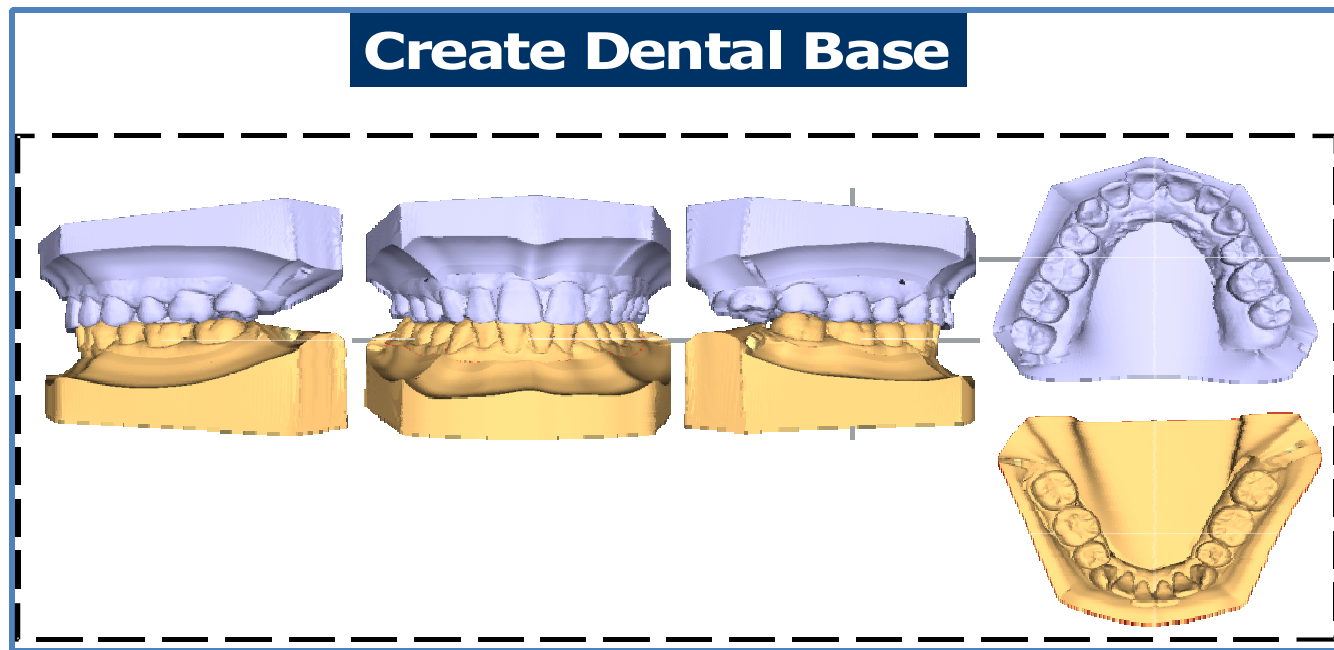


อัลกอริทึมสำหรับสร้างฐานแบบจำลองฟันเสมือน

จริง 3 มิติ



จันทร์จิรา สีนทะโยธิน, นลพรธ วงแหวน, วิศรุต พลสิทธิ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

27/9/10

Scope of presentation

- **Introduction**

- **Methodology**

- ❖ ออกแบบและพัฒนา GUI เพื่อให้ผู้ใช้สามารถ Interact กับวัตถุใน 3 มิติได้
 - ❖ การต่อเชื่อมพิมพ์พื้นเข้ากับโครงสร้างฐานแบบจำลองพื้น
 - ❖ การปิดช่องว่างระหว่างพิมพ์พื้นและฐานแบบจำลองพื้นในมุมมองด้านสบพื้น
 - ❖ การรวมพื้นผิวพื้นและฐานแบบจำลองพื้นให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- **Result**

- **Conclusion**

- **Acknowledgement**

27/9/10

Introduction (1)

แบบจำลองฟันปูนพลาสติกมีความสำคัญ และใช้เป็นตัวบันทึกข้อมูลลักษณะการเรียงฟันของผู้ป่วยที่มีความคงทนถาวรที่ต้องมีการทำให้ฐานเรียบ และรูปร่างไม่ผิดไปจากแบบที่กำหนดไว้ เพื่อช่วยในการตั้งวางแบบจำลองฟันปูนพลาสติกให้ง่ายขึ้น จะต้องมีการทำแบบพิมพ์ฟันที่ได้จากการกดแบบลงไปในช่องปากเพื่อทำเบ้าหล่อแบบจำลองฟัน จากนั้น จึงมีการหล่อฐานให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่กำหนดไว้ จัดตำแหน่งให้ดีเพื่อให้ได้แบบจำลองฟันพร้อมฐานอยู่ในตำแหน่งที่ควรจะเป็น ซึ่งการจัดตำแหน่งแบบพิมพ์ฟันให้เข้ากับฐานที่ต้องเสียเวลาหล่อและ การแต่งให้เรียบ ซึ่งกินเวลานาน มีค่าใช้จ่ายสูง และยุ่งยากในการเตรียมแบบและจัดตำแหน่ง นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายของการหล่อแบบจำลองฟัน ต้องมีการเลื่อยเส้น และ กลึงชิ้นงานด้วยมือซึ่งเป็นขั้นตอนที่กินเวลามาก และ เสี่ยงที่ผลงานจะออกมาไม่ได้รูปร่าง และ/หรือได้ขนาดที่ผิดไปจากที่กำหนดไว้ แม้ภายหลังจะมีการคิดวิธีให้ทำแบบจำลองฟันได้ง่ายกว่าเดิมแต่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษเข้าช่วยจัดตำแหน่งและ เครื่องเปรียบเทียบตำแหน่ง แต่ก็ยังคงความยุ่งยากในการปรับแต่งฐานให้เข้ากับแบบจำลองฟันอยู่ดี



Image References

<http://nissin-dental.net/products/educationalmodels/parts/H12-A/index.html>

<http://www.rosethhospital.com/svs2.htm>

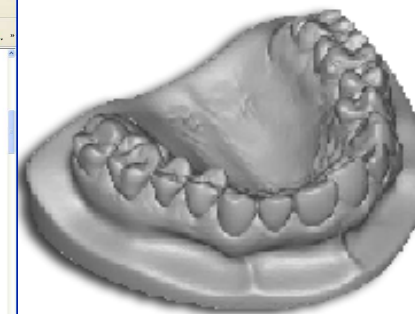
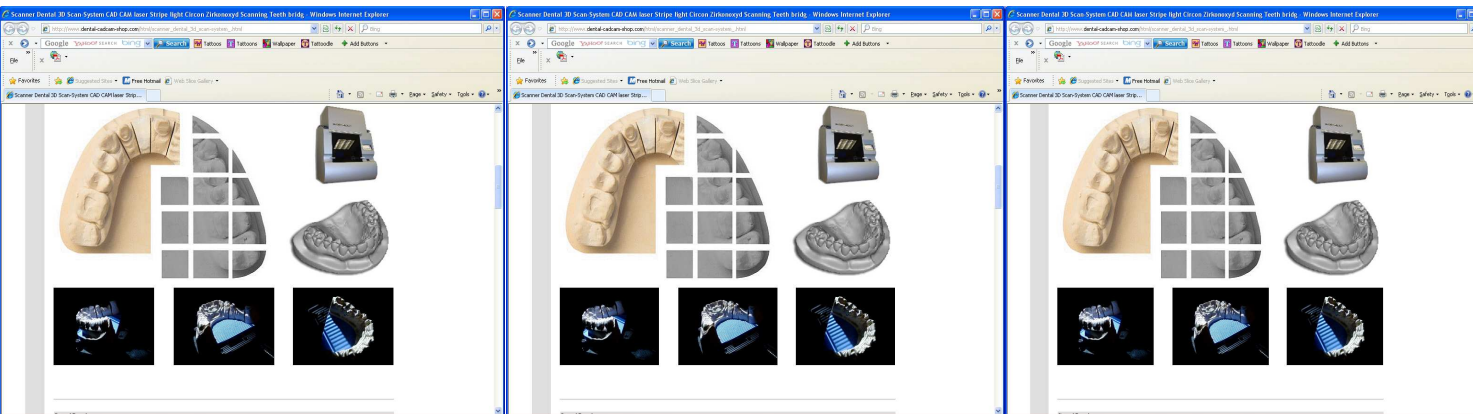
<http://www.adavb.net/FrequentlyAskedQuestions/CareersinDentistry/DentalTechnician/tabid/233/language/en-AU/Default.aspx#tHKukPfqsFxc>

<http://www.instituttraining.com/10301TableofContents3.php>

27/9/10

Introduction (2)

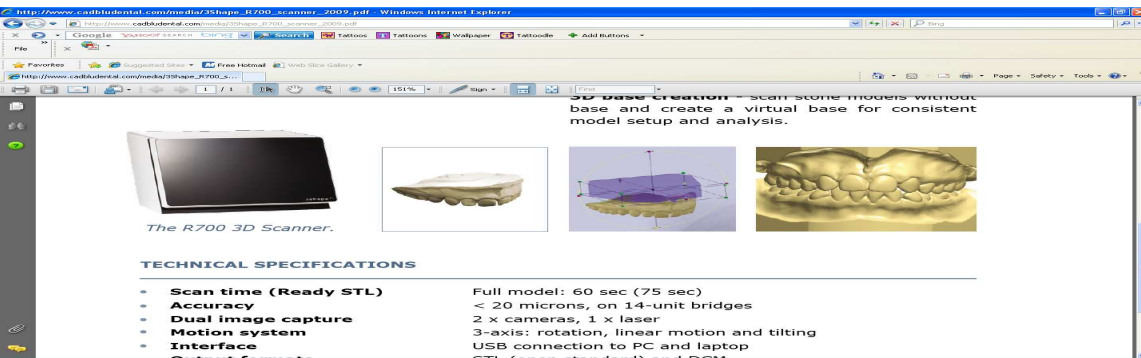
ในต่างประเทศ ได้มีความพยายามจะลดการเก็บแบบจำลองฟัน
ปูนปลาสเตอร์ของผู้ป่วย และ แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ด้วย
การสแกนแบบจำลองฟันปูนปลาสเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล แต่
เนื่องจากข้อจำกัดในการสแกน และเวลาที่ใช้ในการสแกน ประกอบกับ
แบบจำลองฟันปูนปลาสเตอร์ส่วนใหญ่ ไม่ได้มีการต่อฐานมาก่อน โดย
ปกติจึงจะทำการสแกนในบริเวณเฉพาะตัวฟันเท่านั้น



27/9/10

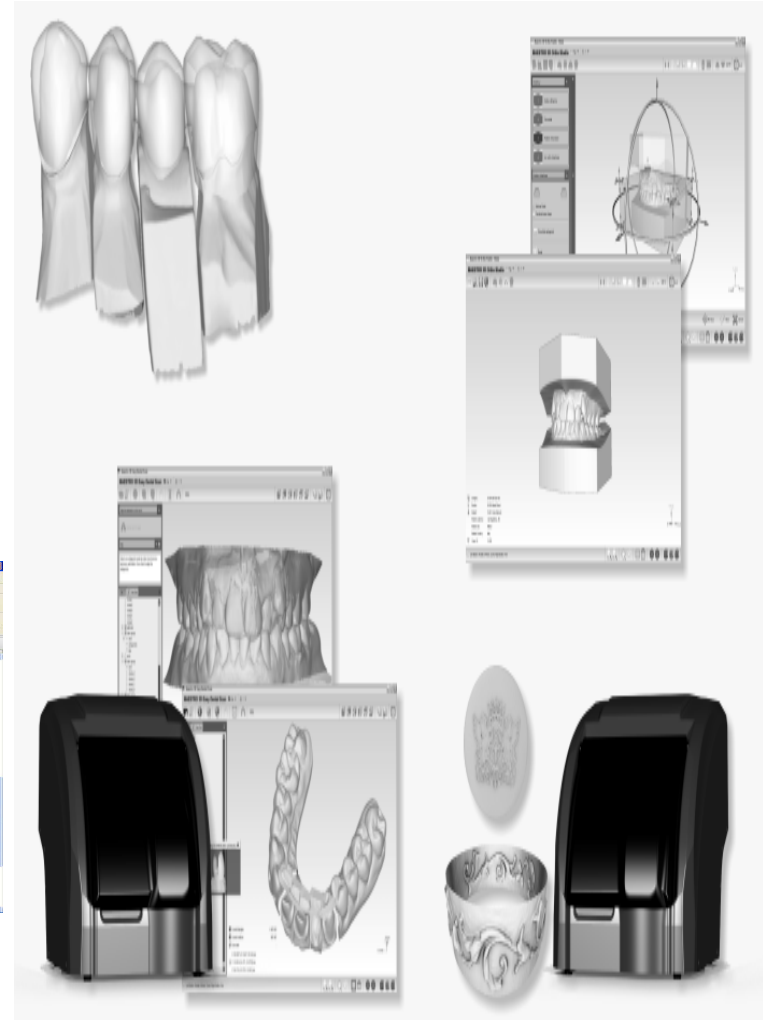
Introduction (3)

ถึงแม้ว่าจะมีซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์หลายตัวที่สามารถสร้างฐานแบบจำลองเสมือนจริงได้เช่นกัน แต่ก็ยังเป็นซอฟต์แวร์ที่มีราคาสูง และส่วนใหญ่จะมาเพียง 1 license พร้อมกับเครื่องสแกน 3 มิติ อาทิเช่น Ortho Studio สำหรับ Maestro 3D dental scanner [1], 3Shape OrthoAnalyzerTM 2010 สำหรับ 3Shape Scanner [2], และอื่นๆ.



3Shape OrthoAnalyzer™ 2010 for 3Shape Scanner

27/9/10

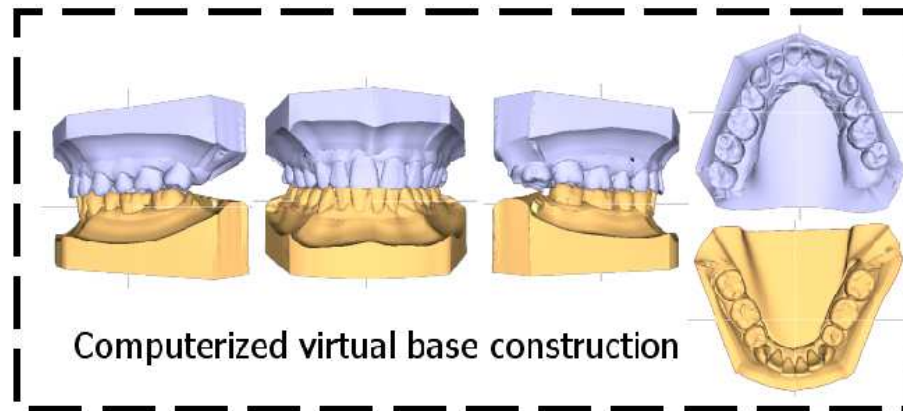


Maestro 3D dental scanner

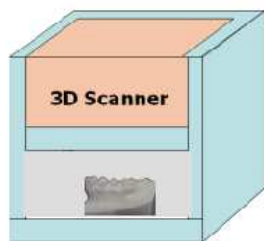
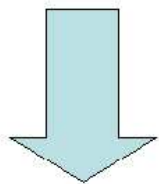
Methodology (1)



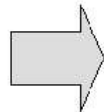
Dental cast made from Plaster of Paris



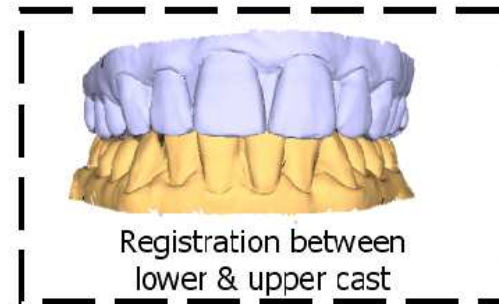
Computerized virtual base construction



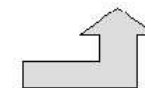
3D Scanner



3D upper/lower dental casts in STL format



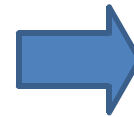
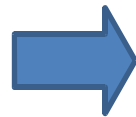
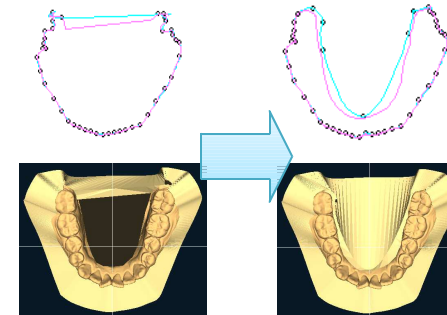
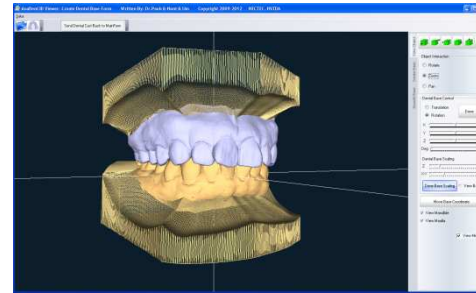
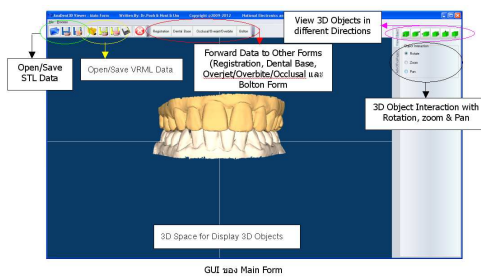
Registration between lower & upper cast



27/9/10

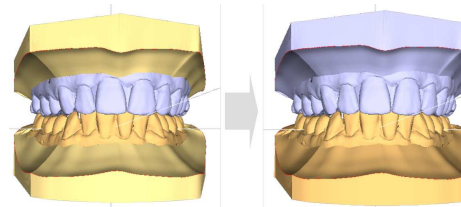
ภาพรวมของการสร้างฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง 3 มิติ

Methodology (2)



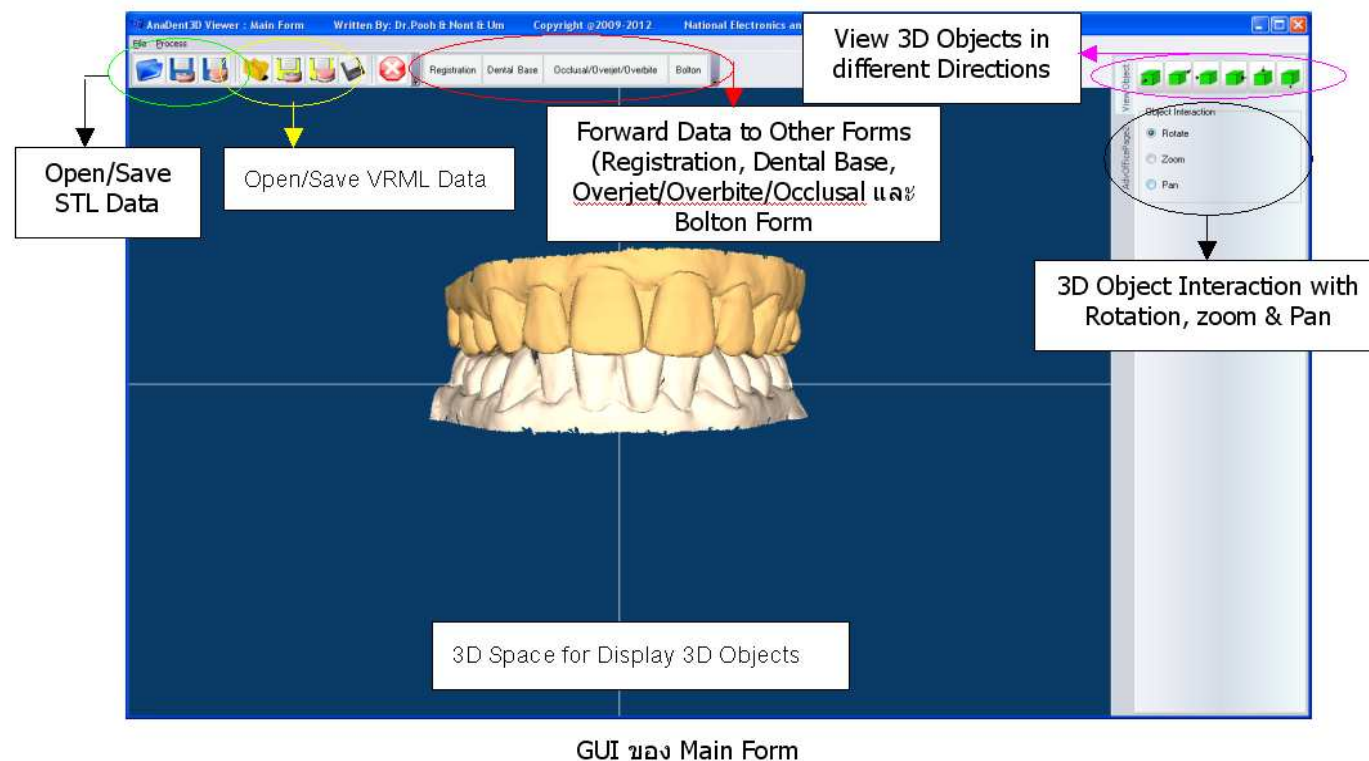
2 อัลกอริทึมการสร้างฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง สำหรับพิมพ์ฟันบนและล่างในระบบดิจิทัล พัฒนาด้วย C++ Builder และไลบรารี OpenGL เริ่มจากไฟล์พิมพ์ฟัน 3 มิติ ที่ได้มาจากเครื่องสแกน 3 มิติ และบันทึกในรูปแบบ STL (Stereo lithographic) จากนั้นจึงนำพิมพ์ฟันบน และ พิมพ์ฟันล่าง มาทำการวางในตำแหน่งของการสบฟันที่ถูกต้องด้วยเทคนิคที่ชื่อว่า Registration จากนั้นจึงจะออกแบบฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง (Virtual bases) ในตำแหน่งเดียวกับที่พิมพ์ฟันบนและล่างอยู่ จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการสร้างฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริงใน 3 มิติ

3. Space filling algorithm



Methodology (3)

1. ออกแบบและพัฒนา GUI เพื่อให้ผู้ใช้สามารถ Interact กับวัตถุใน 3 มิติได้



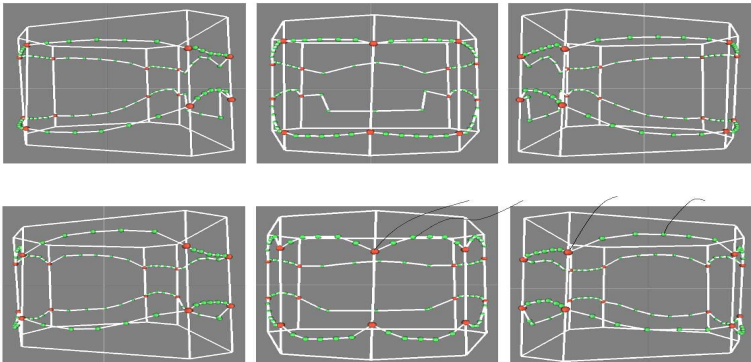
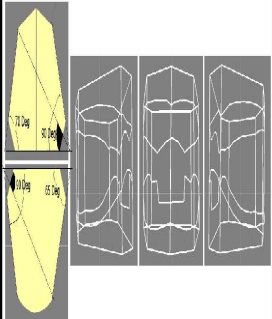
เริ่มต้นด้วยการนำเอาพิมพ์ฟันบน (Maxilla) และพิมพ์ฟันล่างที่เป็นไฟล์ STL ใน 3 มิติ เข้ามาในโปรแกรม ในการพัฒนา เราจะออกแบบ GUI (Graphics User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย สามารถที่จะหมุน เคลื่อนที่ ขยาย วัตถุใน 3 มิติได้

27/9/10

Methodology (4)

2. การต่อเชื่อมพิมพ์ ฟันเข้ากับโครงสร้าง ฐานแบบจำลองฟัน

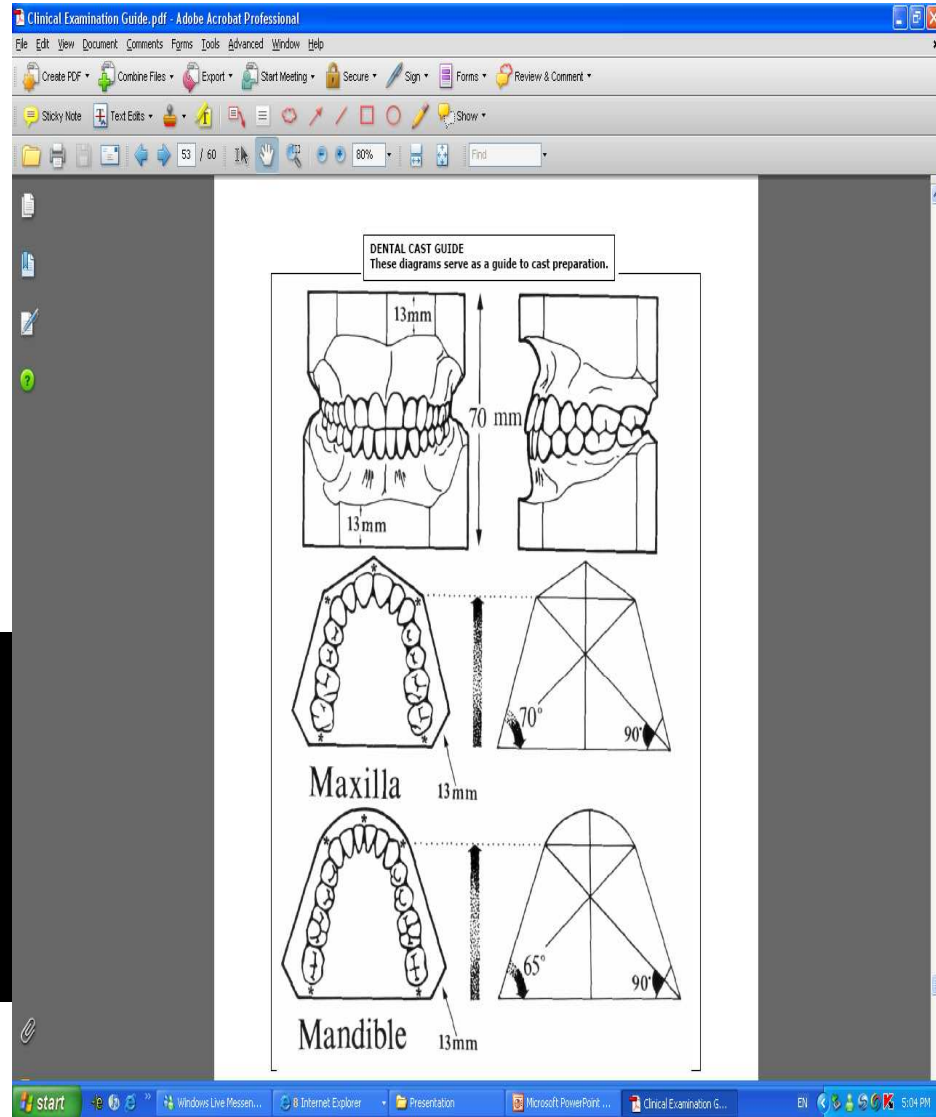
Create the virtual bases
following the dental
cast guide



โครงสร้างของฐานแบบจำลองฟันบนและล่าง ที่มีความสัมพันธ์กันใน

27/9/10

เรียงของขนาด และตำแหน่งในมุมมองต่างๆ



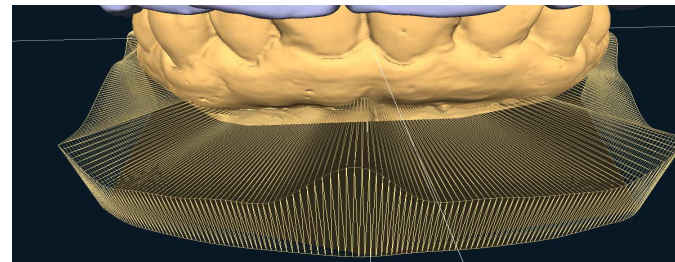
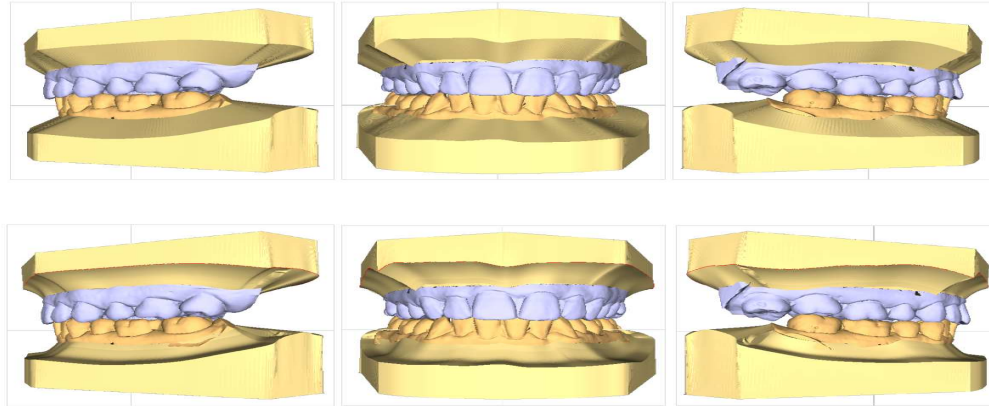
Methodology (5)

2. การต่อเชื่อมพิมพ์ ฟันเข้ากับโครงสร้าง ฐานแบบจำลองฟัน

วางพิมพ์ฟันบน-ล่างเข้าไปในฐานแบบ
จำลองฟัน และคำนวณหาจุดสำคัญที่จะ
ทำการเชื่อมฐานฟันเข้ากับตัวพิมพ์ฟัน

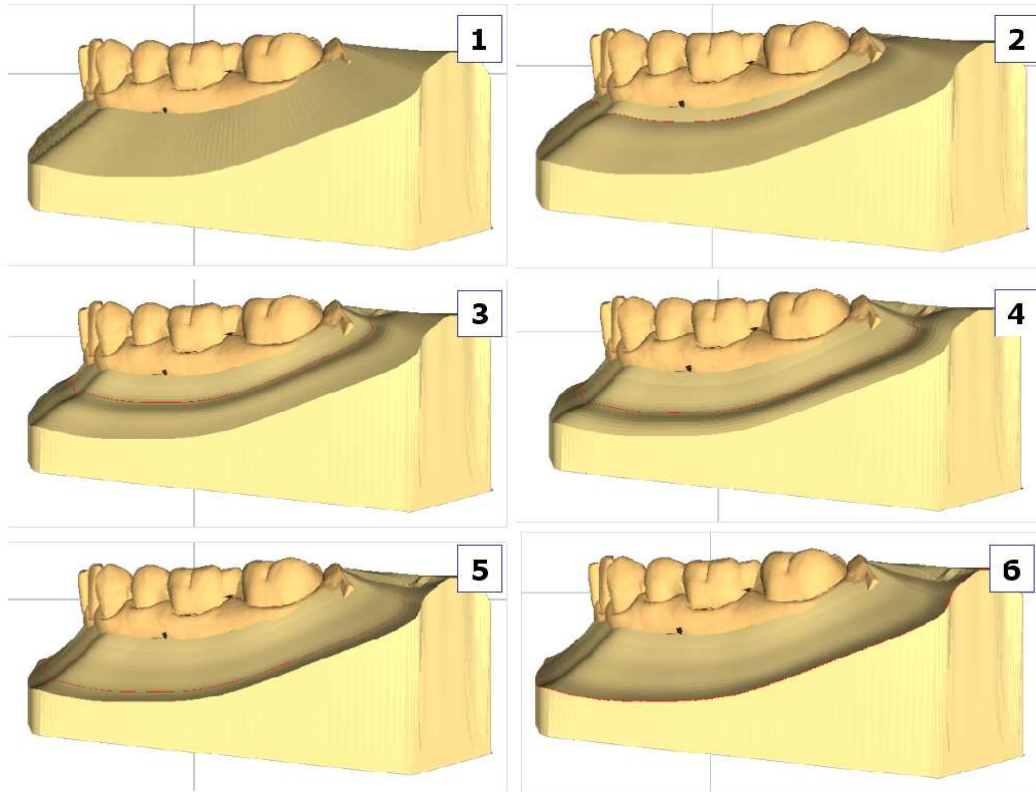
เชื่อมพิมพ์ฟันเข้ากับฐาน ในรูปแบบ Texture

ระบบจะทำการคำนวณระนาบเฉลี่ยสำหรับฟันบน และระนาบเฉลี่ยสำหรับฟันล่าง ที่เกิดจากปุ่มหลักและปุ่มย่อยดัง
กล่าวอัตโนมัติ โดยระนาบเฉลี่ยนี้จะมีผลต่อการหาจุดบนพิมพ์ฟันอย่างอัตโนมัติ ที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับปุ่มหลักและปุ่ม
ย่อย และขนานไปกับระนาบเฉลี่ย จากนั้น ระบบจะทำ Fit ปุ่มหลักและปุ่มย่อยที่อยู่บนฐานแบบจำลองฟัน และ จุด
หลักและจุดย่อยที่อยู่บนผิวฟัน โดยใช้ คิวบิกสไปไลน์ในการวาดเส้นโค้งต่อเชื่อม จุดต่างๆ เหล่านี้ โดยเทคนิคคิว
บิกสไปไลน์จะใช้สำหรับการสร้างเส้นโค้งให้ไปตามตำแหน่งจุดหลักและ
จุดย่อย โดยเทคนิคคิวบิกสไปไลน์ จะประกอบไปด้วยเส้นโค้งโพลีโนเมียล
หลายๆ โค้งมาประกอบกัน ณ.ตำแหน่งจุดวิเคราะห์ ที่เรียกว่า knot ซึ่งใน
การประดิษฐ์นี้ ก็คือ จุดหลักและจุดย่อยนั่นเอง โดยในที่นี้ได้พัฒนาเทคนิค
คิวบิกสไปไลน์ [4-6] จากนั้นระบบจึงทำการต่อเชื่อม ปุ่มหลักและปุ่มย่อย
รวมทั้งส่วนโค้งคิวบิกสไปไลน์บนฐานแบบจำลองฟันไปยัง จุดหลักและจุด
ย่อยรวมทั้งส่วนโค้งคิวบิกสไปไลน์บนพิมพ์ฟันอย่างอัตโนมัติ เพื่อให้ฐาน
ของแบบจำลองฟันต่อเชื่อมไปยังพิมพ์ฟันนั่นเอง



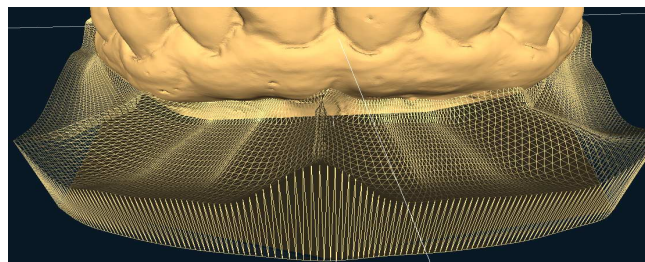
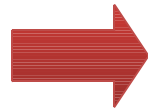
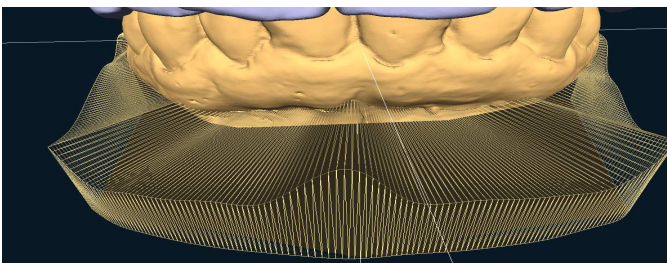
Triangular primitives connected to form bridge

Methodology (6)



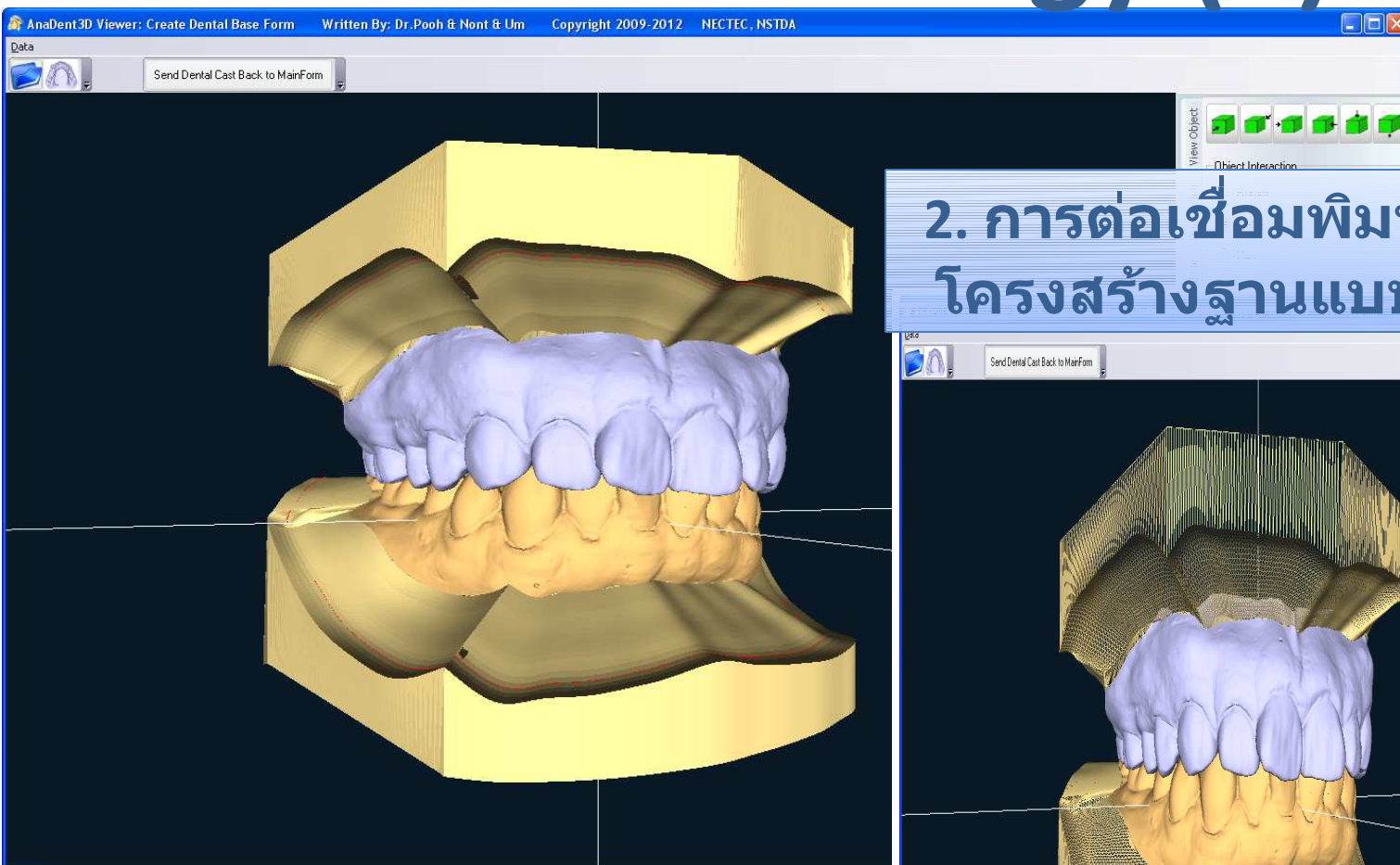
2. การต่อเชื่อมพิมพ์ฟันเข้ากับ โครงสร้างฐานแบบจำลองฟัน

ผู้ใช้ เลือกที่จะกำหนดช่วงความโค้ง ว่าจะให้ความโค้งกี่ระดับ สมมติให้ผู้ใช้สามารถปรับระดับความโค้งของระนาบเชื่อมต่อระหว่างพิมพ์ฟันและแบบจำลองฟันได้ 4 ระดับ และระหว่างระดับทั้ง 4 ก็จะถูกระบบเชื่อมด้วยเส้นโค้งคิบบิกสไปลน์ เพื่อให้ระนาบเชื่อมต่อระหว่างพิมพ์ฟันและแบบจำลองฟันมีความโค้งที่สมจริงมากขึ้น โดย User สามารถกดเส้นโค้งให้ยุบลงไปจากพื้นผิวเดิม ทำเช่นนี้เรื่อยไป กับ Step ถัดๆ ไป ทั้งนี้ แนวการเคลื่อนที่ของแต่ละ step ที่จะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงนั้น ระบบจะบังคับให้แต่ละ step เคลื่อนที่ในแนวตั้งจากกับระนาบเชื่อมต่อระหว่างพิมพ์ฟันและแบบจำลองฟันซึ่งเป็นระนาบเริ่มต้นเท่านั้น เพื่อให้ง่าย และสะดวก ต่อการควบคุมโดยผู้ใช้งาน



27/9/10

Methodology (7)

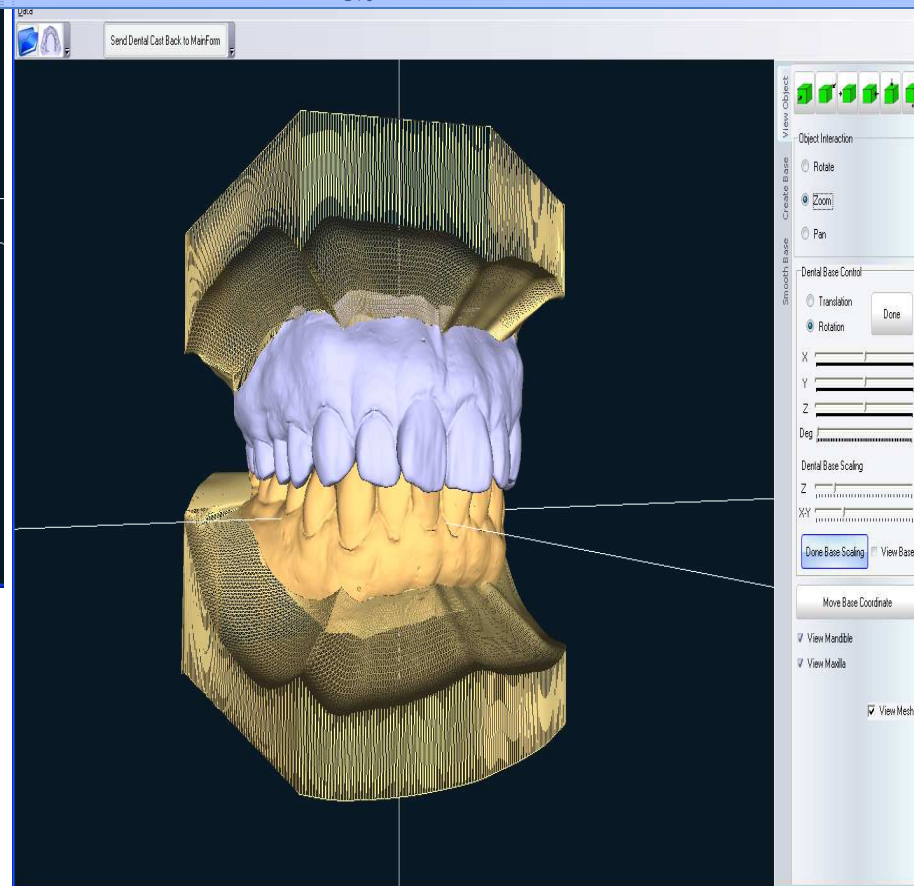


Textur

27/9/10

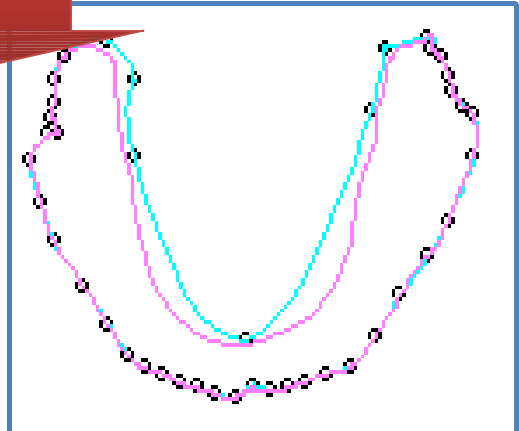
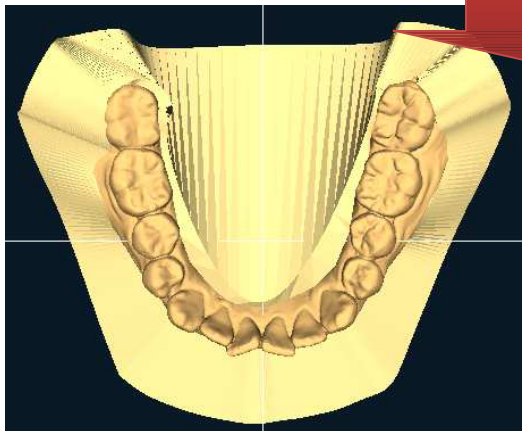
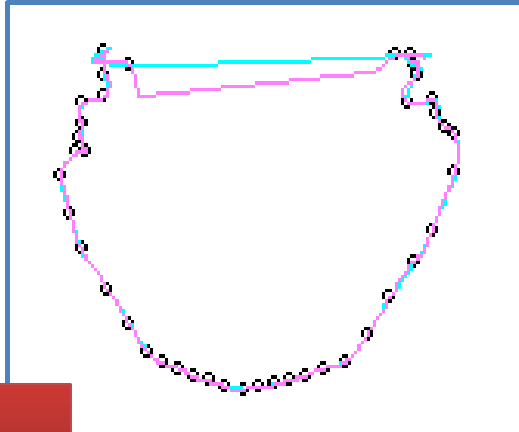
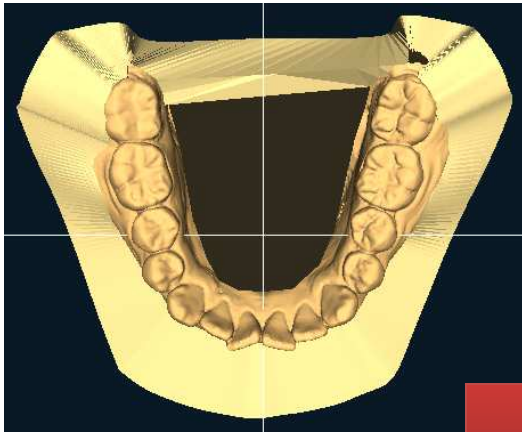
Mesh

2. การต่อเชื่อมพิมพ์ฟันเข้ากับ โครงสร้างฐานแบบจำลองฟัน



Methodology (8)

3. การปิดช่องว่างระหว่างพิมพ์ฟันและฐานแบบจำลองฟันในมุมมองด้านสบฟัน



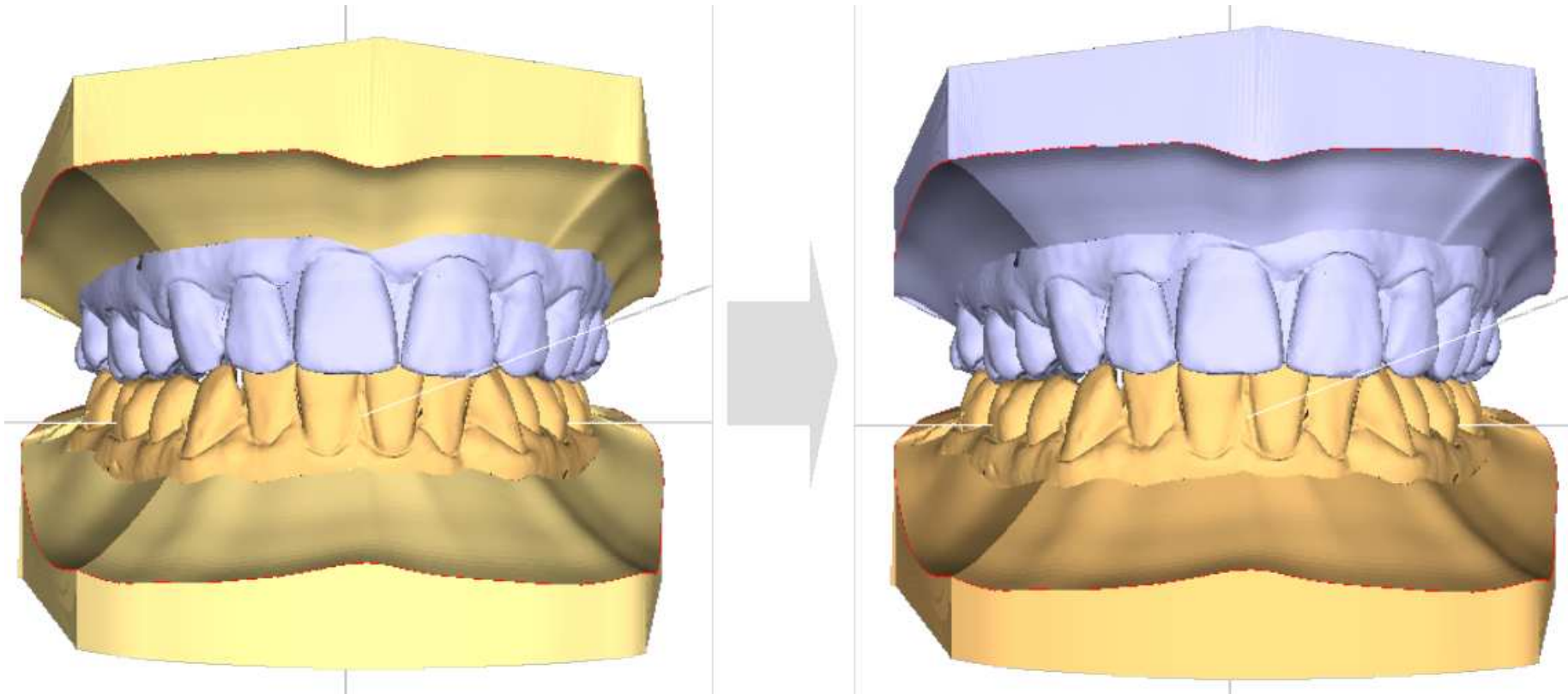
ระบบ จะทำการ Projection รอยเชื่อมต่อระหว่างปุ่มหลักและปุ่มย่อยบนฐานแบบจำลองฟัน และจุดหลักและจุดย่อยบนพิมพ์ฟันในทิศทางด้านบนของฟัน (ระนาบเดียวกับระนาบการสบฟัน) ให้เป็นภาพใน 2 มิติ ซึ่งในส่วนของการ Projection 2 มิตินี้ ระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถทำการควบคุมตำแหน่งของ ปุ่มหลักและปุ่มย่อยของฐานแบบจำลองฟัน ให้เคลื่อนที่ในแนวระนาบของการสบฟัน และระบบจะทำการคำนวณตำแหน่งของจุดหลักและจุดย่อยบนผิวฟันตลอดจนเส้นโค้งคิวกิสไปลงให้ใหม่ พร้อมทั้งทำการต่อเชื่อมพิมพ์ผิวฟันเข้ากับฐานแบบจำลองฟันให้ใหม่

ปิดช่องว่างโดยระบบจะปรับตำแหน่งจุดสำคัญในแนวระนาบ และควบคุมการปิดพื้นผิวของฐานแบบจำลองฟันโดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดสำคัญ

27/9/10

Methodology (9)

4. การรวมพื้นผิวฟันและฐานแบบจำลองฟันให้เป็นเนื้อเดียวกัน



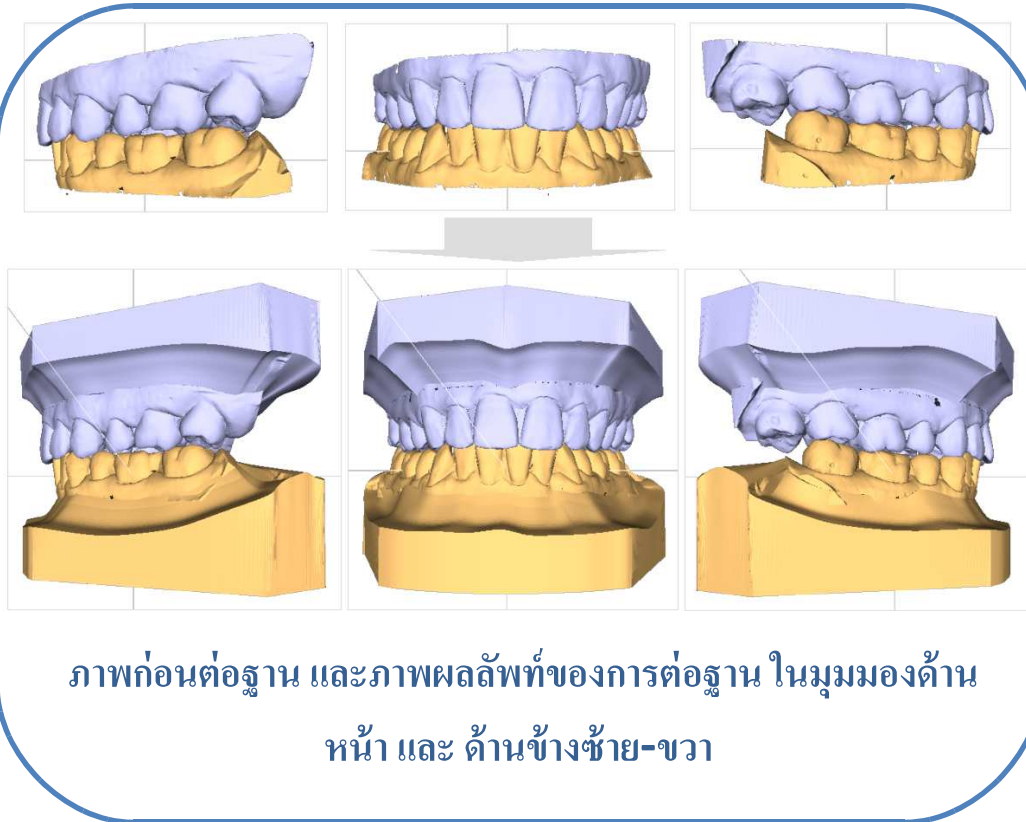
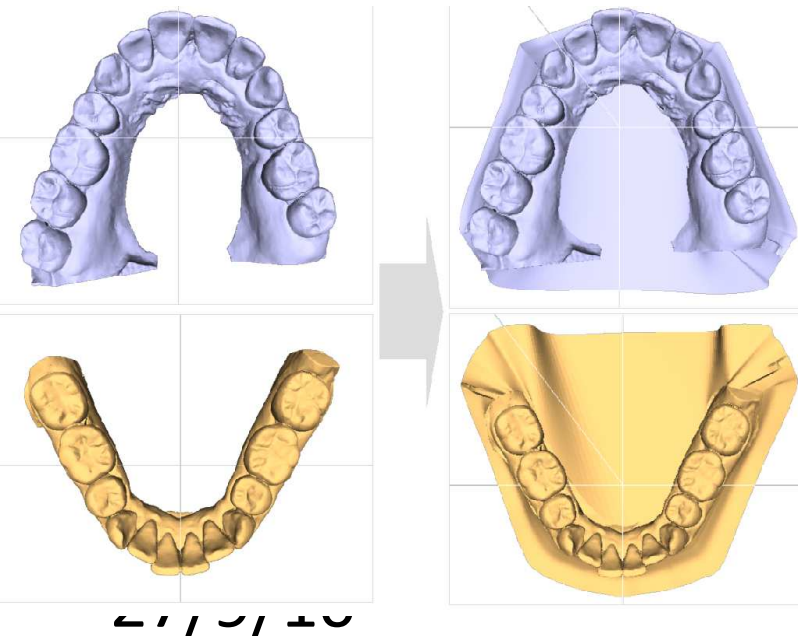
แสดงภาพก่อนต่อฐาน และภาพผลลัพธ์ของการต่อฐาน ในมุมมองด้านหน้า และ ด้านข้าง

27/9/10

ซ้าย-ขวา

Result

จากการสอบถามความคิดเห็นของ
ทันตแพทย์ จากการอบรมเชิงปฏิบัติการ
AnaDent3D พบว่า 90% ของ
ทันตแพทย์พึงพอใจกับกับผลลัพธ์ของ
การต่อฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง
เมื่อเปรียบกับผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์เชิง
พาณิชย์อื่นๆ ที่อยู่ในท้องตลาด



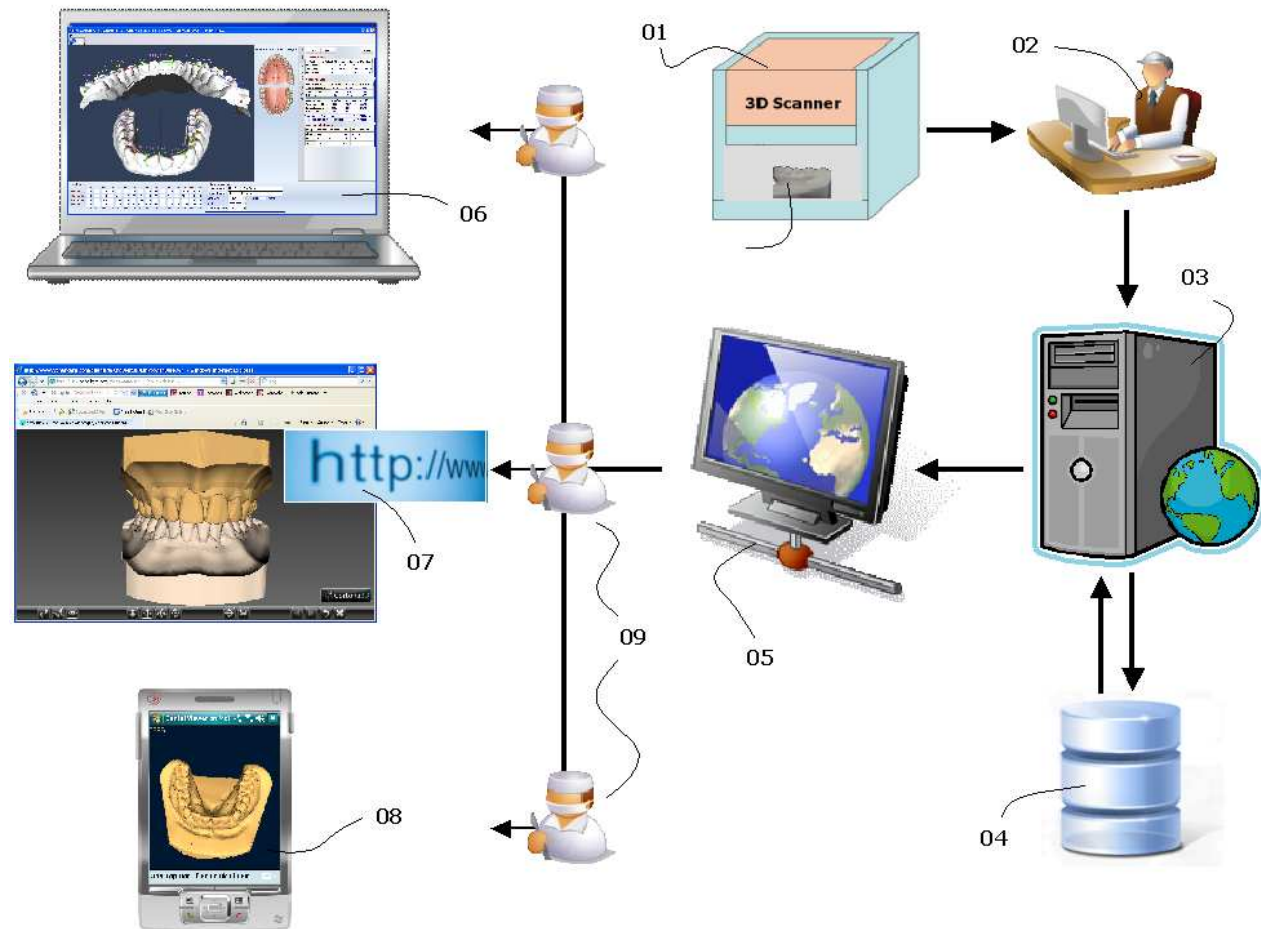
ภาพก่อนต่อฐาน และภาพผลลัพธ์ของการต่อฐาน ในมุมมองด้าน
หน้า และ ด้านข้างซ้าย-ขวา

ภาพก่อนต่อฐาน และภาพผลลัพธ์ของการต่อฐาน
ในมุมมองด้านบนสำหรับฟันล่าง และ ด้านล่าง
สำหรับฟันบน

Conclusion

อัลกอริทึมสำหรับการสร้างฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง 3 มิตินี้ได้ถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม AnaDent3D Viewer ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ช่วยวิเคราะห์แบบจำลองฟันดิจิทัล 3 มิติที่ตนเอง ซึ่งจากการสอบถามความคิดเห็นของทันตแพทย์ ในงานอบรมเชิงปฏิบัติการ AnaDent3D พบว่า 90% ของทันตแพทย์พึงพอใจกับผลลัพธ์ของการต่อฐานแบบจำลองฟันเสมือนจริง แต่ติว่าการใช้งานของโปรแกรมายังค่อนข้างยาก ส่วนอีก 10% เห็นว่าเฉพาะตัวฟันที่แสดง ก็เพียงพอต่อการเก็บ และวิเคราะห์แล้ว ส่วนของฐานฟันที่เพิ่มขึ้นมา เพียงช่วยในเรื่องของการจัดวางและความสวยงามเท่านั้น แต่ไม่ถึงกับมีความจำเป็นมากนักในการวิเคราะห์ผล

Anadent3D System (Anadent3D Database, Anadent3D Viewer & Anadent3D on Mobile)



Acknowledgement

**การพัฒนาอัลกอริทึมนี้เกิดขึ้นภายใต้โครงการ AnaDent3D:
ระบบสำหรับการแปลง จัดเก็บและวิเคราะห์แบบจำลองฟันดิจิทัล
ได้รับทุนสนับสนุนจากโปรแกรมซอฟต์แวร์ประยุกต์เพื่อ
สารสนเทศและอุปกรณ์เคลื่อนที่ (IMA), Cluster SME ศูนย์
เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)**

27/9/10