

# ความเป็นไปได้ในการออกอากาศ รายการโทรทัศน์ปกติในระบบสามมิติ

พัทธธีรา จันท์เอี่ยม<sup>1</sup> และ กิติ์สุชาติ พสุภา<sup>2</sup>

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: to\_kiover@yahoo.com<sup>1</sup>, kitsuchart@it.kmitl.ac.th<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาโทรทัศน์นั้นจะมุ่งเน้นความละเอียดและความคมชัดของภาพเป็นสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นจอภาพแบบแอลซีดี พลาสมา หรือแอลอีดี จอภาพเหล่านี้ให้ความละเอียดของภาพที่มีคุณภาพสูง ซึ่งขณะนี้เทคโนโลยีการแสดงผลภาพสามมิตินั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านผู้พัฒนาเทคโนโลยีหรือผู้บริโภคก็ตาม ซึ่งจะเห็นได้ว่าโทรทัศน์ที่มีจอแสดงผลภาพในรูปแบบสามมิตินั้นได้มีออกวางจำหน่ายอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ และในบางประเทศได้เริ่มมีการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในรูปแบบสามมิติแล้ว บทความนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีต่างๆ ที่ใช้ในกระจายสัญญาณภาพและการแสดงผลภาพสามมิติ ซึ่งข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาได้ถูกนำมาวิเคราะห์ และสรุปถึงปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มความเป็นไปของการออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในรูปแบบสามมิติว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่

**คำสำคัญ** – เทคโนโลยีภาพสามมิติ; การเข้ารหัส; การส่งสัญญาณ

## 1. บทนำ

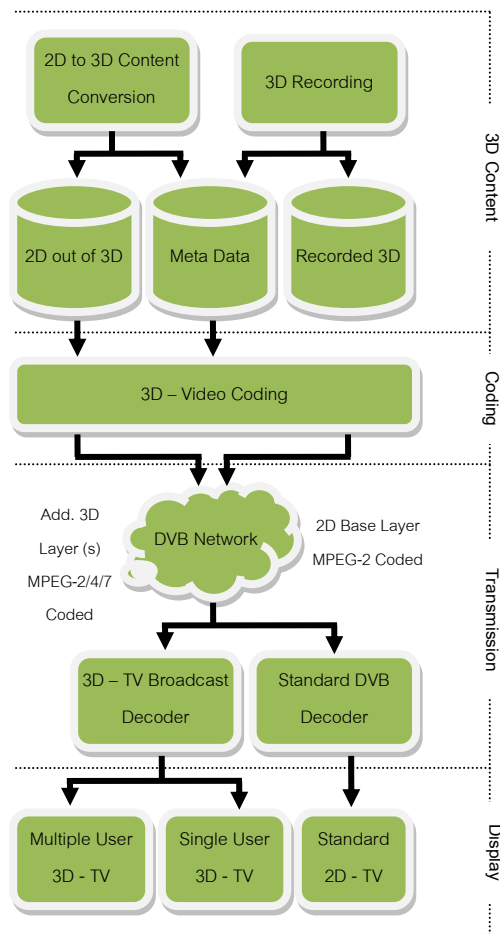
การออกอากาศรายการโทรทัศน์ครั้งแรกในระบบภาพสามมิตินั้น เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม ค.ศ. 1980 ที่นครลอสแอนเจลิส ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นการออกอากาศทางช่องรายการที่ต้องเสียค่าบริการในการรับชม นับแต่นั้นเป็นต้นมา การออกอากาศรายการโทรทัศน์ในระบบสามมิติก็ได้รับความนิยมมากขึ้น อย่างไรก็ตามขณะนั้นคุณภาพของภาพสามมิติที่รับชมนั้นยังคงเป็นภาพที่มีคุณภาพต่ำ ต่อมาในช่วงยุค ค.ศ. 1990 ทางประเทศในฝั่งทวีปยุโรปนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงการให้บริการการส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์จากเดิมที่เป็นการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก ให้เป็นการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลทำให้การส่งสัญญาณภาพมีคุณภาพมากขึ้นกว่าเดิม และถือได้ว่าเป็นความหวังใหม่ที่จะทำให้การพัฒนาโทรทัศน์สามมิติมีความเป็นไปได้มากขึ้น

ในช่วงนั้นเองทางฝั่งทวีปยุโรปได้มีการจัดตั้งกองทุนเพื่อทำโครงการหลายโครงการโดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะพัฒนาทางด้านมาตรฐาน ด้านเทคโนโลยี และด้านผลิตภัณฑ์ที่สามารถอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการเกิดขึ้นมาของโทรทัศน์สามมิติ

จากการให้บริการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในระบบสามมิติ ดังกล่าวนั้นทำให้มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านภาพเคลื่อนไหว (Moving picture expert group: MPEG) ได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูลสำหรับไฟล์วิดีโอภาพสามมิติขึ้น ทำให้เกิดเป็นมาตรฐาน MPEG-2 ขึ้นมา และกลายเป็นมาตรฐานที่รู้จักกันไปทั่วโลกที่ใช้สำหรับการออกอากาศทางโทรทัศน์แบบสองมิติ [1]

อีกไม่กี่ปีต่อมา ได้มีการผลิตโทรทัศน์ที่มีภาพความละเอียดสูงออกมามี (High-definition television: HDTV) จากนั้นในช่วง ค.ศ. 1998 ในประเทศญี่ปุ่นก็ได้มีการ

ทดลองออกอากาศการแข่งขันโอลิมปิกฤดูหนาวที่ประเทศญี่ปุ่น (Nagano Winter Olympics) ในระบบภาพสามมิติที่มีความละเอียดสูงชัน รวมถึงปี ค.ศ. 2002 ทั้งประเทศญี่ปุ่นและประเทศเกาหลีใต้ก็ได้มีการทดลองการออกอากาศแบบเดียวกันในรายการการแข่งขันฟุตบอลโลกที่ทั้งสองประเทศได้เป็นเจ้าภาพร่วมกัน โดยใช้เครือข่ายการส่งสัญญาณแบบภาคพื้นดินและการส่งสัญญาณดาวเทียม [1]



รูปที่ 1. แสดงกระบวนการทำงานของระบบ 3 มิติ

ในปี ค.ศ. 2010 ความสนใจในเรื่องโทรทัศน์สามมิตินั้นมีมากขึ้น เห็นได้จากการแข่งขันในตลาดโทรทัศน์ของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ต่างทำการเปิดตัวสินค้าโทรทัศน์สามมิติกันอย่างถ้วนนหน้า รวมถึงการปลุกกระแสการดู

ภาพยนตร์สามมิติ ยกตัวอย่างเช่น อวตาร (Avatar) ที่ได้ว่าเป็นหนังที่เปิดตัวทำรายได้สูงสุดในประวัติศาสตร์ ยิ่งทำให้คนส่วนใหญ่เริ่มสนใจในเทคโนโลยีด้านนี้เพิ่มขึ้น ในปีนั้นยังมีเหตุการณ์สำคัญคือการจัดการแข่งขันฟุตบอลโลกที่ประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งในหลายประเทศได้เผยแพร่ภาพการถ่ายทอดสดที่ีเปิดการแข่งขัน การแข่งขันนัดสำคัญต่างๆ ในรูปแบบของภาพสามมิติ [2] ยิ่งเป็นปัจจัยในการผลักดันให้กระแสความนิยมของผู้บริโภคให้หันมาสนใจคิดที่จะซื้อโทรทัศน์แบบสามมิติมากขึ้น

เมื่อปีที่ผ่านมามีได้จับมือร่วมงานกับช่องข่าวบีบีซีของประเทศอังกฤษ เผยแพร่ภาพการถ่ายทอดสดกีฬาเทนนิสในศึกชิงแชมป์เบิลตันรอบชิงชนะเลิศชาย และรอบชิงชนะเลิศหญิง ในรูปแบบภาพสามมิติที่มีความละเอียดสูงผ่านโรงภาพยนตร์ [3] รวมถึงจำนวนโรงภาพยนตร์ที่มีการทำให้อยู่ในรูปแบบภาพสามมิตินั้นเริ่มมีเข้าฉายมากขึ้น สิ่งนี้อาจจะเป็นสัญญาณที่ดีที่บอกให้รู้ว่เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบภาพสามมิตินี้ยังคงมีอย่างต่อเนื่อง

บทความนี้จะนำเสนอถึงขั้นตอนกระบวนการในการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในระบบสามมิติ รวมถึงปัจจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้บริโภคที่อาจส่งผลกระทบต่อแนวโน้มในการออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในระบบสามมิติในอนาคตในหัวข้อถัดไป

## 2. ระบบการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในระบบสามมิติ

หนึ่งในโครงการที่พัฒนาโดยชาวยุโรป ที่ได้กล่าวไว้ในบทนำคือ โครงการพัฒนาเทคโนโลยีของโทรทัศน์ในระบบสามมิติขั้นสูง (Advanced three-dimensional television system technologies: ATTEST) ได้ศึกษาถึงกระบวนการทำงานของระบบสามมิติ ซึ่งมีกระบวนการในการทำงานดังรูปที่ 1. ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนกระบวนการทำงานของระบบสามมิติ ออกเป็น 4 ขั้นตอน [4] ดังที่จะอธิบายในหัวข้อต่อไป

## 2.1. การสร้างภาพวิดีโอสามมิติ (3D Content)

สำหรับการสร้างภาพวิดีโอสามมิตินั้นมีอยู่หลายเทคนิคด้วยกันคือ การบันทึกภาพวิดีโอด้วยการใช้กล้องหลายๆตัวบันทึกภาพ การใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์กราฟิกช่วยในการแต่งภาพ และ การใช้เทคนิคโฮโลกราฟฟิก เป็นต้น [5] ในบทความนี้จะอธิบายการสร้างภาพวิดีโอสามมิติด้วยวิธีการที่ง่ายที่สุดคือ การใช้กล้องบันทึกภาพตั้งแต่สองตัวขึ้นไปทำการบันทึกภาพในฉากเดียวกัน แต่ตั้งกล้องในมุมที่ต่างกันในระยะที่เหมาะสมจะทำให้ได้ภาพสองภาพ หรือมากกว่านั้น ซึ่งเป็นภาพที่มีมุมมองที่เห็นด้วยตาซ้ายภาพหนึ่ง และตาขวาอีกภาพหนึ่ง จะทำให้ภาพที่ได้มานั้นมีความเหลื่อมกันเล็กน้อย แล้วนำภาพที่บันทึกได้นั้นมารวมกันให้เกิดเป็นภาพๆ เดียวที่ดูมีความลึกและดูมีมิติเกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการเข้ารหัสเพื่อส่งสัญญาณภาพต่อไป

## 2.2. การเข้ารหัส (Coding)

หลังจากได้ภาพวิดีโอสามมิติมาแล้วนั้นจำเป็นต้องทำการเข้ารหัสก่อนเพื่อลดขนาดปริมาณข้อมูลให้เล็กลงเพื่อที่จะสามารถส่งต่อไปยังสายส่งสัญญาณได้ เนื่องจากภาพวิดีโอสามมิติที่ถูกบันทึกมานั้นมีปริมาณข้อมูลเป็นสองเท่าของภาพวิดีโอปกติ และด้วยอีกเหตุผลหนึ่งคือ ต้องการให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ย้อนหลัง (Backward Compatibility) กับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโทรทัศน์แบบดิจิทัลสองมิติในปัจจุบัน ซึ่งการที่จะทำได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยการบีบอัดข้อมูลวิดีโอ และข้อมูลความลึกด้วยมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว ได้แก่ MPEG-2 (ISO/IEC 1996), MPEG-4 Visual (ISO/IEC 1999), H.264/AVC (ISO/IEC 2003) [1] ร่วมกับมาตรฐานการออกอากาศภาพวิดีโอแบบดิจิทัล (Digital Video Broadcasting Standard: DVB) ควบคู่กันไปใน การส่งสัญญาณ

## 2.3. การส่งสัญญาณ (Transmission)

การส่งสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติจำเป็นต้องใช้ความกว้างของแถบความถี่หรือแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ที่กว้าง

มาก ซึ่งช่องทางที่สามารถส่งสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติได้นั้นมีดังนี้

### 2.3.1. ทางภาคพื้นดิน (Terrestrial Broadcast)

เป็นช่องทางการส่งสัญญาณที่มีการจำกัดแบนด์วิดท์มากที่สุด กล่าวคือ ส่งได้เพียง 6 เมกะเฮิรตซ์ต่อ 1 ช่องสัญญาณในประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น และส่งได้ 8 เมกะเฮิรตซ์ต่อ 1 ช่องสัญญาณในประเทศแถบทวีปยุโรป ร่วมกับการใช้มาตรฐาน DVB-T ที่ส่งได้น้อยกว่า 32 เมกะบิตต่อวินาทีในช่องสัญญาณที่มีความกว้างแบนด์วิดท์ 8 เมกะเฮิรตซ์ [6]

### 2.3.2. ทางสายเคเบิล (Cable)

วิธีนี้จะมียอดจำกัดน้อยกว่าการส่งสัญญาณทางภาคพื้นดินในเรื่องแบนด์วิดท์ แต่วิธีนี้เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณแบบสามมิติเท่านั้นและต้องใช้ร่วมกับกล่องแปลงสัญญาณ (Set-top box) ร่วมกับมาตรฐาน DVB-C จากช่องสัญญาณ 2 เมกะเฮิรตซ์ 4 เมกะเฮิรตซ์ 6 เมกะเฮิรตซ์ 8 เมกะเฮิรตซ์ และ 10 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้สูงถึง 64 เมกะบิตต่อวินาที [6]

### 2.3.3. ทางสัญญาณดาวเทียม (Satellite)

จะมีค่าแบนด์วิดท์อยู่ระหว่าง 27-50 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องรับส่งเรดาร์จะมีแบนด์วิดท์ที่ประมาณ 36 เมกะเฮิรตซ์ ใช้ร่วมกับมาตรฐาน DVB-S2 ส่งข้อมูลได้ที่ 46 เมกะบิตต่อวินาที [6]

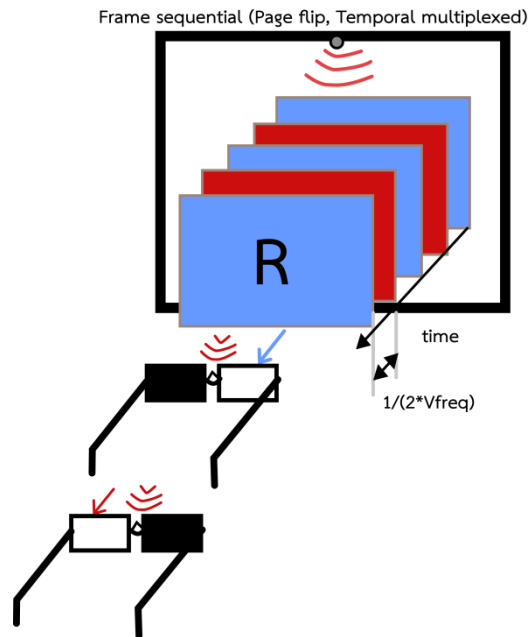
### 2.3.4. ไอพีทีวี (Internet Protocol Television: IPTV)

เป็นบริการจัดการโครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสาร ซึ่งต้องมีตัวกล่องแปลงสัญญาณหรือคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อกับโทรทัศน์ และในการส่งสัญญาณผ่านทาง IP นี้ ข้อมูลที่จะส่งจำเป็นต้องถูกบีบอัดด้วยมาตรฐาน MPEG-2 หรือ MPEG-4 เสียก่อน [6]

### 2.3.5. อินเทอร์เน็ตดาวน์โหลด (Internet Down-load)

โทรทัศน์อินเทอร์เน็ต (Internet TV) โดยทั่วไปแล้วจะส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย IP (โดยปกติคือ อินเทอร์เน็ต) จาก

เครือข่ายภายนอกที่ถูกสมมติให้เชื่อมต่อถึงผู้ใช้โทรศัพท์อินเทอร์เน็ต ทางผู้ให้บริการโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตจะไม่มี การควบคุมการส่งในขั้นสุดท้าย แต่จะทำการออกอากาศ ด้วยสัญญาณที่ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ [6]



รูปที่ 2. แสดงภาพการส่งสัญญาณภาพสามมิติแบบแอคทีฟชัตเตอร์

จากช่องทางการส่งสัญญาณที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะ เห็นได้ว่าช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นตัวในการส่งสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติ คือใช้การส่งสัญญาณ ผ่านทางสายเคเบิล และทางสัญญาณดาวเทียม เนื่องจาก ทั้งสองช่องทางนี้มีข้อดีในเรื่องของแบนด์วิดท์ที่เพียงพอ สำหรับการส่งสัญญาณภาพสามมิติ อีกทั้งยังสามารถลด ปัญหาในเรื่องของความสามารถใช้งานร่วมกันได้ย้อนหลัง กับระบบสองมิติด้วย

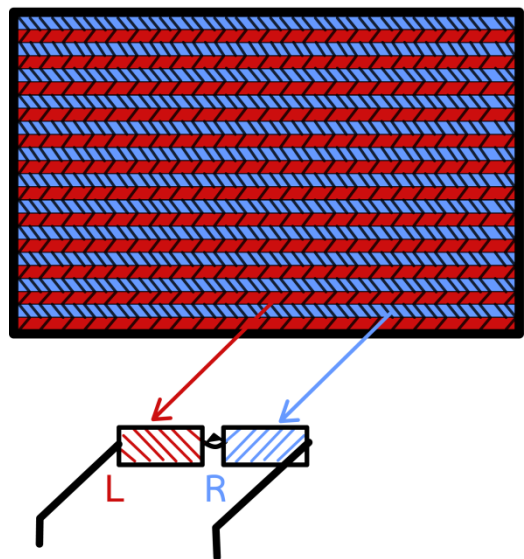
## 2.4. จอแสดงผล (Display)

จอภาพสามมิติ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งได้ 5 ชนิด คือ จอภาพแอนะกลีฟ (Anaglyph), จอภาพสเตอริโอสโคป (Stereoscopy), จอภาพออโต้สเตอริโอสโคป (Auto-stereoscopy), จอภาพโฮโลกราฟ (Holo-

graphy) และ จอภาพวอลูมเมตริก (Volumetric display) [6]

ในปัจจุบันจอโทรศัพท์สามมิติที่มีการวางจำหน่ายอยู่ ทั่วไปนั้นส่วนมากเป็นจอภาพสเตอริโอสโคปซึ่งเป็น จอภาพสามมิติที่ผู้ชมจำเป็นต้องสวมใส่แว่นตาสามมิติใน การรับชมด้วย จอภาพสเตอริโอสโคปมีรูปแบบการแสดงผล ภาพสามมิติที่แตกต่างกันโดยจะใช้เทคโนโลยี 2 ชนิด ได้แก่ เทคโนโลยีแบบชัตเตอร์และ เทคโนโลยีแบบ โพลารไรซ์

## Line interleaved



รูปที่ 3. แสดงภาพการส่งสัญญาณภาพสามมิติแบบ โพลารไรซ์

### 2.4.1 เทคโนโลยีแบบชัตเตอร์ (Shutter Technology)

เทคโนโลยีแบบชัตเตอร์เป็นการฉายภาพเรียงต่อกันแบบ สลับซ้าย-ขวาออกมาอย่างต่อเนื่อง (Frame sequential) เหมือนการพลิกหน้าหนังสืออย่างรวดเร็ว เพื่อให้เห็นถึง ความต่อเนื่องของภาพ การฉายภาพด้วยวิธีนี้จำเป็นต้อง ใช้ร่วมกับแว่นแบบแอคทีฟชัตเตอร์ (Active shutter glasses) ซึ่งจะทำการรับสัญญาณภาพที่ถูกส่งมาจาก จอภาพ เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดภาพบนแว่นตาซ้ายและ ขวาสลับกันไปมาอย่างรวดเร็ว อัตราเร็วในการส่ง สัญญาณภาพ (Frame rate) จะต้องเร็วขึ้นเป็นสองเท่า

ของอัตราเร็วในการส่งสัญญาณภาพแบบภาพสองมิติ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการกระพริบของภาพ เพราะขาดความต่อเนื่องของสัญญาณภาพ ดังรูปที่ 2.

#### 2.4.2. เทคโนโลยีแบบโพลาไรซ์ (Polarized Technology)

เทคโนโลยีแบบโพลาไรซ์ (Polarized Technology) คือ การฉายภาพที่มีการแบ่งเส้นของภาพออกเป็นเลขคู่-เลขคี่ ในจำนวนที่เท่ากันของแต่ละภาพ โดยผู้ชมต้องสวมแว่นตาแบบโพลาไรซ์หรือพาสซีฟ (Polarized/Passive glasses) ซึ่งเลนส์แต่ละข้างจะเป็นตัวกรองภาพ อย่างเลนส์ข้างซ้ายจะเห็นภาพเฉพาะเส้นที่เป็นเลขคู่ เลนส์ข้างขวาก็จะเห็นภาพเฉพาะเส้นที่เป็นเลขคี่ ดังรูปที่ 3. [7]

จอภาพแบบออโต้สเตอริโอสโคปเป็นจอแสดงผลภาพสามมิติได้โดยอัตโนมัติ คือ ผู้ชมไม่ต้องสวมแว่นตาในการดูภาพสามมิติที่จอภาพแสดงออกมาเหมือนกับจอภาพแบบสเตอริโอสโคป จอภาพประเภทนี้มีเทคนิคที่ใช้แสดงผลภาพอยู่ 2 แบบ ได้แก่ เทคโนโลยีแบบพาราแลกซ์บาร์เรียร์ (Parallax barrier) คือ จะมีแผ่นกรองสัญญาณภาพติดอยู่กับหน้าจอโทรทัศน์แทนการกรองสัญญาณภาพโดยใช้แว่นตา เทคนิคนี้จะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อเมื่อผู้รับชมภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ทำให้เหมาะกับการใช้กับจอภาพขนาดเล็ก เช่น ในจอแสดงผลภาพบนโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรุ่น หรือหน้าจอของเครื่องเล่นเกมพกพาอย่าง นินเทนโด 3DS ส่วนเทคโนโลยีที่ใช้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ แบบการใช้เลนส์หรือแบบเลนติคิวลาร์ (Lenticular) จะอาศัยการทำงานร่วมกับเลนส์ขนาดเล็กที่เรียงตัวกันอยู่ในจอภาพซึ่งจะทำการสะท้อนภาพด้านซ้ายและขวาไปยังดวงตาแต่ละข้าง ทำให้ความสว่างของภาพลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีมุมมองในการรับชมที่ค่อนข้างกว้างขึ้น [8] ทำให้ผู้ชมมีอิสระในการเคลื่อนไหวขณะนั่งรับชมมากขึ้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญที่จะอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ชมมากขึ้น แต่โทรทัศน์ที่ใช้เทคโนโลยีแบบเลนติคิวลาร์ยังคงไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีราคาที่สูงมาก

### 3. ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในระบบสามมิติ

ปัจจัยสำคัญที่มีอาจส่งผลกระทบต่อความเป็นไปได้ในการออกอากาศสัญญาณภาพสามมิติในอนาคตนั้น จากการศึกษาค้นคว้า จะเห็นได้ว่ามีกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการอยู่รอดของเทคโนโลยีสามมิติซึ่งแบ่งได้ 4 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มผู้บริโภค กลุ่มผู้พัฒนามาตรฐานการรองรับของอุปกรณ์ต่างๆ กลุ่มบริษัทผู้ผลิตโทรทัศน์สามมิติ และกลุ่มผู้ผลิตรายการโทรทัศน์หรือภาพยนตร์ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 3.1. กลุ่มผู้บริโภค

ผู้บริโภคเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญในการอยู่รอดของเทคโนโลยีสามมิติ เพราะถึงแม้ว่าจะมีผลิตภัณฑ์ภาพยนตร์ หรือความพร้อมในการผลิตรายการโทรทัศน์ในระบบภาพสามมิติมากแค่ไหน หากผู้บริโภคไม่ได้ให้การยอมรับแล้ว เทคโนโลยีนั้นเป็นอันต้องจบไปอย่างแน่นอน บทความนี้ได้แบ่งปัจจัยในการพิจารณาการตัดสินใจเลือกซื้อโทรทัศน์สามมิติอยู่ 3 ปัจจัยหลัก คือ

##### 3.1.1. ปัจจัยด้านราคา

เป็นปกติที่ราคาจะเป็นสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงเพราะเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นย่อมมาพร้อมกับราคาที่สูงมากทางผู้บริโภคมักยอมมีการชั่งน้ำหนักระหว่างความจำเป็นหรือความคุ้มค่าที่จะได้รับต่อจำนวนเงินที่เสียไป โดยเฉพาะกับโทรทัศน์ที่รองรับการแสดงผลภาพสามมิติซึ่งมีราคาที่สูงกว่าโทรทัศน์ปกติธรรมดาอยู่หลายเท่า นอกจากนี้ทางผู้บริโภคมักยังต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์เสริมต่างๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับโทรทัศน์สามมิติ แล้วก็ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายรายเดือนเพื่อขอรับบริการจากทางช่องสัญญาณเป็นรายจ่ายเพิ่มขึ้นอีก ราคาจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับต้นๆ เพราะมีผลต่อการอยู่รอดของเทคโนโลยีภาพสามมิติอย่างแน่นอน

### 3.1.2. ปัจจัยด้านสุขภาพ

สุขภาพถือเป็นเรื่องใหญ่ที่คนส่วนมากให้ความสำคัญ จากการศึกษาจากข้อมูลทางการแพทย์รวมถึงข้อมูลข่าวสารต่างๆ ทางเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับด้านสุขภาพของผู้ชมโทรทัศน์สามมิติ พบว่าการที่ผู้ชมต้องสวมใส่แว่นตาตลอดในระหว่างการรับชมภาพยนตร์หรือโทรทัศน์แบบสามมิตินั้น ขนาดของแว่นตาก็เป็นสิ่งที่สำคัญ ในกรณีของเด็กเล็ก การสวมใส่แว่นตาที่มีขนาดใหญ่เกินไปอาจทำให้รู้สึกหนักหรือในกรณีผู้ที่มีสายตาสั้นหรือยาวที่จำเป็นต้องสวมแว่นตาหรือคอนแทคเลนส์ แล้วยังต้องสวมแว่นตาสำหรับการชมภาพแบบสามมิติซ้อนทับอีก อาจจะทำให้ได้รับภาพที่ไม่ชัดหรือผิดเพี้ยนไป [9] นอกจากนี้อาจทำให้รู้สึกอึดอัดและไม่สบายตา ส่วนในกรณีของผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงเป็นปกตินั้น หากใช้สายตาชมภาพสามมิติติดต่อกันเป็นเวลานาน จะมีผลกระทบต่อกล้ามเนื้อตา ส่งผลให้รู้สึกปวดตา และอาจมีอาการปวดหัวถึงขั้นอาเจียนในผู้ชมบางราย ทั้งนี้อาการต่างๆ ที่มีผลกระทบจากการชมภาพยนตร์สามมิติอาจลดน้อยลงหรือไม่มีอาการใดๆเกิดขึ้น หากทำการหยุดพักสายตาระหว่างการรับชมภาพสามมิติในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เป็นพักๆไป เพราะระหว่างที่รับชม ตาของเราจะถูกใช้การอย่างหนัก ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ชมควรจะพึงปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตโทรทัศน์ในเรื่องของการรักษา ระยะห่างระหว่างตำแหน่งการนั่งของผู้ชมและหน้าจอโทรทัศน์สามมิติ รวมถึงองศาของตำแหน่งในการนั่งอีกด้วย กล่าวคือ ควรนั่งให้อยู่ในตำแหน่งระหว่าง 30-40 องศาที่ห้ามมุดตัวกับจอภาพ [10]

### 3.1.3. ปัจจัยด้านจำนวนรายการโทรทัศน์หรือภาพยนตร์ที่อยู่ในรูปแบบสามมิติ

การรับชมรายการโทรทัศน์หรือภาพยนตร์ถือเป็นกิจกรรมคลายเครียดกิจกรรมหนึ่งที่คนทั่วไปให้ความนิยม แต่ถ้าต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากขึ้นกว่าเดิมมาก เพื่อให้ได้รับชมรายการโทรทัศน์ในระบบภาพสามมิติ โดยที่รายการโทรทัศน์แบบสามมิตินั้นยังมีจำนวนรายการให้เลือกดูน้อย ย่อมทำให้ผู้บริโภคเหล่านั้นหันไปหากิจกรรมคลายเครียด

อย่างอื่นทดแทน หรือหากต้องการชมภาพยนตร์สามมิติก็สามารถไปดูที่โรงภาพยนตร์เป็นครั้งคราวได้

ในปัจจุบันรายการโทรทัศน์ที่ถ่ายทอดเนื้อหาภาพในรูปแบบสามมิตียังมีจำนวนน้อย โดยส่วนใหญ่รายการที่จะออกอากาศในรูปแบบสามมิติจะเป็นรายการเฉพาะประเภทกีฬาเสียส่วนมาก เพราะกีฬาเป็นสิ่งที่บุคคลส่วนใหญ่ให้ความสนใจ ส่วนภาพยนตร์ในรูปแบบสามมิตินั้น ปลายปี ค.ศ. 2009 ภาพยนตร์เรื่อง อวตาร ได้ปลุกกระแสความนิยมให้ผู้คนต่างพากันลองเข้าชมภาพยนตร์ในรูปแบบสามมิติมากขึ้น ในปี ค.ศ. 2010 มีจำนวนภาพยนตร์สามมิติที่เข้าฉายในโรงภาพยนตร์ถึง 47 เรื่อง แต่ดูเหมือนว่ากระแสความนิยมของผู้ชมนั้นจะลดน้อยลงนั้นอาจเป็นเพราะหลายสาเหตุ เช่น ราคาบัตรเข้าชมที่สูงกว่าบัตรเข้าชมภาพยนตร์สองมิติ ความไม่สะดวกสบายที่ต้องสวมใส่แว่นตาสามมิติ หรือความรู้สึกที่ได้รับชมภาพยนตร์ในรูปแบบสามมิตินั้นยังไม่เป็นที่ประทับใจมากนัก เป็นต้น ด้วยสาเหตุเหล่านี้จึงทำให้ผู้ชมเลือกที่จะบริโภคภาพยนตร์แบบสองมิตินั้นมากกว่า จึงส่งผลให้ในปีถัดมามีจำนวนภาพยนตร์สามมิติที่เข้าฉายลดลงเหลือเพียง 33 เรื่อง [9] อย่างไรก็ตามแนวโน้มของจำนวนภาพยนตร์ที่เข้าฉายในรูปแบบสามมิตินั้นจะมีแนวโน้มอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับอัตราผลกำไรของผู้ผลิตภาพยนตร์ว่าจะได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้บริโภคโดยตรงเช่นกัน

ปัจจัยด้านจำนวนรายการโทรทัศน์และจำนวนภาพยนตร์ที่ผลิตออกมาในรูปแบบสามมิตินั้น ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับปัจจัยทางด้านราคาและสุขภาพอย่างเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งมีผลต่อแนวโน้มในการออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในรูปแบบสามมิติอย่างแน่นอน

## 3.2. กลุ่มผู้พัฒนามาตรฐานการรองรับการกระจายสัญญาณโทรทัศน์

วิธีการการกระจายสัญญาณภาพโทรทัศน์ในรูปแบบภาพสามมิติในปัจจุบันถูกกล่าวไว้ข้างต้นในหัวข้อ 2.3 ซึ่งการจะเลือกวิธีการกระจายชนิดใดนั้น ต้องขึ้นอยู่กับทางผู้

กระจายสัญญาณที่ใช้ช่องสัญญาณชนิดใด ส่วนเรื่องมาตรฐานในการออกอากาศภาพวิดีโอแบบดิจิทัล (DVB) มาตรฐานการบีบอัดข้อมูลวิดีโอ (MPEG-2, MPEG-4, H.264/AVC) หรือมาตรฐานของอุปกรณ์สายต่อพ่วง (HDMI 1.4) ถือเป็นมาตรฐานที่ยังสามารถรองรับเทคโนโลยีการกระจายสัญญาณภาพในรูปแบบสามมิติในปัจจุบันได้ แต่หากว่าในอนาคตเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงไป มาตรฐานต่างๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจจะไม่รองรับและไม่สามารถใช้งานได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับทางด้านผู้พัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ด้วยว่าจะยังคงพัฒนามาตรฐานเหล่านี้ต่อไปหรือไม่

### 3.3. กลุ่มบริษัทผู้ผลิตโทรทัศน์สามมิติ

ในช่วง 2-3 ปีนี้บริษัทชั้นนำต่างๆ ได้แข่งขันการพัฒนาโทรทัศน์สามมิติกันอย่างเข้มข้น จะเห็นได้ว่าโทรทัศน์สามมิติที่ได้ผลออกมาวางจำหน่ายในสองปีที่ผ่านมา ยังคงเป็นจอภาพแบบสเตอริโอสโคป ซึ่งต้องใช้แว่นตาเฉพาะ (ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4.) ประกอบการดูภาพสามมิติที่จอแสดงผลภาพแสดงผลออกมา ซึ่งแว่นตาสามมิติจะมี 2 ชนิด คือ แว่นแบบโพลาไรซ์หรือพาสซีฟ ดังรูปที่ 4. (ซ้าย) ซึ่งมีน้ำหนักเบา มีราคาถูก และไม่ต้องอาศัยพลังงานใดๆ เพื่อให้แว่นตาทำงาน คุณภาพของภาพที่ได้รับชมนั้นค่อนข้างดี ขณะที่แว่นแบบแอคทีฟที่ขีตเตอร์ดังรูปที่ 4. (ขวา) จะมีรูปร่างที่หนักกว่า หนักกว่า ต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่ในการใช้งาน และยังมีราคาที่สูงกว่าแว่นแบบพาสซีฟ แต่ก็ได้มาซึ่งคุณภาพที่ดีกว่า ได้รายละเอียดในการรับชมภาพที่ดีกว่า ให้ความรู้สึกชัดลึกที่ครบถ้วนมากกว่า [11]



รูปที่ 4. แสดงแว่นตาแบบพาสซีฟ (ซ้าย) และแบบแอคทีฟขีตเตอร์ (ขวา)

ไม่นานมานี้โตชิบ้าได้เปิดตัวโทรทัศน์สามมิติแบบเลนส์คูเลอร์หรือแบบไม่ต้องใช้แว่นในการรับชม ในรุ่น

55ZL2 ขนาดจอ 55 นิ้ว ออกมาวางจำหน่ายในงาน IFA ที่จัดขึ้นที่กรุงเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี ในราคา 6,999 ปอนด์ [12] ถือได้ว่าเป็นราคาที่สูงมาก อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้คงเป็นสัญญาณที่ดีซึ่งบ่งบอกได้ถึงการพัฒนาเทคโนโลยีจอแสดงผลภาพในรูปแบบสามมิติ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ดีกว่า

### 3.4. กลุ่มผู้ผลิตรายการโทรทัศน์หรือภาพยนตร์

ระบบสามมิติกับภาพยนตร์ถือเป็นสิ่งที่มีมาเป็นระยะเวลาหลายสิบปีแล้ว แต่เนื่องจากสมัยก่อนนั้น เทคโนโลยีที่รองรับในการทำภาพสามมิตินั้นยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอเท่าในยุคปัจจุบันจึงทำให้มีการเจียบหายไป จนกระทั่งภาพยนตร์เรื่อง Polar Express ออกฉายในปี ค.ศ. 2004 ซึ่งทำออกมาในรูปแบบแอนิเมชันสามมิติ ทำให้มีการปลุกกระแสภาพยนตร์สามมิติขึ้นมาใหม่อีกครั้ง หลังจากนั้นการผลิตภาพยนตร์สามมิตินั้นยังคงมีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน สาเหตุหลักที่เป็นแรงจูงใจให้ผู้ผลิตภาพยนตร์ยังคงเดินหน้าผลิตต่อไปคงไม่พ้นเรื่องรายได้ที่ทำได้ให้ได้อย่างดี ตัวอย่างเช่น อวตาร เป็นต้น



รูปที่ 5. วัฏจักรความเป็นไปของเทคโนโลยีสามมิติ [14]

จากข้อมูลในการวิจัยของ [13] ได้แสดงให้เห็นว่าในช่วงปีค.ศ. 2008–2010 รายได้ของภาพยนตร์สามมิติมีตัวเลขรายได้ที่น้อยอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับภาพยนตร์สองมิติ อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของรายได้ที่ได้จากภาพยนตร์สามมิติอยู่ในช่วงขาขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น [13] ยังแสดงให้เห็นว่าภาพยนตร์สามมิตินั้นทำกำไรได้มากกว่าภาพยนตร์สองมิติเมื่อเทียบกับงบประมาณในการผลิต คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1 ดอลลาร์สหรัฐในการลงทุนทำภาพยนตร์

สามมิติ จะได้ผลตอบแทนกลับมา 3.69 ดอลลาร์สหรัฐ ขณะที่ภาพยนตร์สองมิติจะได้ผลตอบแทนกลับมาเพียง 2.51 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งคิดรวมรายได้ทั้งหมดจากทั่วโลก อีกทั้ง [13] ยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มเรื่องผลตอบแทนในการผลิตภาพยนตร์สามมิตินั้นดูจะคงที่มากกว่าภาพยนตร์สองมิติ ซึ่งหมายความว่าความเสี่ยงที่จะขาดทุนนั้นย่อมมีน้อยกว่า

การที่มีการสร้างภาพยนตร์แบบสามมิติออกมาเรื่อยๆ นั้นทำให้เกิดเป็นวัฏจักรความเป็นไปของเทคโนโลยีสามมิติขึ้นจากรูปที่ 5. จะเห็นได้ว่าการผลิตภาพยนตร์แบบสามมิติออกมาเรื่อยๆ ทำให้มีการสร้างมาตรฐานออกมารองรับรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการรองรับระบบสามมิติ ซึ่งสามารถเป็นตัวชี้วัดความอยู่รอดของเทคโนโลยีสามมิติได้เป็นอย่างดี

แต่ถ้ากล่าวถึงระบบสามมิติกับรายการโทรทัศน์ทั่วไปแล้วนั้น ถือว่าเป็นสิ่งใหม่สำหรับผู้ผลิตรายการโทรทัศน์ ซึ่งทางผู้ผลิตรายการโทรทัศน์เองนั้นต้องมีการสำรวจความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคและต้นทุนในการผลิต ถ้าผู้บริโภคไม่นิยมหรือมีความต้องการน้อยผู้ผลิตรายการโทรทัศน์ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องผลิตรายการในรูปแบบสามมิติ เพราะต้นทุนการผลิตรายการค่อนข้างสูง และจำเป็นต้องเพิ่มช่องทางในการส่งสัญญาณภาพเพื่อรองรับการส่งเนื้อหาภาพแบบสามมิติ และจำเป็นต้องใช้งบประมาณเพิ่มมากขึ้น แต่จะเห็นได้ว่าผู้ผลิตรายการโทรทัศน์นั้นเลือกที่จะลงทุนในการถ่ายทอดสดรายการกีฬาต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบสามมิติมากกว่า ซึ่งทางผู้ผลิตรายการได้จับร่วมมือกับกลุ่มผู้พัฒนาเทคโนโลยีทางด้านจอภาพ ซึ่งทั้งสองฝ่ายได้สังเกตเห็นแล้วว่าคุ้มค่าต่อการออกอากาศในรูปแบบสามมิติได้ กล่าวคือ ผู้บริโภคยอมเสียค่าใช้จ่ายในการรับชมเพื่อให้ได้รับรู้ถึงอรรถรสที่แปลกใหม่ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ยังเป็นคำถามว่า การถ่ายทอดสดการแข่งขันกีฬาจะเป็นเพียงรายการประเภทเดียวกันนั้นหรือที่สามารถดึงดูดผู้บริโภคให้ยอมจ่ายเงินเพิ่มขึ้นได้

ถึงแม้ว่าจะมีข่าวเกี่ยวกับการถ่ายทอดสดพีธเปิดและปิด รวมถึงการแข่งขันกีฬาบางประเภทในการแข่งขันกีฬา

โอลิมปิกที่กำลังจะมีขึ้นในกรุงลอนดอนประเทศอังกฤษในรูปแบบภาพสามมิติ [15] ก็ยังมีบางประเทศที่ได้ตัดสินใจยุติระบบการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในรูปแบบสามมิติลง เนื่องจากสาเหตุหลักคือ ราคาต้นทุนที่สูง และกลุ่มผู้บริโภคมีน้อยไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในการดำเนินงานต่อไป [16] แต่ในทางตรงกันข้ามประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนนั้นทางช่องซีซีทีวี (CCTV) เพิ่งมีการเปิดให้บริการการถ่ายทอดสัญญาณภาพรายการโทรทัศน์ในรูปแบบสามมิติเมื่อต้นปีที่ผ่านมา [17] ทำให้ต้องใช้เวลาในการประเมินต่อไปว่าการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในรูปแบบสามมิตินั้นจะเป็นอย่างไร

#### 4. บทสรุป

อาจกล่าวได้อย่างมั่นใจได้ว่าภาพยนตร์ที่ผลิตออกมาในรูปแบบสามมิตินั้นโดยเฉพาะเรื่อง อวตาร ได้สร้างกระแสความนิยมทางด้านเทคโนโลยีในระบบสามมิติให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เห็นได้จากรายได้ที่เกิดขึ้นจากภาพยนตร์เรื่องนี้ [13] ทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจเทคโนโลยีการแสดงผลภาพทางด้านสามมิติมากขึ้น ประกอบกับทางกลุ่มบริษัทผู้ผลิตโทรทัศน์สามมิติยังคงมีการวางแผนพัฒนาเทคโนโลยีการแสดงผลภาพแบบสามมิติต่อไปเรื่อยๆ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคจากการดูโทรทัศน์สามมิติที่ต้องใช้แว่น กลายเป็นไม่ต้องใช้แว่นในการชม ทำให้เห็นถึงการพัฒนาอย่างไม่ถดถอยในด้านเทคโนโลยีการแสดงผลภาพ

แต่หากมองทางด้านการออกอากาศรายการโทรทัศน์ในระบบสามมิตินั้น ยังต้องมองถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการกระจายสัญญาณควบคู่กันไปด้วย โดยส่วนใหญ่การกระจายสัญญาณภาพนั้นยังคงเลือกกระจายสัญญาณผ่านช่องทางสายเคเบิลหรือใช้สัญญาณดาวเทียมในการส่งผ่าน และแน่นอนว่าจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการให้บริการ ทางผู้ผลิตรายการส่วนมากจะเลือกถ่ายทอดสดการแข่งขันกีฬาในการออกอากาศให้อยู่ในรูปแบบสามมิติ แต่มีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่มีการออกอากาศ ซึ่งถือได้ว่ายังมีกระแสความนิยมที่น้อยมาก และยังเป็นตลาดที่เล็กเกิน

กว่าที่จะลงทุนอย่างเต็มตัว ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีมาตรฐานและเทคโนโลยีต่างๆ ออกมารองรับพร้อมอยู่แล้วก็ตาม

ปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุให้การออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในระบบสามมิติไม่เป็นที่นิยมคือ ด้านต้นทุนของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขอรับบริการการส่งสัญญาณแบบสามมิติของผู้บริโภคนั้นยังคงอยู่ในระดับที่ไม่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับสิ่งที่ได้มา ส่วนค่าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการชมของผู้บริโภคหรือมาตรฐานที่รองรับในการส่งสัญญาณของผู้ให้บริการล้วนมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงอยู่ในปัจจุบัน ผู้บริโภคคงเห็นว่าเป็นการสิ้นเปลืองหากจะซื้อโทรทัศน์ราคาแพงและไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทางด้านฝั่งผู้ผลิตรายการโทรทัศน์ ต้นทุนการผลิตและการกระจายสัญญาณภาพยังใช้ต้นทุนที่สูงอยู่ รวมถึงผู้ผลิตภาพยนตร์ บริษัทผู้ผลิตโทรทัศน์และกลุ่มผู้พัฒนามาตรฐานการรองรับการกระจายสัญญาณโทรทัศน์ส่วนแล้วต้องมีค่าใช้จ่ายในกระบวนการการทำงาน ซึ่งมีแรงจูงใจคือ ผลกำไรเป็นสิ่งสำคัญ

สำหรับความเป็นไปได้ในการออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในระบบสามมิติในอนาคตนั้น จากการพิจารณาถึงปัจจัยด้านต่างๆ ที่ผู้เขียนได้กล่าวไว้ข้างต้นจึงสรุปได้ว่ายังคงมีความเป็นไปได้อยู่ แต่เป็นไปได้มากน้อยแค่ไหนนั้นคงต้องขึ้นอยู่กับเวลา หากเวลาผ่านไปค่าใช้จ่ายด้านต่างๆ ถูกลง และกระแสความนิยมในระบบภาพสามมิตียังคงอยู่ ความเป็นไปได้ที่จะได้เห็นรายการโทรทัศน์ปกติในรูปแบบสามมิตินั้นก็คงมีมากขึ้น แต่หากเป็นไปได้ในทางตรงกันข้าม การออกอากาศรายการโทรทัศน์ปกติในรูปแบบสามมิตินั้นก็คงอยู่ในวงที่จำกัดหรืออาจต้องหยุดไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Fehn, "3D-TV broadcasting," in 3D Video Communication, O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora, Eds. New York: Wiley, 2005.
- [2] ITU News (2010, July–August). World Cup 2010 in 3D TV: Testing New Technology [Online] Available: <http://www.itu.int/net/itunews/issues/2010/06/54.aspx>.
- [3] ASTV ผู้จัดการออนไลน์. "โซนี่จัดเต็ม ถ่ายวิมเบิลดัน ทะลุจอ" [www.manager.co.th/Sport/ViewNews.aspx?NewsID=9540000029992](http://www.manager.co.th/Sport/ViewNews.aspx?NewsID=9540000029992), 2554.
- [4] C. Fehn, P. Kauff, M. op de Beeck, F.M.L. Ernst, W. A. IJsselsteijn, M. Pollefeys, L. van Gool, E. Ofek, I. Sexton "An evolutionary and optimised approach on 3D-TV," in Proc. International Broadcast Conference, Amsterdam, The Netherlands, 13–17 September 2002, pp. 357–365.
- [5] L. Onural, T. Sikora, J. Ostermann, A. Smolic, M. R. Civanlar, J. Watson. (2006). An assessment of 3DTV technologies. in Proc. NAB Broadcast Engineering Conference, Las Vegas, NV, 22–27 April 2006, pp. 456–467.
- [6] R. Piroddi. (2010). Stereoscopic 3D technologies. [Online] Available: [http://www.snellgroup.com/documents/white-papers/white-paper-stereoscopic\\_3d\\_technologies.pdf](http://www.snellgroup.com/documents/white-papers/white-paper-stereoscopic_3d_technologies.pdf)
- [7] M. Schu. (2010). Video processing required for 3DTV display. [Online] Available: [http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/docs/2010-04-11\\_Video ProcessingRequiredFor3dtv Displays.pdf](http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/docs/2010-04-11_Video ProcessingRequiredFor3dtv Displays.pdf).
- [8] LG Press Releases "3D แห่งอนาคต... ไม่ต้องสวมแว่นสามมิติอีกต่อไป". <http://www.lg.com/th/press-release/article/3d.jsp>, 2553.

- [9] J. Garside. (2012, March 6). 3D films lose lustre as home-grown hits win cinema box-office battle. [Online] Available: [www.guardian.co.uk/film/2012/mar/06/3d-films-lose-appeal](http://www.guardian.co.uk/film/2012/mar/06/3d-films-lose-appeal).
- [10] J. Brandon. (2010, August 10). The true health risks of 3D TV. [Online] Available: <http://www.digitaltrends.com/home-theater/the-true-health-risks-of-3d-tv>.
- [11] D. Elrich. (2011, May 12). Active vs. passive 3D TV technology: What's the difference? [Online] Available: <http://www.digitaltrends.com/home-theater/active-vs-passive-3d-tv-technology-whats-the-difference>.
- [12] A. Boxall. (2012, March 8). Will the Toshiba ZL2 55-inch, glasses-free 3D television save 3D TV? [Online] Available: <http://www.digitaltrends.com/home-theater/will-the-toshiba-zl2-55-inch-glasses-free-3d-television-save-3d-tv>.
- [13] Edmund. (2011, January 26). The rise of 3D. [Online] Available: <http://boxofficequant.com/the-rise-of-3d>.
- [14] L. Blonde, D. Doyen, T. Borel. 3D stereo rendering: new processing & perception challenges. [Online] Available: <http://www.3dat-home.org/reportdetail.aspx?item=2397>, 2010.
- [15] M. Brown. (2012, February 15). BBC cautious over 3D Olympics broadcasts. [Online] Available: <http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-02/15/bbc-olympics-in-3d>.
- [16] J. Dudley-Nicholson. (2011, August 10). TV networks switch off 3D broadcasts. [Online] Available: <http://www.adelaidenow.com.au/ipad/tv-networks-switch-off-3d-broadcasts/story-fn6bqphm-1226111984675>.
- [17] P. Hunter. (2012, January 9). Canal plus drops 3-D. [Online] Available: <http://broadcastengineering.com/news/canal-plus-drops-3D>.