขับเคลื่อน (Driver) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสั่งการให้กล้องสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และเป็นตัวช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าถึงทรัพยากรของกล้อง Kinect ได้ โดยตัวขับเคลื่อนจะมาพร้อมกับ Kinect for Windows SDK Library Function โดยมีองค์ประกอบย่อย 3 ส่วนดังต่อไปนี้
 - 2.1 **Kinect Microphone Array** เป็นส่วนที่ทำให้สามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ไมโครโฟนของกล้อง Kinect ได้
 - 2.2 **Audio and Video Streaming** เป็นส่วนที่ใช้ในการดึงข้อมูลเสียง และข้อมูลภาพจากกล้อง Kinect
 - 2.3 **Device Enumeration Functions** เป็นส่วนช่วยให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเข้าถึงกล้อง Kinect ได้มากกว่าหนึ่งเครื่อง
3. **Audio and Video Components** เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อเพื่อตรวจจับโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ทั้งในรูปแบบข้อมูลภาพสองมิติ และข้อมูลภาพเชิงลึก รวมถึงการเข้าใช้งานชุดข้อมูลเสียง
4. **DirectX Media Object (DMO)** เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการคุณภาพข้อมูลเสียงของกล้อง Kinect
5. **Windows 7 Standard APIs** เป็นส่วนที่จัดการเรื่องเสียงและการสั่งการโดยเสียงเพื่อให้สามารถใช้งานไบนารีระบบปฏิบัติการ Windows 7 และ Windows 8



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสถาปัตยกรรมการส่งถ่ายข้อมูลของกล้อง Kinect [16]

2.3 Data Mining

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) [20-21] คือกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนยากต่อการวิเคราะห์ และการทำความเข้าใจ โดยจะมีการค้นหารูปแบบ (Pattern) และความสัมพันธ์ (Relationship) ในชุดข้อมูลเพื่อให้สามารถจัดการ และวิเคราะห์ชุดข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีหลายสาขาวิจัยนำหลักการด้านการทำเหมืองข้อมูลไปประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ทางข้อมูล เช่น การวิเคราะห์การแสดงออกทางอารมณ์บนหน้า (Facial Emotional Expression Recognition) และการแยกแยะท่าทางของมนุษย์ (Human Postural Recognition) เป็นต้น โดยวิวัฒนาการของการทำเหมืองข้อมูลถูกแบ่งเป็น 4 ช่วงด้วยกันซึ่งได้แก่

- ปี ค.ศ.1960 Data Collection เป็นช่วงที่มีการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลที่มีความเหมาะสมบนอุปกรณ์ที่น่าเชื่อถือและมีความสามารถในการป้องกันการสูญหายได้เป็นอย่างดี
- ปี ค.ศ.1980 Data Access เป็นช่วงที่เริ่มมีการนำข้อมูลที่จัดเก็บไว้มาทำการสร้างความสัมพันธ์ต่อกันเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- ปี ค.ศ. 1990 Data Warehouse & Decision Support คือช่วงที่มีการรวบรวมข้อมูลที่แยกออกจากกัน มาเก็บรวมกันในฐานะข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้เห็นภาพรวมของข้อมูล และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจต่าง ๆ
- ปี ค.ศ. 2000 Data Mining เป็นช่วงที่ปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีความซับซ้อนส่งผลให้ยากต่อวิเคราะห์ข้อมูล จึงมีการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการประมวลผล

โดยการสร้างแบบจำลอง (Model) และหาความสัมพันธ์ทางสถิติ เพื่อช่วยให้เข้าใจชุดข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.3.1 ขั้นตอนในการทำเหมืองข้อมูล

ขั้นตอนในการทำเหมืองข้อมูลประกอบด้วย 7 ขั้นตอนต่อไปนี้

1. **Data Cleaning** เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคัดเลือกว่าเป็นข้อมูลที่ผิดพลาด (Error Data) ออกจากชุดข้อมูลดิบเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. **Data Integration** เป็นขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลในกรณีที่ชุดข้อมูลนั้นมีมากกว่าหนึ่งชุดและแยกกันอยู่ให้เป็นข้อมูลชุดเดียวกัน
3. **Data Selection** เป็นขั้นตอนในการประเมินความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะ (Attribute) ของชุดข้อมูลเพื่อแยกแยะข้อมูลที่มีความสำคัญและไม่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลออกจากกัน
4. **Data Transformation** เป็นขั้นตอนในการแปลงชุดข้อมูลดิบ (Raw Data) เพื่อลดความซับซ้อนในชุดข้อมูลซึ่งส่งผลให้ชุดข้อมูลมีปริมาณที่น้อยลง และเพิ่มความสัมพันธ์ให้แก่ชุดข้อมูลส่งผลให้การเรียนรู้เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. **Data Mining** เป็นขั้นตอนการเรียนรู้ (Learning) ชุดข้อมูลเพื่อค้นหาความรูปแบบความสัมพันธ์ภายในชุดข้อมูล
6. **Pattern Evaluation** เป็นขั้นตอนการประเมินความสามารถของรูปแบบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล
7. **Knowledge Representation** เป็นขั้นตอนการนำเสนอองค์ความรู้ที่ค้นพบจากชุดข้อมูล โดยใช้เทคนิคนำเสนอในรูปแบบแผนภาพเพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจถึงรูปแบบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมากยิ่งขึ้น

2.3.2 Weka Data Mining Tool

โปรแกรม Weka [22-23] (Waikato Environment for Knowledge Analysis) เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่รวบรวมอัลกอริทึมเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัย Waikato ประเทศนิวซีแลนด์ โดยผู้ใช้งานสามารถสั่งการผ่านหน้า GUI (Graphic User Interface) และใช้ชุดคำสั่ง (Command Line) ในการประมวลผลชุดข้อมูล โปรแกรม Weka เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของภาษาจาวา (Java) ซึ่งทำให้ระบบสามารถทำงานได้บนหลากหลายระบบปฏิบัติการ โดยโปรแกรม Weka มีชุดเครื่องมือที่มีฟังก์ชันสำหรับการทำงานร่วมกับข้อมูล 5 ส่วนด้วยกันซึ่งประกอบด้วย

1. **Pre-Processing** เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์ และเป็นส่วนที่ทำการสรุปรายละเอียดพื้นฐานของชุดข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์
2. **Classify** เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกข้อมูล (Classification) และทำนายข้อมูล (Prediction) ซึ่งมีหลากหลายอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น Neural Network, Decision Tree และ Naive Bayes เป็นต้น
3. **Cluster** เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการจัดกลุ่มชุดข้อมูล (Clustering) โดยมีการจัดกลุ่มข้อมูลตามความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันเข้าไว้ด้วยกัน
4. **Select Attributes** เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์หากกลุ่มของข้อมูลที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยเพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลให้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณข้อมูลที่ไม่มีความเกี่ยวข้องต่อการวิเคราะห์ข้อมูลลงได้อีกด้วย
5. **Visualize** เป็นส่วนที่ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในรูปแบบแผนภาพเพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของชุดข้อมูล

2.4 งานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง

ในช่วง ค.ศ. 2006 งานวิจัยของ M. C. Roh และ S. W. Lee [24] ได้นำเสนอวิธีลดความผิดพลาดในการค้นหาและแยกแยะส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์ออกจากพื้นหลังของภาพสองมิติที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาหลักของการวิเคราะห์เพื่อค้นหาร่างกายมนุษย์จากภาพสองมิติ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เสนอหลักการในการตัดส่วนเกินของพื้นหลังที่ติดมาจากการค้นหาร่างกายมนุษย์ โดยได้ทำการทดสอบผลลัพธ์โดยการเปรียบเทียบกับหลักการค้นหาส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์แบบ CDP (Continuous Dynamic Programming) ซึ่งใช้ชุดข้อมูลในการทดสอบเป็นวิดีโอบันทึกการแข่งขันกีฬาพบว่าหลักการที่งานวิจัยนี้เสนอสามารถทำการค้นหาร่างกายมนุษย์ได้สมบูรณ์กว่าหลักการในแบบ CDP

งานวิจัยของ Y. M. Lianga และคณะ [25] ได้นำเสนอวิธีการตีความหมายของท่าทางของมนุษย์ โดยเสนอกรอบการทำงาน (Framework) ในการวิเคราะห์ความหมายของท่าทาง ซึ่งโครงสร้างของกรอบการทำงานของงานวิจัยชิ้นนี้ประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันได้แก่ ส่วนของชุดท่าทางที่ใช้ในการตีความของท่าทาง (Key Post) และส่วนของการวิเคราะห์ความหมายท่าทาง โดยจะนำข้อมูลท่าทางที่สามารถวิเคราะห์ได้มาทำการตีความหมาย ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการพัฒนาชุดท่าทางขึ้นมาทั้งหมด 61 ท่าทางเพื่อใช้ในการตีความของการแสดงท่าทาง

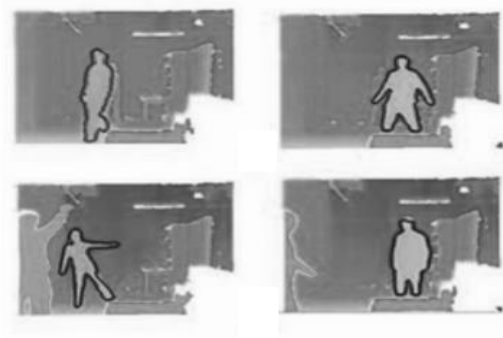
C. C. Chen และคณะ [26] ได้นำเสนอวิธีในการค้นหาส่วนของร่างกายมนุษย์และสัปดาห์ต่าง ๆ ของร่างกาย (Body Part Segmentation) จากภาพสองมิติโดยใช้เทคนิค Gaussian Mixture Model ในการแยกแยะและค้นหาส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วยหลักการ Depth-first Search จากการทดลองกับภาพทำขึ้นจำนวน 140 ภาพ ซึ่งเป็นภาพที่มีพื้นหลังไม่ซับซ้อนพบว่าด้วยหลักการที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอไว้สามารถแยกแยะแต่ละส่วนของร่างกายได้เป็นอย่างดี

ในช่วง ค.ศ. 2007 งานวิจัยของ C. Wu และ H. Aghajan [27] นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์โดยใช้กล้องบันทึกภาพแบบสามมิติ โดยระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นสามารถสนับสนุนการใช้กล้องบันทึกสามมิติหลายตัวในการบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลจากแต่ละมุมมองของกล้องสามมิติแต่ละตัวนั้นสามารถช่วยประกอบโครงสร้างร่างกายของมนุษย์ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยชิ้นนี้ยังได้นำเสนอกรอบการทำงาน (Framework) ซึ่งได้กล่าวถึงการกำหนดตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อวิธีการวิเคราะห์ท่าทางในระบบสามมิติซึ่งประกอบด้วย พื้นที่ในการบันทึกข้อมูล เวลา และ Feature ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลท่าทางของมนุษย์ที่สามารถบันทึกได้ในรูปแบบสามมิติ

ในช่วงปี ค.ศ. 2010 เป็นปีที่กล้อง Kinect รุ่น Kinect for XBOX ถูกจัดวางจำหน่ายสู่ท้องตลาดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft โดยมี Library ที่ช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ โดยกล้อง Kinect รุ่นแรกถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นอุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการควบคุมการเล่นเกมของเครื่องเล่นเกม XBOX แต่อย่างไรก็ตามด้วยความสามารถในการวิเคราะห์ร่างกายมนุษย์ในระบบสามมิติที่มีความถูกต้องสูงทำให้ภายหลังจากปี ค.ศ. 2010 มีงานวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจเลือกใช้กล้อง Kinect เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับท่าทาง

ในช่วงปี ค.ศ. 2011 งานวิจัยของ J. Shotton และคณะ [28] ซึ่งเป็นทีมนักวิจัยของบริษัท Microsoft ได้นำเสนอวิธีการค้นหาส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์ และการแยกแยะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพสามมิติ โดยหลักการที่นำเสนอสามารถช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลภาพสามมิติได้อย่างรวดเร็วด้วยปริมาณ 200 เฟรมต่อวินาที

งานวิจัยของ L. Xia และคณะ [29] ได้นำเสนอหลักการในการตรวจจับร่างกายของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากภาพเชิงลึกของกล้อง Kinect ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งพบว่าข้อดีของกล้อง Kinect คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพสามมิตินั้นเป็นเซ็นเซอร์อินฟราเรด ทำให้แสงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล จึงทำให้สามารถใช้กล้อง Kinect ได้ทั้งในที่มืดและที่สว่าง นอกจากนี้ยังพบว่าเสื้อผ้าที่สวมใส่ รวมถึงพื้นหลังที่มีความซับซ้อน ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพเชิงลึกนั้นสามารถนำมาทดแทนการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิติได้เป็นอย่างดี



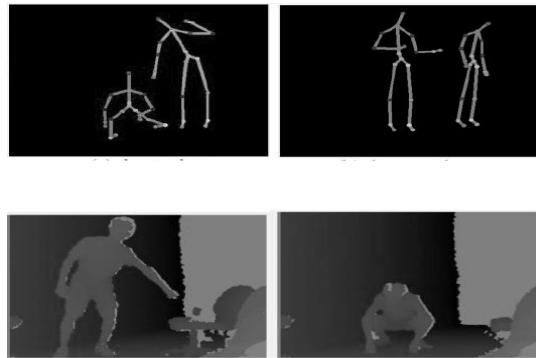
รูปที่ 2.7 การตรวจจับร่างกายมนุษย์จากภาพสามมิติ [29]

งานวิจัยของ Y. Liu และคณะ [30] ได้นำเสนอวิธีการแบ่งแยกบุคคลสองคนที่มีส่วนของร่างกายสัมผัสกัน เช่น การตรวจจับท่าทางของกลุ่มเต้นแต่ละคน โดยวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการแบ่งแยกชิ้นส่วนในรูปภาพ (Image Segmentation) ซึ่งมีการแบ่งชิ้นส่วนของรูปภาพจากหลายมุมมอง และแต่ละมุมมองจะถูกนำไปประมาณหาพื้นผิว (Surface Estimation) เพื่อสร้างแบบจำลองหุ่นสามมิติดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งผลลัพธ์แสดงถึงวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบการเคลื่อนไหวของคนสองคนที่มีร่างกายสัมผัสกันโดยใช้กล้อง Kinect แต่อย่างไรก็ตามยังพบความผิดพลาดในกรณีที่มีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว และในกรณีที่ส่วนของร่างกายทั้งสองคนมีความใกล้ชิดกันมากเกินไปเช่นการกอด



รูปที่ 2.8 การแบ่งแยกท่าทางของสองบุคคลที่ร่างกายสัมผัสกัน [30]

งานวิจัยของ X. Yu และคณะ [31] ได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการวิเคราะห์และประเมินการแสดงออกทางอารมณ์ด้านลบในเด็ก โดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของท่าทางโดยใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.9 โดยทำการวิเคราะห์อารมณ์ด้านลบจากท่าทางที่แสดงออกของเด็ก ซึ่งจะนำข้อมูลของข้อต่อบนโครงร่างที่ตรวจจับได้จากกล้อง Kinect ไปทำการวิเคราะห์โดยใช้ อัลกอริทึมการวิเคราะห์พฤติกรรม ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองพัฒนาระบบต้นแบบมาเปรียบเทียบกับระบบบันทึกการเคลื่อนไหว และการบันทึกพฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมาจริง ผลสรุปแสดงให้เห็นถึงความสามารถของกล้อง Kinect ว่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถวิเคราะห์โครงสร้างของร่างกายได้อย่างละเอียดส่งผลให้การวิเคราะห์ท่าทางมีความถูกต้องและมีความแม่นยำ จึงทำให้การวิเคราะห์พฤติกรรม และการแสดงออกทางอารมณ์ด้านลบของเด็กมีความถูกต้องสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างพฤติกรรมของเด็กที่บันทึกโดยใช้กล้อง Kinect [31]

งานวิจัยของ S. Hauswiesner และคณะ [32] ได้นำเสนอระบบในการทดลองเสื้อผ้าเสมือนจริง ซึ่งใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับร่างกาย และท่าทางของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปทำการสร้างแบบจำลองสามมิติที่สามารถจำลองร่างกายของผู้ใช้งานที่กำลังใส่เสื้อผ้าที่เลือกไว้ โดยแบบจำลองจะแสดงท่าทางที่เหมือนกับท่าทางที่ผู้ใช้งานกำลังแสดงอยู่ตามเวลาจริงดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่ากล้อง Kinect มีความสามารถในการแยกแยะร่างกายมนุษย์ออกจากพื้นหลังได้เป็นอย่างดี ซึ่งเมื่อนำระบบนี้ไปทดสอบกับผู้ใช้งานจริง พบว่าผู้ใช้งานมีความพอใจกับระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น



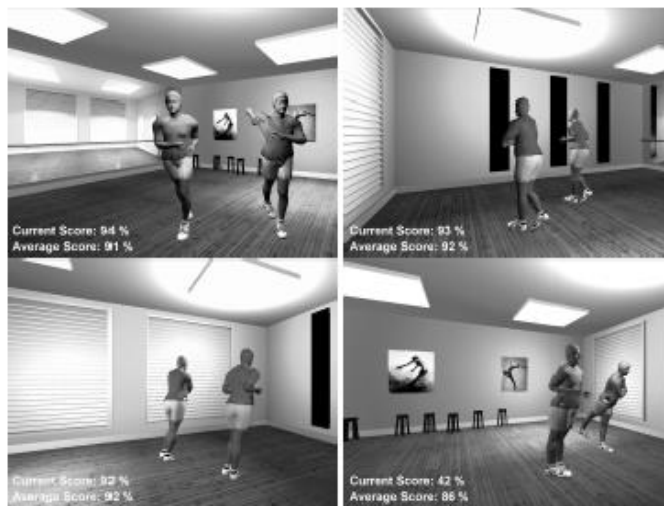
รูปที่ 2.10 ระบบการลองเสื้อผ้าเสมือนจริง [32]

งานวิจัยของ R. Igorevich และคณะ [33] ได้ทำการพัฒนาระบบที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์โดยท่าทางของมนุษย์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมให้หุ่นยนต์แสดงท่าทางแบบเดียวกับผู้ควบคุมได้ดังแสดงในรูปที่ 2.11 โดยใช้กล้อง Kinect เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับท่าทางของผู้ใช้งาน โดยทำงานร่วมกับ OpenNI Library Function ในการวิเคราะห์โครงสร้างของร่างกายผู้ควบคุม ข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์มาจากขนาดของมุมระหว่างข้อต่อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายผู้ควบคุม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลของกล้อง Kinect โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองตรวจสอบความถูกต้องโดยให้ผู้ควบคุมแสดงท่าทางต่าง ๆ เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่า ข้อมูลจากกล้อง Kinect ที่ทำงานร่วมกับ OpenNI Library Function นั้นสามารถใช้ในการควบคุมการแสดงท่าทางของหุ่นยนต์ได้เป็นอย่างดีซึ่งท่าทางที่หุ่นยนต์แสดงออกมาเหมือนกับท่าทางของผู้ควบคุม แต่อย่างไรก็ตามระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมายังเป็นระบบต้นแบบที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์จึงทำให้การแสดงท่าทางของหุ่นยนต์นั้นจะแสดงท่าทางที่ช้ากว่าท่าทางจริงของผู้ควบคุมประมาณ 200 มิลลิวินาที



รูปที่ 2.11 ระบบการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับท่าทางของผู้ควบคุม [33]

งานวิจัยของ D. Alexiadis และคณะ [34] ได้ทำการพัฒนาระบบที่ใช้ในการฝึกซ้อมการเดิน ซึ่งผู้ฝึกซ้อมสามารถฝึกซ้อมการเดินตามนักเต้นต้นแบบ โดยระบบจะทำการจำลองสภาพแวดล้อมที่เสมือนจริงในรูปแบบสามมิติดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ใช้กล้อง Kinect ร่วมกับ OpenNI Library Function ในการวิเคราะห์จุดต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อนำไปประเมินความถูกต้องของท่าทางการเดินของผู้ฝึกซ้อม โดยเปรียบเทียบจุดต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect กับข้อมูลของผู้เต้นต้นแบบ โดยผลการศึกษาพบว่าระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้ตามเวลาจริง และข้อมูลจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่วิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect นั้นสามารถนำไปใช้การวิเคราะห์ความถูกต้องของท่าเดินได้จริง



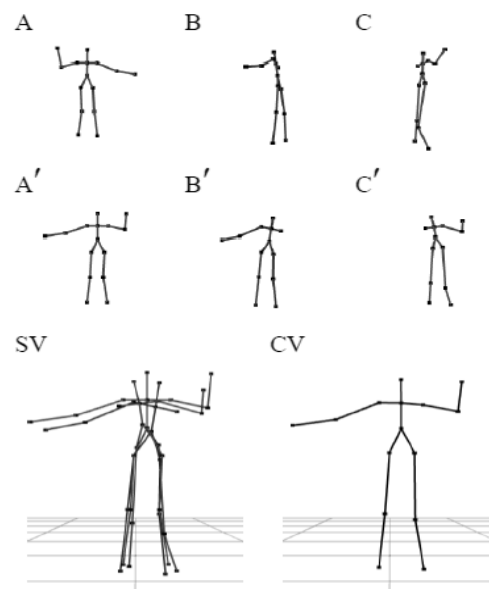
รูปที่ 2.12 ระบบสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมเต้น [34]

ในช่วงปี ค.ศ.2012 งานวิจัยของ Z. Marquardt และคณะ [35] ได้ทำการพัฒนาระบบฝึกซ้อมการเดิน ซึ่งระบบนี้มีชื่อว่า Super Mirror ถูกใช้ในสอนการเดินบัลเลต์ ผู้ฝึกซ้อมสามารถฝึกซ้อมกับระบบเพื่อดูความถูกต้องของท่าทางการเดินของผู้ฝึกซ้อม โดยระบบจะทำหน้าที่เป็นเหมือนกระจกที่สะท้อนท่าทางของผู้ฝึกซ้อมให้ผู้ฝึกซ้อมได้เห็น นอกจากนี้ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถทำการบันทึกข้อมูลการเดินของผู้ฝึกซ้อม เพื่อใช้ในการติดตามท่าทางการเดินของผู้ฝึกซ้อมย้อนหลัง ช่วยให้ผู้ฝึกซ้อมสามารถศึกษาการเดินที่ผิดพลาดของตนเองได้ โดยในงานวิจัยนี้มีการทดสอบระบบโดยการแสดงท่าเต้นดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยกลุ่มนักเต้นบัลเลต์เพื่อทดสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์ท่าทางของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยผลลัพธ์จากการทดสอบพบว่าระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถตรวจจับท่าทางการเดินของผู้ทดสอบในระดับพื้นฐาน และระดับกลางได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.13 ระบบฝึกสอนการเต้นบัลเลต์ [35]

งานวิจัยของ นราวุฒิ พัฒโนทัย และคณะ [36] ได้พัฒนาระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้กล้อง Kinect หลายตัวเพื่อเพิ่มมุมมองในการตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยนำเสนอหลักการในการนำข้อมูลจากกล้องทุกตัวมาทำการประกอบเป็นโครงร่างเพียงโครงร่างเดียว ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถเพิ่มปริมาณของกล้อง Kinect ได้อย่างไม่จำกัดในทางทฤษฎี โดยจุดในการวางกล้อง Kinect นั้นจะต้องมีองศาระหว่างกล้องแต่ละตัวเท่า ๆ กัน โดยจุดเด่นของงานวิจัยชิ้นนี้คือระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถทำให้การวิเคราะห์โครงสร้างของร่างกายนั้นมีความถูกต้องมากกว่าการใช้กล้อง Kinect ตัวเดียวซึ่งมักจะวิเคราะห์ผิดในกรณีที่บางส่วนของร่างกายถูกบดบัง



รูปที่ 2.14 โครงร่างมนุษย์จากมุมมองแต่ละกล้องและการประกอบโครงร่าง [36]

งานวิจัยของ O. Patsadu และคณะ [37] นำเสนอหลักการในการแยกแยะการแสดงท่าทางพื้นฐานของมนุษย์ซึ่งประกอบด้วย ท่านั่ง ท่านอนราบ และ ท่ายืน โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้ Kinect for Windows SDK Library Function ซึ่งสามารถให้ข้อมูลจุดต่าง ๆ ของร่างกายได้ทั้งหมด 20 จุด โดยงานวิจัยชิ้นนี้ประยุกต์หลักการการทำเหมืองข้อมูลมาช่วยวิเคราะห์ท่าทางโดยเลือก 4 อัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ชุดข้อมูลเพื่อค้นหารูปแบบที่ใช้ในการแยกแยะท่าทางซึ่ง 4 อัลกอริทึมที่เลือกใช้ประกอบด้วย Neural Network, Naïve Bayes, Decision Tree และ Support Vector Machine ชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของแต่ละอัลกอริทึมคือจุดต่าง ๆ บนร่างกายทั้งหมด 20 จุดที่วิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect ซึ่งพบว่าหลักการการทำเหมืองข้อมูลเป็นหลักการที่ช่วยแยกแยะท่าทางพื้นฐานได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยของ M. Kepski และ B. Kwolek [38] นำเสนอระบบที่ใช้ในการตรวจจับการล้มโดยใช้หลายอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์การล้มให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยกล้อง Kinect, Accelerometer และ Gyroscope โดยระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาทำงานอยู่บน PandaBoard ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android โดยหลักการที่ใช้ในการช่วยวิเคราะห์การล้มคือหลักการ Fuzzy Inference ท่าทางที่งานวิจัยให้ความสนใจสามารถแบ่งได้สองส่วนคือ ท่าที่เป็นการล้มและท่าทางปกติโดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบระบบกับอาสาสมัครจำนวน 5 คน ซึ่งเป็นการทดสอบโดยให้อาสาสมัครแสดงท่าทางปกติและท่าทางการล้มเพื่อทดสอบความถูกต้อง ผลลัพธ์พบว่าระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นสามารถตรวจจับท่าทางต่าง ๆ และแจ้งการล้มที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยของ A. Ball และคณะ [39] นำเสนอหลักการในการจับกลุ่มมนุษย์ โดยดูจากรูปแบบการเคลื่อนที่ ซึ่งใช้ข้อมูลจากจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่สามารถวิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าของมุมที่เกิดจากขาส่วนล่างและขาส่วนบนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการตรวจจับกลุ่มของมนุษย์ ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่สามารถวิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect เป็นข้อมูลที่มีความเสถียรสามารถนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายได้

งานวิจัยของ Y. Liu และคณะ [40] ได้นำเสนอหลักการในการแยกแยะท่ายืนรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย การยืนหันหน้าเข้าหากล้อง Kinect และ การยืนหันซ้ายและขวา ในมุม 30 และ 60 องศา เพื่อทดสอบความถูกต้องในการแยกแยะท่าทางการยืนในมุมมองต่าง ๆ โดยใช้หลักการการทำเหมืองข้อมูลในการแยกแยะข้อมูลท่าทางการยืน ซึ่งอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อค้นหารูปแบบในการแยกแยะท่าทางที่งานวิจัยนี้เลือกใช้คือ Support Vector Machines ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของงานวิจัยชิ้นนี้คือมุมการเอียงตัวจากข้อมูลจุดไหล่ซ้ายและขวาที่สามารถวิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect ซึ่งพบว่า

ระบบสามารถแยกแยะท่าขึ้นในมุมมองต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีโดยมีความถูกต้องในการวิเคราะห์แต่ละท่าทางมากกว่า 85 เปอร์เซนต์

ในช่วงปี ค.ศ.2013 งานวิจัยของสุทธิพงษ์ แก่นจันทร์ และคณะ [41] ได้พัฒนาระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้กล้อง Kinect หลายตัวเพื่อเพิ่มมุมมองในการตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยนำงานวิจัยของนราวุฒิ พัฒโนทัย และคณะ [38] มาทำการพัฒนาต่อ ยอดเพื่อให้สมบูรณ์ให้มากยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยของนราวุฒิ พัฒโนทัย และคณะ นั้นมีข้อบกพร่องที่มีความจำเป็นที่จะต้องจัดวางกล้องให้มีมุมของกล้องแต่ละตัวห่างเท่า ๆ กัน โดย สุทธิพงษ์ แก่นจันทร์ และคณะ ได้พัฒนาระบบรวบรวมชุดข้อมูลจากกล้องหลายตัวเพื่อประกอบเป็นหนึ่งโครงสร้างร่างกายที่สามารถตั้งกล้องได้อย่างอิสระ โดยจะเลือกกล้องหลักที่จะให้ข้อมูลดีที่สุดเป็นกล้องอ้างอิงข้อมูล โดยใช้หลักการ Brute Force ในการคำนวณหาระยะของกล้องแต่ละตัวเพื่อหาทิศทางความสัมพันธ์ และหาระยะของกล้องตัวอื่น ๆ เพื่อใช้ในการลดขั้นตอนการจัดวางกล้อง Kinect แต่ละตัว และทำให้การใช้งานระบบมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

A. Uribe-Quevedo และคณะ [42] ได้นำเสนอระบบที่ใช้ในการติดตามท่านั่งทำงาน โดยวิเคราะห์มุมการเอียงของไหล่ และศีรษะดังแสดงในรูปที่ 2.15 เพื่อใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมกา นั่งของคนทำงาน โดยใช้ในการตรวจสอบสุขภาพและคุณภาพชีวิตของแต่ละบุคคล โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของงานวิจัยชิ้นนี้มาจากข้อมูลของกล้อง Kinect ซึ่งพบว่าข้อมูลจากกล้อง Kinect นั้นสามารถนำมาวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวในระยะใกล้ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.15 การติดตามท่าทางขณะนั่งทำงาน [42]

งานวิจัยของ K. Kumada และคณะ [43] ได้นำเสนอระบบที่ใช้ในการตรวจจับท่าทางในการตีกอล์ฟ เพื่อใช้ในการฝึกซ้อมท่าทางในตีกอล์ฟให้ถูกต้อง โดยผู้ฝึกซ้อมสามารถนำท่าทางการตีกอล์ฟที่ถูกบันทึกไว้ในระบบมาทำการดูย้อนหลังเพื่อศึกษาความผิดพลาดของผู้ฝึกซ้อมได้ ซึ่งผู้ฝึกซ้อมสามารถเลือกดูได้ทั้งข้อมูลจากภาพสองมิติ และข้อมูลจากภาพสามมิติดังแสดงในรูปที่ 2.16 นอกจากนี้ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นยังสามารถแยกแยะแต่ละท่าการตีของนักกอล์ฟได้อีกด้วย โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทดสอบความถูกต้องในการตรวจจับท่าทางของการตีกอล์ฟโดยนักเล่นกอล์ฟจำนวน 20 คน ซึ่งจะแสดงท่าตีกอล์ฟหน้ากล้อง Kinect ซึ่งพบว่าระบบสามารถบันทึก และแยกแยะท่าทางของการตีกอล์ฟได้เป็นอย่างดี



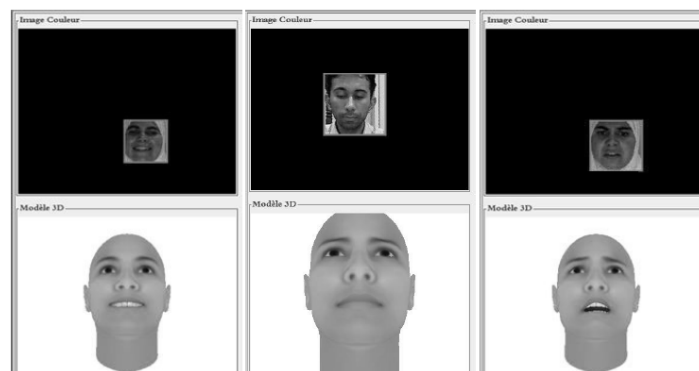
รูปที่ 2.16 ท่าทางการตีกอล์ฟของภาพสองและสามมิติที่บันทึกได้จากกล้อง Kinect [43]

งานวิจัยของ X. Dai และคณะ [44] นำเสนอระบบที่ใช้ในการตรวจจับและแบ่งแยกระหว่างการล้มและ ท่าทางปกติ (ADLs: Activities of Daily Living) โดยงานวิจัยชิ้นนี้ใช้หลักการ Machine Learning ในการค้นหารูปแบบเพื่อใช้ในการแยกแยะระหว่างการล้มและท่าทางปกติ ซึ่งอัลกอริทึมที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลการล้มของงานวิจัยชิ้นคือ Hidden Markov Models โดยข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้เป็นข้อมูลจากกล้อง Kinect ซึ่งจากการทดสอบระบบสามารถแยกแยะระหว่างการล้มและท่าทางปกติได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นว่าเห็นข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์ได้จากกล้อง Kinect มีความละเอียดซึ่งส่งผลให้การแยกแยะท่าทางของมนุษย์มีความถูกต้องสูงตามไปด้วย

นอกจากกล้อง Kinect จะเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์ได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังพบว่ามียานงานวิจัยให้ความสนใจเลือกกล้อง Kinect เพื่อใช้ในการตรวจสอบการแสดงออกบนหน้ามนุษย์ เช่นงานวิจัยของ J. Qiu และคณะ [45] ได้นำเสนอรูปแบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวบนใบหน้า โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ข้อมูลภาพเชิงลึกจากกล้อง Kinect ซึ่งทำให้การแยกแยะใบหน้าของมนุษย์ออกจากพื้นหลังมีความถูกต้องและละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของการวิเคราะห์โครงร่างบนใบหน้าโดยใช้ข้อมูลเชิงลึกจากภาพสามมิติจะสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องให้กับการวิเคราะห์โครงร่างบนหน้ามากกว่าการวิเคราะห์จากภาพ

สองมิติเพียงอย่างเดียว ซึ่งในกรณีของภาพสองมิตินั้นมักเกิดการวิเคราะห์ที่ผิดพลาดเมื่อเริ่มมีการเคลื่อนไหวหรือหันไปหน้า

งานวิจัยของ B. Seddik และคณะ [46] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับจุดต่าง ๆ ที่มีการเคลื่อนไหวบนใบหน้าเพื่อใช้ในการศึกษาความถูกต้องของการนำจุดต่าง ๆ บนใบหน้าไปใช้ในการควบคุมการแสดงออกบนใบหน้าของแบบจำลองใบหน้าสามมิติ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้ข้อมูลจากภาพเชิงลึกช่วยในการวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนใบหน้าจากกล้อง Kinect โดยผลสรุปของงานวิจัยนี้พบว่าข้อมูลภาพเชิงลึกที่ได้จากกล้อง Kinect สามารถช่วยวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนใบหน้าเพื่อใช้ในการควบคุมใบหน้าจำลอง 3 มิติได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพตามรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวบนใบหน้าเพื่อใช้ควบคุมแบบจำลองใบหน้าสามมิติ [46]

แม้ว่าการแยกแยะท่าทางโดยหลักการวิเคราะห์ภาพสองมิตินั้นเป็นหลักการที่ได้รับการยอมรับในอดีต แต่การแยกแยะร่างกายออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อนก็ยังคงเป็นปัญหาหลักในการวิเคราะห์ข้อมูล และนอกจากนี้แสงยังเป็นอีกปัจจัยที่มักส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ท่าทางของภาพสองมิติ ซึ่งการวิเคราะห์ท่าทางจากภาพสามมิติเป็นอีกหนึ่งแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การแยกแยะท่าทางมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามในอดีตอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพสามมิตินั้นมีราคาค่อนข้างสูง จึงทำให้ในอดีตมีงานวิจัยจำนวนไม่มากนักที่สามารถพัฒนาระบบที่ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์บันทึกภาพสามมิติได้ จนกระทั่งปี ค.ศ. 2010 กล้อง Kinect ได้ถูกวางจำหน่ายโดยบริษัท Microsoft ซึ่งมีคุณสมบัติในการแยกแยะร่างกายมนุษย์จากพื้นหลังที่มีความซับซ้อน และยังสามารถสกัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างละเอียด จึงทำให้หลายงานวิจัยในปัจจุบันให้ความสนใจเลือกใช้กล้อง Kinect ในงานวิจัย และจากประโยชน์ของกล้อง Kinect ที่ได้กล่าวมาจึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยเลือกใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยประยุกต์หลักการท่าเหมือนข้อมูลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และแยกแยะท่าทางของมนุษย์