

Generating Emotions from a Neutral Face

1.0 Introduction

- Problem Statement

ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการหรือกระบวนการสร้างแอนิเมชันจากใบหน้าสามมิติให้สามารถยิ้ม หัวเราะ เศร้า ตกใจ หรือ โกรธได้ เป็นต้น

- Motivation

เมื่อคุณมีโมเดลใบหน้าสามมิติอยู่แล้ว ถ้าเกิดว่าคุณอยากให้มันมีชีวิตขึ้น ให้มันมีอารมณ์ความรู้สึก อย่างเช่น โกรธ ตกใจ หัวเราะ มันคงจะเป็นอะไรที่น่าสนใจน่าดู

2.0 Category / Sub Category

2.1 Geometry manipulations Techniques [1][2][3][4][5]

2.1.1 Interpolations

เทคนิค Interpolation จะเสนอวิธีการซึ่งเข้าถึงและใช้งานได้ง่ายสำหรับแอนิเมชันบนใบหน้า โดยปกติแล้ววิธีการของเทคนิคนี้จะทำการระบุการเคลื่อนไหวระหว่าง 2 key- frames ณ ตำแหน่งที่เราต้องการในแต่ละช่วงเวลา

สำหรับ Linear interpolation นั้น โดยทั่วไปแล้วเราจะใช้กับแอนิเมชันบนใบหน้าที่ไม่ซับซ้อนมาก แต่ถ้าเรามีมากกว่า 2 key-frame ที่เกี่ยวข้องกัน จะเรียกว่า bilinear interpolation ซึ่งฟังก์ชัน Cosine ของ interpolation และการผันแปรอื่นๆนั้น จะสามารถเพิ่มและลด เอฟเฟกต์ในตอนเริ่มและสิ้นสุดของแอนิเมชันได้ ดังนั้น bilinear interpolation จึงมีความสามารถสร้างความหลากหลายของการแสดงออกทางสีหน้า ได้มากกว่า linear interpolation

ข้อดีของการใช้เทคนิค interpolation คือ สามารถสร้างการแสดงออกทางสีหน้าใหม่ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเดิม ด้วยขั้นตอนที่ง่าย แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นการสังเคราะห์การแสดงออกทางสีหน้า ด้วยเหตุนี้จึงเกิดข้อจำกัด range ของรูปร่างของใบหน้าจริงๆ เทคนิค Interpolation จึงเหมาะสำหรับแอนิเมชันชุดเล็กๆ ที่สร้างจาก key-frames ไม่กี่อัน ตามรูปภาพ Figure

2.1.1



Figure 2.1.1 เป็นภาพการแสดงออกทางใบหน้าโดยใช้เทคนิค Interpolation รูปซ้าย: เป็นรูปต้นแบบ, รูปขวา: เป็นรูปออกเสียงคำว่า “A”, รูปตรงกลางเป็นรูปที่ใช้เทคนิค Interpolation

2.1.2 Spring Mesh Muscle

Mass-spring mesh muscle เป็นวิธีการที่กระจายแรงในแบบยืดหยุ่น ของ Spring mesh บนการเปลี่ยนรูปร่างของโมเดลผิวหนัง ในการแสดงออกทางใบหน้าจริงนั้น จะทำการสร้างแรงกระตุ้นไปที่ mesh โดยโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ซึ่งในสมัยก่อนการแสดงออกทางใบหน้าจะถูกสังเคราะห์ จะใช้ mass-spring ของ Platt และ Badler ซึ่ง งานวิจัยของเขาได้โฟกัสไปที่ ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลกล้ามเนื้อ กับ โครงสร้างของใบหน้านมนุษย์ ในภายหลังได้มีการเสนอ โมเดลบนใบหน้าด้วยกล้ามเนื้อโดยมีการแสดงของ block ซึ่งคือ ขอบเขตของโครงสร้างบนใบหน้า โมเดลนี้ถูกสร้างขึ้นให้มี 38 ขอบเขตของกล้ามเนื้อบนใบหน้าที่ทำการเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายของ spring เมื่อไม่นานมานี้ Kahler et al ได้ทำการเสนอเครื่องมือที่ช่วยในการอำนวยความสะดวกในการโต้ตอบระหว่าง กล้ามเนื้อ mass-spring กับ 3D geometry ซึ่ง ใบหน้าสามมิติ จะใช้ข้อมูลส่วนนี้การสร้างแอนิเมชันบนใบหน้าขึ้นมา

2.1.3 Vector Muscle (Linear model)[11]

เป็นโมเดลที่เกี่ยวกับกล้ามเนื้อซึ่งค่อนข้างประสบความสำเร็จถูกนำเสนอโดย Water โมเดลนี้จะใช้การวิเคราะห์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสนามซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของกล้ามเนื้อบนผิว กล้ามเนื้อแต่ละส่วนจะถูกกำหนดด้วย vector ทิศทางของสนาม ซึ่งจะมีจุดกำเนิดของกล้ามเนื้อตามรูป Figure 2.1.3 โดยที่ขอบเขตของสนามนั้นจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชัน Cosine และการตกลงมาของ factor ซึ่งจะถูกสร้างในลักษณะรูปกรวยเมื่อลองนึกภาพดูจะเหมือนความสูงของสนาม. Waters ได้ทำการออกแบบกล้ามเนื้อหูดตรงปากโดยทำให้ง่ายขึ้นโดยใช้ลักษณะของวงกลมรี ซึ่งกล้ามเนื้อหูดสามารถหดและขยายรอบๆจุดศูนย์กลางของวงกลมรี และ ส่วนใหญ่แล้วจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างในส่วนของปาก โมเดลนี้สามารถสร้างอารมณ์ความรู้สึกได้ เช่น โกรธ, กลัว , ตกใจ , และ สนุก โดยใช้ vector เชิงเส้น และ กล้ามเนื้อหูดที่อยู่บริเวณรอบๆปาก ในรูปขาวของภาพ Figure 2.1.3 นั้น จะแสดงกล้ามเนื้อของ โมเดลนี้ที่ถูกฝังตัวลงไป facial mesh

สำหรับการวางตำแหน่ง vector ของกล้ามเนื้อในทางกายภาพให้ถูกตำแหน่งนั้นยังถือเป็นงานที่ยากอยู่ในตอนนี้ โดยกระบวนการนี้จะใช้การทดลองและดูข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งยังไม่การันตีในเรื่องประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ของการ vector ผิดตำแหน่งนั้นจะทำให้เกิดรูปร่างผิดธรรมชาติ และ ไม่เป็นไปตามอารมณ์ต้องการ ถึงอย่างไรก็ตาม vector muscle โมเดลนั้นก็ยังถูกใช้อย่างกว้างขวาง เพราะ มีความกระชับในการแสดงผล และ โครงสร้างของ facial mesh ที่อิสระ เช่น Billy เป็นเด็กในภาพยนตร์ในเรื่อง Tin Toys ซึ่งบนใบหน้าของ Billy มี 47 Water's muscle

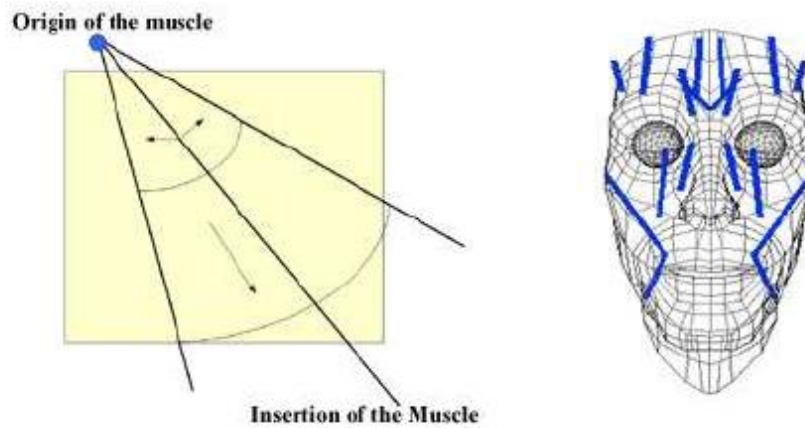


Figure 2.1.3 รูปซ้าย: แสดงขอบเขตของ โมเดล Vector Muscle รูปขวา: แสดงการวางตำแหน่ง Vector muscle ลงบน facial mesh

2.1.4 Parameterizations (Candide)

Parameterization techniques สามารถเอาชนะข้อจำกัดบางประการของ เทคนิค interpolations ได้ ในอุดมคติแล้ว Parameterization สามารถกำหนดการแสดงผลของใบหน้าได้โดยการใช้ค่าของ parameter ที่เป็นอิสระต่อกันหลายๆค่ามาใช้ร่วมกัน ซึ่งแตกต่างจาก เทคนิค interpolations ตรงที่สามารถควบคุมและกำหนดรูปร่างบนใบหน้าได้อย่างชัดเจน ซึ่งการที่เอาค่า parameter มารวมกันนั้นสามารถทำให้มี range ของ การแสดงผลของใบหน้ามากขึ้น และใช้ต้นทุนการคำนวณที่ต่ำ

การรวมกันของ parameter ที่แตกต่างกันนั้น จะทำให้มี range ของ การแสดงผลของใบหน้ามากขึ้น จึงทำให้เกิด Action Units (AU) (Table I) or MPEG-4 Facial Animation Parameters (FAPs) ซึ่งถูกตั้งขึ้นสำหรับการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า

AU	FACS Name	AU	FACS Name
1	Inner Brow Raiser	7	Lid Tightener
2	Outer Brow Raiser	9	Nose Wrinkles
4	Brow Lower	10	Upper Lid Raiser
5	Upper Lid Raiser	12	Lid Corner Puller
6	Check Raiser	14	Dimpler

ตาราง 2.1.4 เป็นตารางแสดง Action Unit บน FACS

เทคนิค parameterize สำหรับโมเดลบนใบหน้า นั้นต้องพึ่งโครงสร้างของ facial mesh ซึ่งตัวอย่าง โมเดลบนใบหน้า เช่น CANDIDE-3 นั้นสามารถสร้างแอนิเมชันได้นั้นใช้กระบวนการ parameterize ได้ง่าย โดยมีเพียงร้อยละจุดบนใบหน้าเท่านั้น ถึงอย่างไรก็ตาม ถ้าโมเดลบนใบหน้ามีความซับซ้อน คือมีจุดบนใบหน้าเยอะมากๆ ในทางปฏิบัติแล้ว เทคนิค parameterize ได้ผลลัพธ์ออกมาไม่ค่อยดี นอกจากนี้แล้วการปรับให้เข้ากับโมเดลใหม่นั้น ต้องมีกระบวนการปรับแต่งโดยวิธีการ manual ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเบื่อและซับซ้อนมาก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จะใช้ parameter หลายมิติ และใช้ partial differential equations สำหรับการพัฒนา เทคนิค parameterize ในการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า

2.2 Facial Animation Based on Morphable Model with MPEG-4 [7]

- Framework of 3D facial animation

การสร้างแอนิเมชันบนโมเดลใบหน้า 3D ในที่นี้จะใช้ morphable model ร่วมกับ MPEG-4. โดยที่ morphable model จะใช้เครื่อง CyberWare 3D laser scanner มีกระบวนการ uniform mesh resampling ซึ่งสนับสนุนการสร้างใบหน้า 3D ต่อมาจะทำการตั้ง จุด FDP และ FAP บน morphable model ซึ่งถูกกำหนดไว้โดย MPEG-4 สำหรับการ Matching แอนิเมชันบนโมเดลใบหน้า 3D นั้นจะรับ รูปภาพ 2D เพื่อทำการสร้างใบหน้าจริง 3D เพื่อทำการระบุตัวบุคคลได้ และ สำหรับการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้านั้นเมื่อทำการรับ FAP parameters จะทำการสร้าง 3D facial animation key-frame และได้รับ 3D facial animation sequence เพื่อนำไปสร้างแอนิเมชันบนใบหน้าต่อไป ซึ่งสามารถดู Frame work ได้ดังภาพ Figure 2.2.1

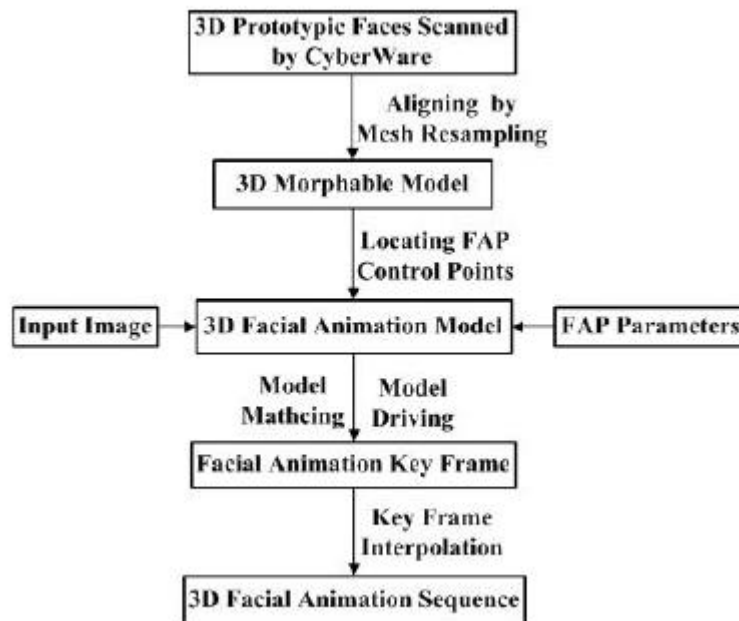


Figure 2.2.1 แสดง Frame work ของ 3D facial animation

- Locating FAP control points

2 parameter ที่ต้อง รู้จักคือ FDP (Facial Definition Parameter) and FAP (Facial Animation Parameter) ซึ่งจะถูกกำหนดไว้ใน MPEG-4, FDP ใช้สำหรับอธิบายข้อมูลของ geometry และ texture บนใบหน้าของมนุษย์ และสำหรับ FAP ใช้สำหรับในการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า ซึ่ง FDP และ FAP นั้นจะถูกตั้งไว้บน face mesh 3D

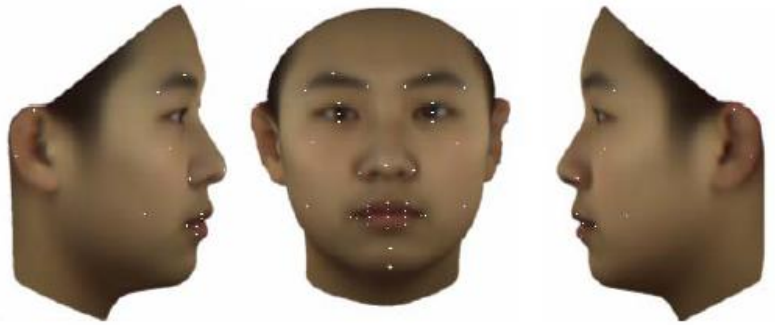
สำหรับ FAPU ใน MPEG-4 จะเป็นการคำนวณจุดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกันบนใบหน้า 3 มิติ ซึ่งเป็นการคำนวณระยะทางของจุดที่ตรงกันของจุด FAPU ซึ่งสามารถแสดงจุดของ FAPU ได้ดังรูปภาพที่ Figure 2.2.2

ในการสร้าง ใบหน้า 3D โมเดลสำหรับแอนิเมชันนั้นจำเป็นต้องใช้ FAP parameter หรือ จุด FAP control ซึ่งถูกกำหนดไว้ใน MPEG-4 ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปภาพที่ Figure 2.2.3

จุดขาวบนภาพแสดงที่ตั้งของจุดยอด บางจุดยอดที่ตั้งบนภาพจะใช้ข้อมูลทางเรขาคณิต เช่น จุดปลายของจมูกจะใช้ค่าความลึกที่มากที่สุด บางจุดยอดใช้ข้อมูลของ texture เช่น จุดบนของริมฝีปาก และ จุดมุมของปาก โดยวิธีการ texture gradient สำหรับจุดอื่นๆอาจใช้โดยวิธีการทดลอง



Figure 2.2.2 แสดงจุดที่เกี่ยวข้องกับ FAPU

Figure 2.2.3 แสดง จุด FAP control
ใบหน้าตรง ด้านซ้าย และ ด้านขวา

- 3D facial animation sequence

เมื่อทำการรับภาพมา จะทำการสร้างใบหน้าจริง 3 มิติ ใหม่ เพื่อทำการระบุตัวบุคคลซึ่ง จะใช้กระบวนการ โมเดล matching โดย กระบวนการนี้จะ ทำการเปลี่ยนแปลง โมเดลใบหน้า 3D ให้เป็นรูปภาพ แต่เราไม่สามารถเปรียบเทียบ โมเดลใบหน้า 3 มิติ กับ ภาพ 2 มิติได้โดยตรง ดังนั้น จะทำการ Project ใบหน้า 3 มิติ ลงสู่ภาพก่อนแล้วค่อยนำไปเปรียบเทียบ โดยที่สมการที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แสดงได้ดังนี้

$$E = \sum_{(x,y)} [I_{input}(x,y) - I_{model}(x,y)]^2$$

จากสมการ ตัวแปร (x,y) คือ จุดบนรูปภาพ ซึ่งการคำนวณหา Error function จะใช้วิธีการ gradient descent ในการหาค่าความผิดพลาด(E) ที่น้อยที่สุดระหว่างภาพที่ถูก Project กับ ภาพที่รับมา และใช้ภาพ ที่มีค่า Error น้อยที่สุด ดังนั้นเราจะสามารถสร้าง ใบหน้าจริง 3 มิติ ใหม่ โดยกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น

ในตอนนี้เราสามารถสร้าง ใบหน้าจริง 3D ใหม่ จากภาพที่รับเข้ามาและมี facial animation key frames จาก FAP parameter ดังนั้นเราสามารถสร้างแอนิเมชันบนโมเดลใบหน้า 3D ตาม sequence ได้แล้ว

- Experimental results

จากการใช้เครื่อง CyberWare scanner ในการสร้าง 200 prototype สำหรับ 3D face (100 prototypes สำหรับ ผู้ชาย , 100 prototypes สำหรับ ผู้หญิง) โดยที่ทุกๆ prototypes สนับสนุนกระบวนการ uniform mesh resampling และสำหรับ 3D face จะสร้างโดยใช้ morphable model

เมื่อทำการรับภาพมาสองภาพ (1 ภาพสำหรับผู้ชาย, 1 ภาพสำหรับผู้หญิง) จะทำการสร้าง ใบหน้าจริง 3D ใหม่ โดย animation model และ จะใช้ 2 set ของ FAP parameter สำหรับสองคน ในการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า 3D ตาม sequence ที่ต้องการ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพ Figure 2.2.4



Figure 2.2.4. แสดงการสร้างแอนิเมชันตาม sequence บนหน้าจอจริง. แถวแรก: รับภาพเข้ามาและทำการสร้างใบหน้า 3 มิติใหม่ในแต่ละมุมมอง; แถวที่ 2: key frames ทำการสร้าง โมเดลใบหน้า 3 มิติ สำหรับแอนิเมชัน; แถวที่ 3: การสร้างแอนิเมชันสำหรับใบหน้าให้ผู้ชายยิ้ม; แถวที่ 4: การสร้างแอนิเมชันสำหรับใบหน้าให้ผู้ชายโกรธ; แถวที่ 5: การสร้างแอนิเมชันสำหรับใบหน้าให้ผู้หญิงยิ้ม; แถวล่างสุด: การสร้างแอนิเมชันสำหรับใบหน้าให้ผู้หญิงโกรธ

2.3 Facial Animation Based on CANDIDE Model with MPEG-4 [6][8][9][10][2] MPEG-4 Facial Animation

● The Action Units and Action Units Vectors on CANDIDE model

CANDIDE ในเวอร์ชันปัจจุบันได้อธิบาย ความแตกต่าง AU's ระหว่าง AUVs ได้ค่อนข้างชัดเจน ดังนี้ Action Units คือ บางสิ่งที่ต้องการจะทำอะไรกับใบหน้า โดยการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อเพียงจุดเดียว ส่วน Action Unit Vector คือ ใช้สำหรับการ implement ให้ตรงกับ Action Units (อาจมีมากกว่า 1 AU's) ตัวอย่างเช่น Action Units 42 (หมีตา) , 43(หลับตา) , 44 (หยีตา) และ 45(กระพริบตา) ถูก implement ด้วย Action Unit Vector ที่ 6 ซึ่งการกระพริบตาใดๆ จะมีความแตกต่างกับ การหลับตา แต่เราทำการ implement ด้วย Action Unit Vector เดียวกัน

Action Unit Vectors คือ Animation Unit ก็เหมือนกับ FAPUs ใน MPEG-4 ซึ่งparameter FAPs ได้ถูกรวมอยู่ใน โมเดลของ CANDIDE- 3 แล้ว

ใน CANDIDE-3 สามารถดู Action Units และ Action Units Vectors ได้ตามตาราง 2.3.1

Action Unit	Name	AUV
Upper face Action Units		
1	Inner brow raiser	12
2	Outer brow raiser	5
4	Brow lowerer	3
5	Upper lid raiser	10
6	Cheek raiser and lid compressor	
7	Lid tightener	7
41	Lid drop	14
42	Slit	6
43	Eyes closed	6
44	Squint	6
45	Blink	6
46R	Wink (right)	17
46L	Wink (left)	19
Lower face up/down Action Units		
9	Nose wrinkler	8
10	Upper lip raiser	0
15	Lip corner depressor	14
17	Chin raiser	20
25	Lips part	
26	Jaw drop	11
27	Mouth stretch	11
16+25	Lower lip depressor	1
Lower face horizontal and oblique Action Units		
11	Nasolabial furrow deepener	
12	Lip corner pull	4
13	Sharp lip puller	14
14	Dimpler	
20	Lip stretcher	2
Lower face orbital Action Units		
18	Lip pucker	16
22+25	Lip funnler	
23	Lip tightener	9
24	Lip presser	9
28	Lip suck	

ตาราง 2.3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Action Unit กับ Action Unit Vector

- Relation to MPEG-4 FaceAnimation

เพื่อให้ถ่ายทอดโมเดลของใบหน้า สำหรับการสร้างแอนิเมชันด้วย MPEG-4 มีสองสิ่งที่เราต้องสนใจ คือ การ Mapping Facial Feature point กับ แต่ละจุด และ the FAP units (FAPUs).

Vertices และ FFPs

- CANDIDE ไม่มีลิ้น, ดังนั้น FFP ในกลุ่ม 6 จะไม่มี จุดที่ตรงกัน
- CANDIDE ไม่มีในส่วนของบนของกระดูกสันหลัง จึงไม่มี FFP 7.1 ที่ตรงกัน และ ไม่มีส่วนด้านหลังของกะโหลก จึงไม่มีจุด 11.6 ที่ตรงกัน
- CANDIDE-3 ไม่มีฟัน ดังนั้นจึงไม่มี FFPs 9.9 - 9.11 ที่ตรงกัน.
- CANDIDE-3 ไม่มีหู ดังนั้นจึงไม่มี FFPs 10.1 - 10.6 ที่ตรงกัน
- CANDIDE-3 ไม่มีผม, ดังนั้นจึงไม่มี FFP 11.5 ที่ตรงกัน.

ตาราง 2.3.2 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง Vertex กับ MPEG-4 FFP

Vertex	Description	MPEG-4 FFP	
0	Top of skull	11	4
1	(Middle border between hair and forehead)	11	1
2	Middle of forehead		
3	Midpoint between eyebrows		
4	Not used (replaced by 77 and 78 in CANDIDE-1)		
5	Nose tip	9	3
6	Bottom middle edge of nose	9	15
7	Middle point of outer upper lip contour	8	1
8	Middle point of outer lower lip contour	8	2
9	Chin boss	2	10
10	Bottom of the chin	2	1
11	Left of top of skull		
12	Left of top of skull		
13	(Left border between hair and forehead)	11	3
15	Outer corner of left eyebrow	4	5
16	Uppermost point of the left eyebrow	4	3
17	Inner corner of left eyebrow	4	1
18	Lower contour of the left eyebrow, straight under 16		
19	Center of upper outer left eyelid	3	13
20	Outer corner of left eye	3	7
21	Center of upper inner left eyelid	3	1
25	Left nose border		
26	Left nostril outer border	9	1
27	Left cheek bone	5	3
28	Inner contact point between left ear and face	10	8
29	Upper contact point between left ear and face	10	9
30	Left corner of jaw bone	2	13
31	Left corner of outer lip contour	8	3
32	Chin left corner	2	11
33	Uppermost point of left outer lip contour	8	10

Vertex	Description	MPEG-4 FFP	
34	(Middle border between hair and forehead)	11	1
35	Not used (identical to 2)		
36	Not used (identical to 3)		
37	Not used (identical to 4)		
38	Not used (identical to 5)		
39	Not used (identical to 6)		
40	Middle point of inner lower lip contour	2	3
41	Not used (identical to 8)		
42	Not used (identical to 9)		
43	Not used (identical to 10)		
44	Right of top of skull		
45	Right of top of skull		
46	(Right border between hair and forehead)	11	2
47	Right side of skull		
48	Outer corner of right eyebrow	4	6
49	Uppermost point of the right eyebrow	4	4
50	Inner corner of right eyebrow	4	2
51	Lower contour of the right eyebrow, straight under 49		
52	Center of upper outer right eyelid	3	14
53	Outer corner of right eye	3	12
54	Center of upper inner right eyelid	3	2
55	Center of lower inner right eyelid	3	4
56	Inner corner of right eye	3	8
57	Center of lower outer right eyelid	3	10
58	Right nose border		
59	Right nostril border	9	2
60	Right cheek bone	5	4
61	Lower contact point between right ear and face	10	7
62	Upper contact point between right ear and face	10	10
63	Right corner of jaw bone	2	14
64	Right corner of outer lip contour	8	4
65	Chin right corner	2	12
66	Uppermost point of right outer lip contour	8	9
67	Left iris, outer upper corner of bounding (square) box		
68	Left iris, outer lower corner of bounding (square) box		
69	Right iris, outer upper corner of bounding (square) box		
70	Right iris, outer lower corner of bounding (square) box		
71	Left iris, inner upper corner of bounding (square) box		
72	Left iris, inner lower corner of bounding (square) box		
73	Right iris, inner upper corner of bounding (square) box		

Vertex	Description	MPEG-4 FFP	
74	Right iris, inner lower corner of bounding (square) box		
75	Left side of nose tip		
76	Right side of nose tip		
77	Left upper edge of nose bone	9	7
78	Right upper edge of nose bone	9	6
79	Midpoint between FFP 8.4 and 8.1 on outer upper lip con-	8	5
80	Midpoint between FFP 8.3 and 8.1 on outer upper lip con-	8	6
81	Midpoint between FFP 2.2 and 2.5 on the inner upper lip	2	6
82	Midpoint between FFP 2.2 and 2.4 on the inner upper lip	2	7
83	Midpoint between FFP 2.3 and 2.5 on the inner lower lip	2	8
84	Midpoint between FFP 2.3 and 2.4 on the inner lower lip	2	9
85	Midpoint between FFP 8.4 and 8.2 on outer lower lip con-	8	7
86	Midpoint between FFP 8.3 and 8.2 on outer lower lip con-	8	8
87	Middle point of inner upper lip contour	2	2
88	Left corner of inner lip contour	2	4
89	Right corner of inner lip contour	2	5
90	Center of the left cheek	5	1
91	Center of the right cheek	5	2
92	Left lower edge of nose bone	9	13
93	Right lower edge of nose bone	9	14
94	Middle lower edge of nose bone (or nose bump)	9	12
95	Outer upper edge of left upper eyelid		
96	Outer upper edge of right upper eyelid		
97	Outer lower edge of left upper eyelid		
98	Outer lower edge of right upper eyelid		
99	Outer upper edge of left lower eyelid		
100	Outer upper edge of right lower eyelid		
101	Outer lower edge of left lower eyelid		
102	Outer lower edge of right lower eyelid		
103	Inner upper edge of left upper eyelid		
104	Inner upper edge of right upper eyelid		
105	Inner lower edge of left upper eyelid		
106	Inner lower edge of right upper eyelid		
107	Inner upper edge of left lower eyelid		
108	Inner upper edge of right lower eyelid		
109	Inner lower edge of left lower eyelid		
110	Inner lower edge of right lower eyelid		
111	Bottom left edge of nose	9	5
112	Bottom right edge of nose	9	4

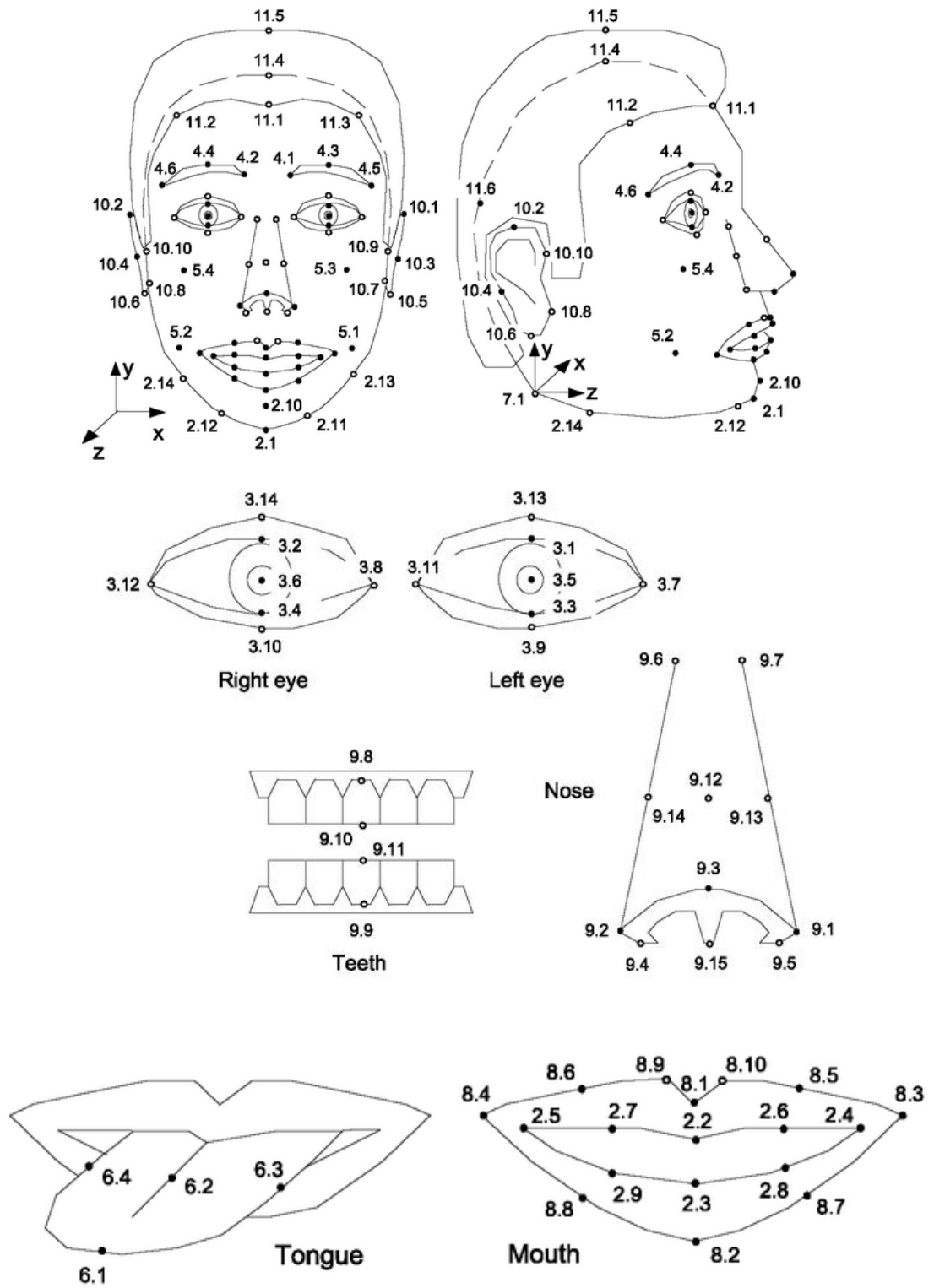


Figure 2.3.3 แสดง จุด Feature points กับ ใบหน้าจริง

The FAP Units

FAP units (FAPUs) คือ หน่วยในการเคลื่อนไหวของ feature points ที่สามารถวัดได้จาก FAPs ยกเว้น the angular unit (AU) เราจะแทนที่ด้วยค่า 1024 ยกตัวอย่างเช่น FAP no. 53 (ยัดมุมปาก) จะทำการเลื่อนจุด FFP 8.3 (มุมปากด้านซ้าย) ซึ่งจะตรงกับ FAPU คือ MW(Mouth Width) โดยที่ MW units คือ ระยะทางระหว่างมุมปากด้านซ้ายไปยังมุมปากด้านขวาและหารด้วย 1024 โดย สมมุติค่า FAP no. 53 คือ 256 นั้นหมายความว่า จะทำการเลื่อนจุด 8.3 ไปทางซ้าย $256/1024 = 0.25$ MW

ใน CANDIDE-3 หมายถึง การเลื่อนจุด 31 ไปทางซ้าย โดยที่ FAPU MW จะทำการคำนวณระยะทางระหว่างจุด 31 ในแนวแกน x และ จุด 64 ในแนวแกน x เป็นต้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง FAPU และ CANDIDE สามารถแสดงได้ตามตาราง 2.3.4 *rpupil* หมายถึงจุดที่ 69, 70 ,73 และ 74 *lpupil* หมายถึงจุด 68,69,71 และ 72 *pupil.y* หมายถึง *lpupil.y* และ *rpupil.y*

ตาราง 2.3.4 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง FAPUs กับ CANDIDE

FAPU		CANDIDE
AU	Angular unit	1e-5 radians
MW	Mouth width	31.x - 64.x
MNS	Mouth-nose separation	6.y - 87.y
ENS	Eye-nose separation	<i>rpupil.y</i> - 6.y
ES	Eye separation	<i>rpupil.x</i> - <i>lpupil.x</i>
IRISD	Iris diameter	73.y - 74.y

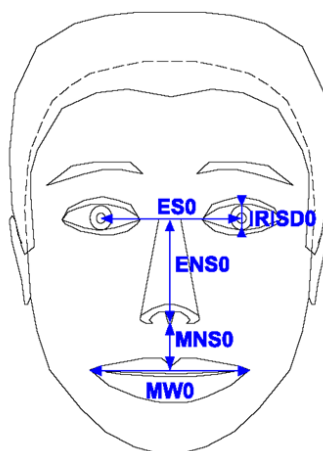


Figure 2.3.5 แสดงภาพ Face Animation Parameters Units(FAPUs)

3.0 Summary

ในส่วนแรก จากการที่ได้พูดถึงแต่ละเทคนิคในการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า 3 มิติ ซึ่งแต่ละเทคนิคก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ตามตารางดังนี้

Techniques	ข้อดี	ข้อเสีย
Interpolations	สามารถสร้างการแสดงออกทางใบหน้าใหม่ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเดิม ด้วยขั้นตอนที่ง่าย	มีข้อจำกัด range ของรูปร่างของใบหน้าจริงๆ
Spring Mesh Muscle	การแสดงออกทางใบหน้า นั้นจะถูกสร้างเมื่อมีแรงมากระตุ้นที่ mesh จากโครงสร้างของกล้ามเนื้อ	การแสดงออกทางใบหน้าไม่สามารถทำได้อัตโนมัติแต่ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วย
Vector Muscle	เป็นโมเดลกล้ามเนื้อบนผิวหนัง ซึ่งใช้การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสนาม	การวางตำแหน่ง vector ของกล้ามเนื้อในทางกายภาพให้ถูกตำแหน่งนั้นยังถือเป็นงานที่ยาก ทำให้แสดงผลออกมาได้ผิดรูปร่าง
Parameterizations	อัตโนมัติ เร็ว และ ถูกต้อง	สามารถสร้างการแสดงออกทางใบหน้าได้ไม่ค่อยเหมือนจริง

ในส่วนที่สองได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างสอง โมเดลในการสร้างแอนิเมชันบนใบหน้า 3 มิติ ด้วย MPEG-4 ซึ่งของ โมเดล CANDIDE สามารถทำงานได้ง่ายกว่าเพราะมีการรองรับในส่วนต่างๆตั้งแต่ FAPS และ FFP อยู่แล้วทำให้ใช้งานได้ง่ายกว่าโมเดลของ Morphable

Reference

- [1] Chung, Shih-Kai , 2009 , “Facial Animation: A Survey” ,
<http://nutnr.lib.nutn.edu.tw/bitstream/987654321/7798/1/%3F%3F%3F.pdf>
- [2] Zhigang Deng and Junyong Noh, “Computer Facial Animation: A Survey”,
[http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.6871rep=rep1](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.6871rep=rep1&type=pdf)
&type=pdf
- [3] Jun-yong Noh and Ulrich Neumann , “A Survey of Facial Modeling and
Animation Techniques ” , <http://run.usc.edu/cs520-s12/facial/facial-survey.pdf>
- [4] Heng Yu Ping, Lili Nurliyana Abdullah, Puteri Suhaiza Sulaiman, and Alfian Abdul
Halin , “Computer Facial Animation: A Review” International Journal of Computer
Theory and Engineering, Vol. 5, No. 4, August 2013
- [5] Samuel Agianpuye and Jacey-Lynn Minoi, “3D Facial Expression Synthesis: A
Survey”, 8th International Conference on Information Technology in Asia (CITA),
2013
- [6] Jiirn Ostermann, “Animation of Synthetic Faces in MPEG-4”, IEEE 1087-4844/98,
1998
- [7] BAO-CAI YIN, CHENG-ZHANG WANG, QIN SHI and YAN-FENG SUN , “MPEG-4
Compatible 3D Facial Animation BASED ON Morphable MODEL”,
Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and
Cybernetics, Guangzhou, 18-21 ,August, 2005
- [8] Gabriel Antunes Abrantes, and Fernando Pereira, “MPEG-4 Facial Animation
Technology: Survey, Implementation, and Results”, Transaction On
Circuits and Systems for Video Technology, VOL. 9, NO. 2, MARCH ,1999
- [9] Yongmian Zhang, Qiang Ji, Zhiwei Zhu, and Beifang Yi , “Dynamic Facial
Expression Analysis and Synthesis With MPEG-4 Facial Animation Parameters”,
IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO
TECHNOLOGY, VOL. 18, NO. 10, OCTOBER 2008
- [10] M. Judith Leo and D. Manimegalai , “3D Modeling of Human Faces- A Survey”,
3rd International Trend in Information Sciences and Computing (TISC), 2011

- [11] Andrea Britto Mattos, Jesus P. Mena-Chalco, Roberto M. Cesar Jr and Luiz
 , “3D Linear Facial Animation Based on Real Data” on 23rd SIBGRAPI -
 Conference on Graphics, Patterns and Images , 2010
- [12] “Facial Action Tracking (Face Recognition Techniques) Part 1”,
 [http://what-when-how.com/face-recognition/facial-action-tracking-face-
 recognition-techniques-part-1/](http://what-when-how.com/face-recognition/facial-action-tracking-face-recognition-techniques-part-1/)
- [13] Jörgen Ahlberg, “CANDIDE-3– AN UPDATED PARAMETERISED FACE”, SE-581
 83 Linköping, SWEDEN, January 2011