



**การศึกษาการแผ่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือ
และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลต่อศีรษะของมนุษย์**

โดย

- 1. นางสาวนันทนา น้ำใจ B4701828**
- 2. นางสาวเยาวลักษณ์ นันทเปียง B4703181**

**รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 วิศวกรรมโทรคมนาคม
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2550
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

โครงการ	การศึกษาการแพร่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์บลูทูธ ที่ส่งผลต่อสรีระของมนุษย์
จัดทำโดย	นางสาวนันทนา น้ำใจ นางสาวเขวาลักษณ์ นันเปียง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อูทวารสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	1/2550

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมนุษย์ใช้โทรศัพท์กันเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือ นักวิจัยหลายๆ
หน่วยงาน ได้พยายามศึกษาผลกระทบของการใช้โทรศัพท์มือถือที่มีต่อมนุษย์ และได้พบว่าการใช้
โทรศัพท์มือถือมีผลกระทบต่อมนุษย์มากมาย เช่น มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์
ของมนุษย์ ทำให้การซ่อมแซมดีเอ็นเอในร่างกายเสื่อมสภาพ และมีความเป็นไปได้ที่จะเกิด
เนื้องอกหรือมะเร็งที่สมอง ในกรณีศึกษาผู้ป่วยซึ่งเป็นมะเร็งสมองพบว่าเนื้องอกที่สมองมี
ความสัมพันธ์กับการใช้โทรศัพท์มือถือ โดยผู้ป่วยที่เป็นเนื้องอกในสมองจะเป็นข้างเดียวกับข้างที่
ใช้โทรศัพท์มือถือ ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธมาช่วยลดผลกระทบดังกล่าว แต่
คำถามที่ยังหาคำตอบไม่ได้ก็คือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่นำมาใช้นั้นมีผลกระทบต่อสมองมนุษย์
หรือไม่อย่างไร ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ศึกษาผลกระทบของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่มีต่อสมอง
มนุษย์รวมถึงส่วนประกอบต่างๆที่อยู่ในโครงสร้างสรีระมนุษย์เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการใช้
โทรศัพท์มือถือโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการเพื่อการศึกษาการแผ่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลต่อศิระษะของมนุษย์นี้ ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มากมาย โครงการงานชิ้นนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องด้วยความกรุณาของบุคคลหลายท่านที่คอยช่วยเหลือและคอยให้คำปรึกษารวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอแสดงความขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งบุคคลเหล่านั้นประกอบด้วย

อาจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และแนะนำในทุกๆ ด้าน รวมถึงการให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามงานและแนะแนวทางในการเขียนรายงาน ให้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

อาจารย์ ดร.พีรพงษ์ อุฑารสกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้าน รวมถึงการสอนการใช้งานโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 เบื้องต้น และให้ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ เพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลองของทั้งสองอุปกรณ์

คุณมนิรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำหรับคำแนะนำในการจัดทำรายงาน

ขอขอบคุณการสนับสนุนจาก The University of Queensland สำหรับการเอื้อเฟื้อในการใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5

เพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือที่ดีทุกๆ ด้านตลอดจนกำลังใจที่มอบให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดมา

สุดท้ายผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งเป็นผู้ให้โอกาสทางการศึกษาและคอยสนับสนุน รวมทั้งกำลังใจที่คอยมอบให้ตลอดมาอย่างหาที่เปรียบมิได้

ผู้จัดทำ

นางสาวนันทนา น้ำใจ
นางสาวเยาวลักษณ์ นันเปียง

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1	ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3	ขอบเขตการทำงาน	1
1.4	ขั้นตอนการทำงาน	1

บทที่ 2 โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และ โครงสร้างหุ้มมนุษย์

2.1	โทรศัพท์มือถือ (Mobile)	3
2.1.1	บทนิยาม	4
2.1.2	ส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ	4
2.1.3	หลักการทำงานของโทรศัพท์มือถือ	6
2.1.4	การแบ่งคลาสการทำงาน	6
2.2	อุปกรณ์บลูทูธ (Bluetooth Applications)	7
2.2.1	ระยะทำการ	7
2.2.2	เทคโนโลยีบลูทูธ	8
2.2.3	อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson HBH-60	8
2.2.4	S พารามิเตอร์	10
2.3	โครงสร้างของศีรษะมนุษย์	11
2.3.1	สมองส่วนหน้า	12
2.3.2	สมองส่วนกลาง	13
2.3.3	สมองส่วนหลัง	13

บทที่ 3 การใช้งานโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 เบื้องต้น

3.1	การเริ่มสร้างแบบจำลอง	16
3.2	การสร้างวัสดุ Material	17
3.3	Load from Material Library	18
3.4	การสร้างองค์ประกอบ Components	18
3.5	การกำหนดหน่วย Units	19
3.6	การกำหนดความถี่ Frequency	19

3.7 การกำหนดขอบเขต Boundary Conditions	20
3.8 การป้อนพลังงานโดยการกำหนดพอร์ต	21
3.8.1 Waveguide Port	21
3.8.2 Discrete Port	22
3.9 การกำหนด Field Monitors	23
3.10 การประมวลผล	24
3.11 การคำนวณ SAR: Specific Absorption Rate	25
3.12 การสร้างรูปทรงพื้นฐาน (Basic Shape Creation)	26
3.12.1 การสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม (Brick)	26
3.12.2 การสร้างรูปทรงกลม (Sphere)	30
3.12.3 การสร้างรูปทรงกระบอก (Cylinder)	31
3.12.4 การสร้างรูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี (Elliptical Cylinder)	34
3.12.5 การสร้างรูปทรงกรวย (Cone)	36
3.12.6 การสร้างรูปทรงขนมโดนัท (Torus)	36
3.13 เครื่องมือที่ใช้ในการเลือกขอบหรือผิววัสดุ (pick tool)	37
3.14 การลบคมและการเอียงขอบ (Blend and Chamfer Edges)	37
3.14.1 การลบคม (Blend Edge)	37
3.14.2 การเอียงคม (Chamfer Edges)	38
3.15 วิธีการทำงานของบูลีน (Boolean Operations)	39
3.15.1 วิธีการรวมวัสดุ (Add Mode)	39
3.15.2 วิธีการลบวัสดุออก (Subtract Mode)	40
3.15.3 วิธีการตัดเอาส่วนที่อยู่ร่วมกันของวัสดุ (Intersect Mode)	40
3.15.4 วิธีการแทรกวัสดุ (Insert Mode)	41

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5

4.1 แบบจำลองศีรษะมนุษย์	42
4.1.1 ผิวหนัง (Skin)	42
4.1.2 ไขมัน (Fat)	42
4.1.3 กะโหลกศีรษะ (Skull)	42
4.1.4 เลือด (Blood)	43
4.1.5 สมอง (Brain)	43

4.2	แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ	44
4.3	วิเคราะห์ผลกระทบจากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือที่มีต่อศิษษมนุษย์	47
4.4	แบบจำลองของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ	52
4.5	วิเคราะห์ผลกระทบจากแบบจำลองชุดหูฟังบลูทูธที่มีต่อศิษษมนุษย์	55
4.6	การเปรียบเทียบค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดซับโดยชั้นต่างๆ ในศิษษมนุษย์	59

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1	บทสรุป	60
5.2	ปัญหาและอุปสรรค	61
5.3	ข้อเสนอแนะ	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือได้เข้ามามีบทบาทกับมนุษย์เป็นอย่างมาก จึงเสมือนเป็นอีกปัจจัยหลักเพื่อความสะดวกสบายและรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร นักวิจัยหลายๆ หน่วยงานจึงได้พยายามศึกษาผลกระทบของการใช้โทรศัพท์มือถือที่มีต่อมนุษย์

โครงการนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการแผ่กระจายคลื่นไมโครเวฟเข้าสู่ศีรษะมนุษย์เพื่อดูปริมาณความแรงของพลังงานที่แผ่ออกมามีมากน้อยเพียงใดและสมองจะมีพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟแผ่มาถึงหรือไม่ แล้วถ้าใช้อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธจะช่วยลดผลกระทบดังกล่าวได้จริงหรือไม่ ซึ่งในโครงการนี้การทำงานทั้งหมดจะทำการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นการจำลองศีรษะมนุษย์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ เพื่อแสดงผลเป็นภาพกราฟิกที่มีความแตกต่างของระดับสีที่ใช้ในการแสดงค่าความแรงของพลังงานที่แผ่กระจายออกมา เพื่อประโยชน์ในการศึกษาและให้เห็นถึงผลกระทบของอุปกรณ์ทั้งสองที่ได้กล่าวมาแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาการแผ่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลกระทบต่อศีรษะของมนุษย์

1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. ศึกษาข้อมูลของศีรษะมนุษย์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ
2. สร้างแบบจำลองศีรษะมนุษย์ และโทรศัพท์มือถือ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
3. ทดสอบอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธแทนโทรศัพท์มือถือด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปพร้อมดูผลที่เกิดขึ้น

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาค้นหาหาข้อมูล โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และศีรษะของมนุษย์
2. ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. เขียนแบบเสนอโครงการและนำเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
4. สร้างแบบจำลองโทรศัพท์มือถือ

5. สร้างแบบจำลองบลูทูธ
6. สร้างแบบจำลองศีรษะมนุษย์
7. ทดสอบการใช้โทรศัพท์มือถือกับศีรษะมนุษย์จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น
8. วิเคราะห์ผลของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกจากโทรศัพท์มือถือที่มีต่อศีรษะมนุษย์
9. ทดสอบการใช้อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธกับศีรษะมนุษย์จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น
10. วิเคราะห์ผลของพลังงานที่ออกจากอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่มีต่อศีรษะมนุษย์
11. เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลของโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ ที่มีต่อศีรษะมนุษย์
12. เขียนรายงาน
13. นำเสนอโครงการ

บทที่ 2

โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และ โครงสร้างศีรษะมนุษย์

ในบทที่ 2 นี้จะศึกษาถึงเรื่องของโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในส่วนของหัวข้อโทรศัพท์มือถือจะกล่าวถึงบทนิยาม ระยะเวลาการทำงาน โครงสร้างของมือถือ การแบ่งคลาส และหลักการทำงาน ซึ่งในส่วนของหัวข้ออุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีรวมถึงการแบ่งคลาส และระยะเวลาการทำงาน โดยในโครงงานนี้ ได้นำต้นแบบของโทรศัพท์มือถือมาจากโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธได้นำต้นแบบมาจากแบบจำลองของ Sony Ericsson รุ่น HBH-60 และในส่วนของโครงสร้างศีรษะมนุษย์จะกล่าวถึงรายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของศีรษะมนุษย์ เช่น สมอองกะโหลก เป็นต้น

2.1 โทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone)

โทรศัพท์มือถือ หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นอุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะเดียวกับโทรศัพท์บ้านแต่ไม่ต้องการสายโทรศัพท์จึงทำให้สามารถพกพาไปในที่ต่างๆ ได้ โทรศัพท์มือถือในปัจจุบันนอกจากจะมีคุณสมบัติในการสื่อสารทางเสียงแล้วยังมีความสามารถอื่นอีก เช่น สนับสนุนการสื่อสารด้วยข้อความ เช่น SMS การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต การสื่อสารด้วยแบบมัลติมีเดีย เช่น MMS นาฬิกา นาฬิกาปลุก นาฬิกาจับเวลา ปฏิทิน ตารางนัดหมาย สเปรดชีต โปรแกรมประมวลผลรวมไปถึงความสามารถในการรองรับแอปพลิเคชันของจาวาได้



รูปที่ 2.1 ลักษณะโทรศัพท์มือถือในรูปแบบต่างๆ [1]

2.1.1 บทนิยาม

โทรศัพท์มือถือ หมายถึง โทรศัพท์ที่ผู้ใช้สามารถพกพาไปได้อย่างอิสระ และติดต่อสนทนาภายในขอบเขตพื้นที่ให้บริการ

แบตเตอรี่ หมายถึง หมู่ของเซลล์ไฟฟ้าซึ่งต่อกันอย่างอนุกรม หรืออย่างขนาน หรือทั้งอนุกรมและขนาน

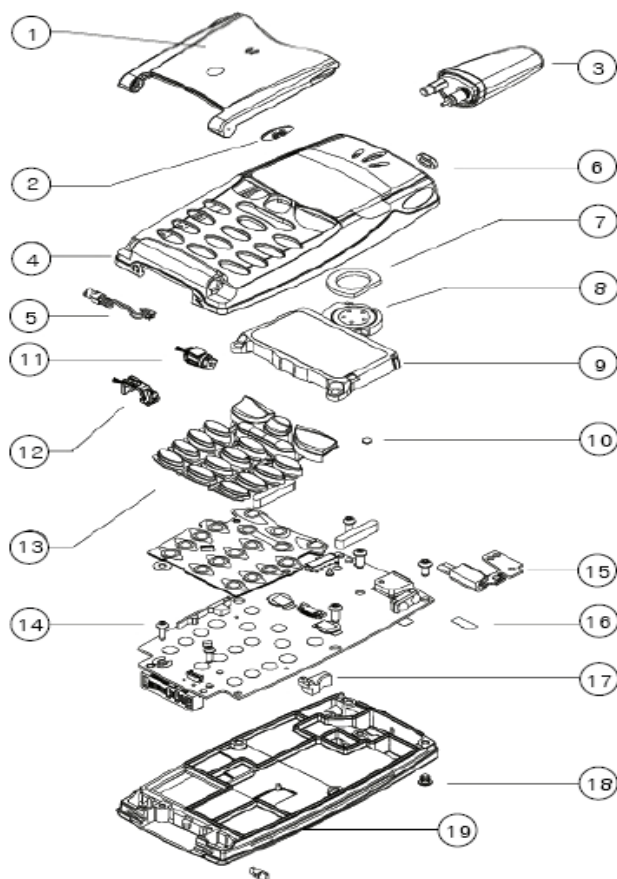
โทรศัพท์มือถือใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ซึ่งสามารถประจุไฟใหม่ได้ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ที่ใช้คือ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนซึ่งมีน้ำหนักเบาและแรงดันไม่ตก คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากโทรศัพท์มือถือส่วนมากใช้ระบบเซลลูลาร์ (Cellular) การส่งกำลังงานจะขึ้นอยู่กับระยะทางจากสถานีฐาน โดยสถานีฐานจะตรวจสอบระยะทาง และ ความแรงของสัญญาณ และปรับเพิ่มหรือลดระดับกำลังงานอัตโนมัติเพื่อให้เหมาะสมกับการส่งสัญญาณ

2.1.2 ส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ

เมื่อพิจารณาตามโครงสร้างทั่วไปของโทรศัพท์มือถือ สามารถแยกพิจารณาออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

- 1) ส่วนลำโพงและไมโครโฟน
- 2) ส่วนควบคุม (control part) ทำงานโดยอาศัยไมโครโปรเซสเซอร์ มีหน้าที่ดังนี้ คือ
 - ควบคุมสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ติดต่อกับสถานีฐาน
 - ควบคุมส่วนคลื่นวิทยุ
- 3) ส่วนคลื่นวิทยุ (radio part) ทำงานโดยอาศัยไมโครโปรเซสเซอร์ มีหน้าที่ดังนี้ คือ
 - เครื่องส่ง (Transmitter: Tx) ทำหน้าที่ผสม (modulate) สัญญาณเสียงและข้อมูลกับคลื่นพาหะ และขยายสัญญาณเพื่อส่งออกอากาศไปให้สถานีฐาน
 - เครื่องรับ (Receiver: Rx) ทำหน้าที่แยก (demodulate) สัญญาณเสียงและข้อมูลจากคลื่นพาหะ ที่ส่งมาจากสถานีฐาน
- 4) ส่วนแสดงผล (display) เป็นส่วนที่แสดงผลการทำงาน โดยอยู่ในรูปของ LED LCD และ Color LCD

โดยทั่วไปส่วนประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ จะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ [2]

POS	Description	POS	Description
1	Flip	11	Hinge
2	Volume Button	12	Hinge clamp
3	Antenna	13	Keyboard
4	Front Assembly	14	Screw
5	Cable Assembly	15	Vibrator Assembly
6	Buzzer gasket	16	Adhesive tape
7	Speaker gasket	17	Plug, rubber
8	Speaker	18	Plug, rubber (clip)
9	LCD Assembly	19	Battery
10	Speaker Support		

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ [2]

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต ปี 2545

2.1.3 หลักการทำงานของโทรศัพท์มือถือ

เนื่องจากโทรศัพท์มือถือที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเกือบทั้งหมดเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้ทดแทนระบบอนาล็อกแบบเดิม โดยโทรศัพท์มือถือระบบดิจิทัลใช้เทคนิค TDMA (Time Division Multiple Access) ที่คลื่นพาหะแต่ละความถี่ถูกแบ่งเป็นช่อง (Timeslot) แต่ละช่องจะใช้ช่องสัญญาณในการส่งสัญญาณและข้อมูลในการติดต่อที่แบ่งเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่า burst แต่ละ burst บนช่องจะส่งสัญญาณคนละช่วงเวลา โดยมีการเปลี่ยนสัญญาณเสียงจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และการเข้ารหัส และแปลงสัญญาณที่เรียกว่า PCM (Pulse Code Modulation) และทำการแซมปลิงสัญญาณ และแปลงค่าสัญญาณแอมพลิจูดเป็นระบบเลขฐานสอง 8 บิต รวมถึงมีกระบวนการในการตรวจสอบรหัสที่ส่งและรับสัญญาณ และลดอัตราการส่งข้อมูลโดยหลักการเข้ารหัสเสียงพูดไปยังผู้ติดต่อในระบบ [2]

2.1.4 การแบ่งคลาสการทำงาน

ความสามารถในการส่งข้อมูลของโทรศัพท์ที่ได้ทำการแบ่งเป็นคลาส ซึ่งมีทั้งหมด 3 คลาส ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงคลาสต่างๆ ของโทรศัพท์มือถือ [3]

คลาส	กำลังงานสูงสุด		
	GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
1	20 วัตต์ (ยกเลิก)	1 วัตต์	1 วัตต์
2	8 วัตต์	0.25 วัตต์	0.25 วัตต์
3	5 วัตต์	4 วัตต์	2 วัตต์
4	2 วัตต์	-	-
5	0.8 วัตต์	-	-

จากตารางที่ 2.2 เป็นการแสดงคลาสต่างๆ ของโทรศัพท์มือถือ โดยโครงการนี้ได้ใช้แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือคลาสที่ 3 ระบบ GSM 1800 กำลังงานสูงสุด 4 วัตต์

2.2 อุปกรณ์บลูทูธ (Bluetooth Applications)

เทคโนโลยีบลูทูธเป็นข้อกำหนดสำหรับอุตสาหกรรมเครือข่ายส่วนบุคคล (Personal Area Networks - PAN) แบบไร้สาย เทคโนโลยีบลูทูธช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถเชื่อมต่อกันได้แบบไร้สาย เช่น โทรศัพท์มือถือ ชุดหูฟัง พีดีเอ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โน้ตบุ๊ก กล้องปริ้นเตอร์ เป็นต้น

ชื่อของเทคโนโลยีได้มาจากประวัติศาสตร์เดนมาร์ก เป็นชื่อของกษัตริย์ชาวไวคิงแห่งเดนมาร์ก พระนามว่า Herald Bluetooth ที่ทรงพระชนม์อยู่ระหว่าง ค.ศ. 940 ถึง 981 และทรงเป็นที่กล่าวขานในฐานะผู้สนับสนุนการสื่อสารให้แก่ประชาชน ทั้งได้ทรงผนวกเดนมาร์กและนอร์เวย์เป็นหนึ่งเดียวในสมัยของพระองค์ [4]

2.2.1 ระยะทำการ

ความสามารถในการส่งข้อมูลของอุปกรณ์บลูทูธได้ทำการแบ่งเป็นคลาส (Class) โดยมีทั้งหมด 3 คลาส ดังนี้

ตาราง 2.3 แสดงคลาสต่างๆ ของอุปกรณ์บลูทูธ

คลาส	กำลังส่ง (มิลลิวัตต์)	กำลังส่ง (dBm)	ระยะประมาณ (เมตร)
1	100	20	100
2	2.5	4	10
3	1	0	1

จากตารางที่ 2.3 อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธทั่วไปจะใช้คลาสที่ 2 เนื่องจากคลาสที่ 1 มีการใช้กำลังส่งที่ 100 มิลลิวัตต์ และใช้ที่ระยะมากเกินไปจนความจำเป็น ไม่เหมาะสมกับการใช้งานเป็นอุปกรณ์ชุดหูฟัง ซึ่งใช้งานที่ระยะไม่มากถึง 100 เมตร ส่วนคลาสที่ 3 สามารถใช้ได้ในระยะที่น้อยไม่สะดวกกับการติดต่อกับอุปกรณ์บลูทูธอื่น โครงการนี้จึงเลือกใช้การป้อนกำลังงานแบบคลาสที่ 2

2.2.2 เทคโนโลยีบลูทูธ

เทคโนโลยีบลูทูธมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ระบบจะต้องใช้งานได้ทั่วโลก สามารถรองรับการใช้งานมัลติมีเดียได้ อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุต้องมีขนาดเล็ก และใช้กำลังไฟต่ำ

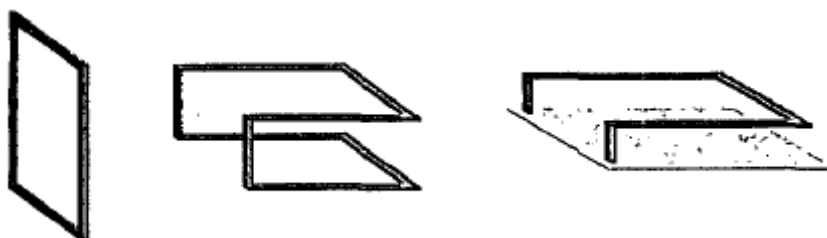
อุปกรณ์บลูทูธทั่วไปใช้งานในย่านความถี่ 2.45 GHz ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันภายในระยะ 10 เมตร มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดประมาณ 1 ล้านบิตต่อวินาที อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้สูงสุดถึง 7 เครื่องพร้อมกัน ซึ่งจะเรียกการติดต่อนี้ว่าพิกเน็ตโดยอุปกรณ์แต่ละตัวยังสามารถสังกัดอยู่กับเครือข่ายพิกเน็ตได้หลายเครือข่าย

2.2.3 อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson HBH-60



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson HBH-60 [5]

ในโครงการนี้ได้นำต้นแบบจากอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธของ Sony Ericsson รุ่น HBH-60 มาสร้างเป็นแบบจำลองด้วยโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 เพื่อทำการวิเคราะห์อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลต่อศีรษะมนุษย์

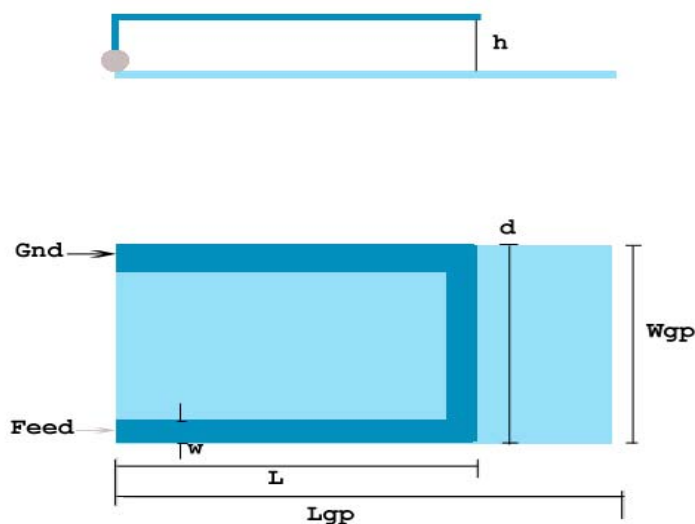


รูปที่ 2.4 สายอากาศแบบห่วงโค้งงอ (Hook Loop Antenna: HLA) [6]

จากรูปที่ 2.4 เป็นแบบจำลองของสายอากาศลักษณะแบบห่วงโค้งงอ (Hook Loop Antenna: HLA) ซึ่งเหมาะสมสำหรับเป็นสายอากาศของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson รุ่น HBH-60 ข้อดีของสายอากาศแบบนี้คือมีแบนด์วิดท์กว้าง มีการสูญเสียน้อย

หลักการสร้าง คือ นำแผ่น โลหะที่เป็นห่วงสี่เหลี่ยมมาพับ แล้วใช้ระนาบกราวด์มี ความกว้าง \times ความยาว เท่ากับ 17 มิลลิเมตร \times 35 มิลลิเมตร มาแทนที่จุดครึ่งหนึ่งของการพับ โดยให้ ความสูงของตัวสายอากาศจนถึงกราวด์ประมาณ 4 มิลลิเมตร ความยาวของสายอากาศทั้งหมด เท่ากับ 67 มิลลิเมตร โดยคำนวณจาก

$$L_{tot} = 2h + 2L + d \quad \text{----- (1)}$$



รูปที่ 2.5 แสดงภาพด้านบนของสายอากาศห่วงแบบโค้งงอ

จากรูปที่ 2.5 อธิบายพารามิเตอร์จากสมการที่ (1) เมื่อพารามิเตอร์ต่างๆ คือ

- L_{tot} คือ ความยาวรอบสายอากาศ
- h คือ ความสูงจากสายอากาศถึงแผ่นกราวด์
- L คือ ความยาวของสายอากาศ
- d คือ ความกว้างของสายอากาศ
- w คือ ความกว้างของแผ่นโลหะของสายอากาศ
- W_{gp} คือ ความกว้างของแผ่นกราวด์
- L_{gp} คือ ความยาวของแผ่นกราวด์

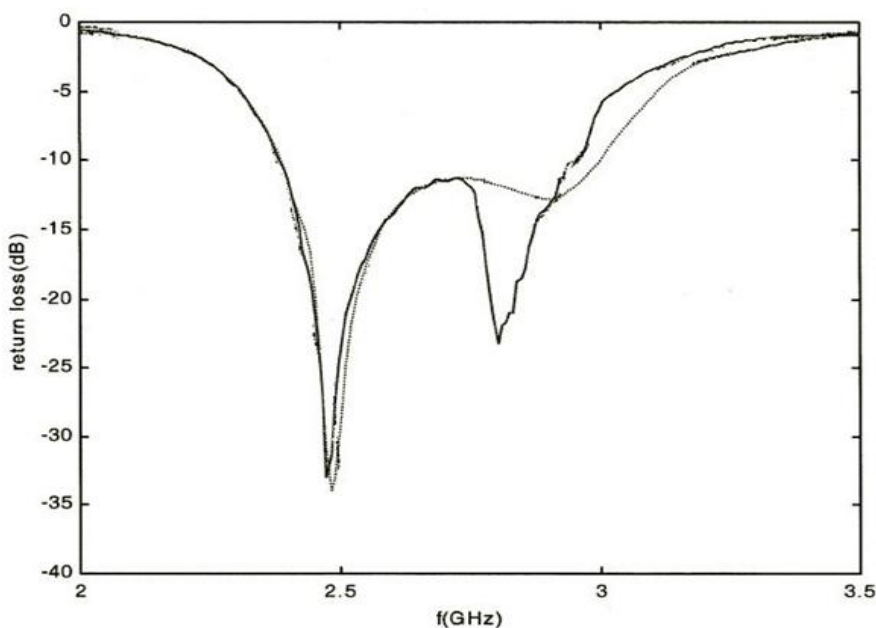
สายอากาศแบบห้วงโค้งงอนี้ จะป้อนอินพุตที่ขาด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งจะต่อลงกราวด์ สามารถทำงานได้ที่ความถี่ 2.5 GHz และในทางปฏิบัติ ความสูงจากสายอากาศถึงแผ่นกราวด์ สามารถปรับได้ตั้งแต่ ความสูงต่ำสุดที่ 2.8 มิลลิเมตร ถึง ความสูงสูงสุดที่ 7 มิลลิเมตร [6]

2.2.4 S พารามิเตอร์

S พารามิเตอร์ (Scattering parameters) คือ การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ (return loss) โดยพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นมี $(S_{1,1})$, $(S_{1,2})$, $(S_{2,1})$ และ $(S_{2,2})$

ในโครงการนี้จะใช้ค่าของ $S_{1,1}$ เพื่อตรวจสอบว่า สายอากาศสามารถทำงานที่ความถี่นั้นๆ ได้ เนื่องจาก $S_{1,1}$ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับในการป้อนแรงดันอินพุต (the input port voltage reflection coefficient) หากค่า $S_{1,1}$ มีค่ามากจะทำให้สายอากาศนั้นไม่สามารถป้อนอินพุต เข้าสู่สายอากาศได้ แรงดันที่ป้อนเข้าไปจะเกิดการสะท้อนกลับหมด

ค่า $S_{1,1}$ ควรมีค่าต่ำกว่า -10 dB เป็นต้นไป ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับในสายอากาศทั่วไป [7]

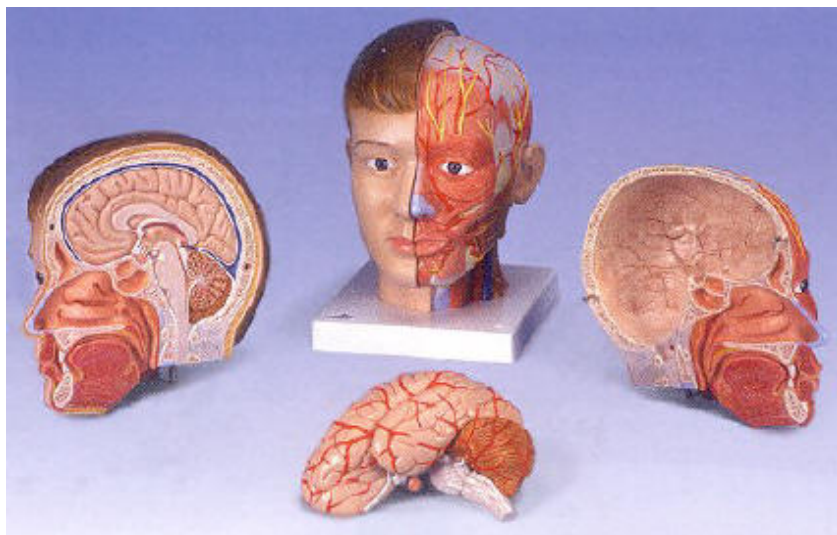


รูปที่ 2.6 แสดงค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับที่ความถี่ประมาณ 2.5 GHz [8]

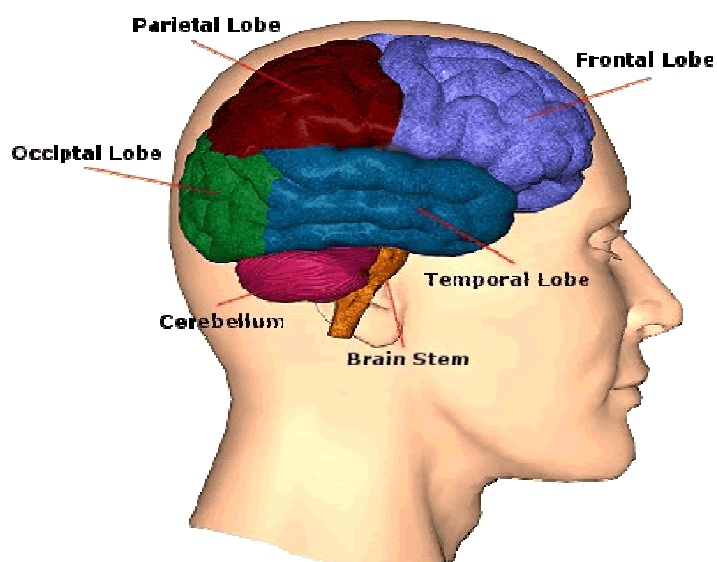
รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าสายอากาศสามารถทำงานได้ที่ย่านความถี่ประมาณ 2.4 GHz – 3 GHz เนื่องจากค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับที่ย่านความถี่ 2.4 GHz – 3 GHz มีค่าต่ำกว่า -10 dB โดยเฉพาะที่ความถี่ประมาณ 2.5 GHz จะสามารถทำงานได้ดีที่สุด

2.3 โครงสร้างของศีรษะมนุษย์

ศีรษะของมนุษย์สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะทางกายภาพ เป็นชั้นของผิวหนัง กระดูก และเนื้อเยื่อ เช่น ผิวหนัง ไขมัน กะโหลกศีรษะ เลือด และสมอง เป็นต้น ส่วนที่ไม่ใช่กระดูกจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ มีเซลล์เนื้อเยื่อและคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของศีรษะมนุษย์ [9]



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของสมอง [10]

จากรูปที่ 2.8 สมอของคนมีน้ำหนักประมาณ 1.4 กิโลกรัม หรือ 3 ปอนด์ บรรจุอยู่ภายในกะโหลกศีรษะ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้สมองได้รับการกระทบกระเทือนได้ง่าย ในสมองจะประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมากกว่าร้อยละ 90 ของเซลล์ประสาททั้งหมดในร่างกาย โดยเป็นเซลล์ประสาทงานเป็นส่วนใหญ่ เซลล์เหล่านี้ต้องการออกซิเจนและกลูโคสถึงร้อยละ 2 ของน้ำหนักตัว ต้องการออกซิเจนร้อยละ 20 ของออกซิเจนที่ร่างกายต้องการใช้ สมอของคนและสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงมีส่วนนอกเป็นเนื้อสีเทา (gray matter) ส่วนนี้มีตัวเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน แต่ส่วนในของสมองหลายแห่งมีเนื้อสีขาว (white matter) เนื่องจากมีใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินซึ่งมีสารพอลิพิดเป็นองค์ประกอบจึงเป็นสีขาว สมอของคนนับว่ามีพัฒนาการสูงที่สุด โดยจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว และมีการเพิ่มรอยหยักบนสมองมากกว่าสัตว์อื่นๆ คนจึงมีความสามารถในการเรียนรู้สูงกว่าสัตว์อื่นๆ สมอของคนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ สมอส่วนหน้า สมอส่วนกลาง และสมอส่วนหลัง [11] ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 สมอส่วนหน้า

สมอส่วนหน้าประกอบไปด้วย

เซรีบรัม (cerebrum) เป็นส่วนของสมองที่อยู่หน้าสุด และมีขนาดโตที่สุด จะมีผิวด้านนอกเป็นเนื้อสีเทา ส่วนด้านในเป็นเนื้อสีขาว ที่บริเวณผิวด้านนอกมีรอยหยักเป็นร่องมากมาย ทำให้สมองส่วนนี้มีพื้นที่มากขึ้น จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าคนมีรอยหยักบนสมองส่วนนี้มากที่สุด สมอส่วนเซรีบรัมทำหน้าที่เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลของสิ่งต่างๆ ความรู้ ความจำ ความรู้สึกนึกคิด เซาว์ปัญญา เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานต่างๆ และรับรู้ความรู้สึกต่างๆ ของร่างกาย เช่น ศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ศูนย์ควบคุมการรับสัมผัสต่างๆ ศูนย์ควบคุมการพูด การรับรู้ภาษา ศูนย์กลางการมองเห็น การรับรส การได้ยิน และการดมกลิ่น

ออลแฟกทอรีบัลล์ (olfactory bulb) สมอส่วนนี้อยู่ทางด้านหน้าสุด ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น

ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างของสมองส่วนหน้าที่ยื่นมาติดต่อกับต่อมใต้สมอง (pituitary gland) เซลล์ประสาทของสมองบริเวณนี้ส่วนมากทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนประสาทหลายชนิด ซึ่งควบคุมการสร้างฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง

ไฮโปทาลามัสทำหน้าที่สำคัญคือ เป็นศูนย์กลางควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การนอนหลับ การเต้นของหัวใจ ความดันเลือด ความหิว ความอิม นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมอารมณ์ และความรู้สึกต่างๆ เช่น โศกเศร้า ดีใจ และความรู้สึกทางเพศ

ทาลามัส (thalamus) เป็นส่วนที่อยู่เหนือไฮโปทาลามัส ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางกระแสประสาทที่ผ่านเข้ามา แล้วแยกกระแสประสาทส่งไปยังสมองที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้นๆ

2.3.2 สมองส่วนกลาง

ที่สมองส่วนกลางจะมีออปติกโกลบ (optic lobe) ซึ่งถูกเซรีบรัมบังเอาไว้ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา ทำให้ลูกนัยน์ตาเลื่อนไปมาได้ และควบคุมการปิดเปิดของม่านตาในเวลาที่มีแสงสว่างเข้ามามากหรือน้อย

2.3.3 สมองส่วนหลัง

สมองส่วนหลัง (hindbrain) ประกอบด้วย

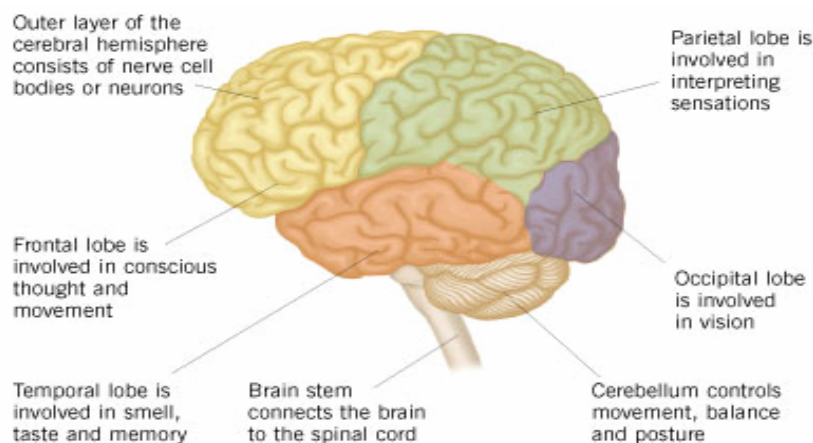
เซรีเบลลัม (cerebellum) เป็นสมองส่วนท้ายซึ่งประกอบด้วยสองซีกทางซ้ายและทางขวา มีผิวด้านนอกเป็นเนื้อสีเทาและด้านในเป็นเนื้อสีขาวเช่นเดียวกับเซรีบรัม แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหน้าที่สำคัญคือ ควบคุมและประสานงานของการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เป็นไปอย่างราบรื่น สดใสและเที่ยงตรง สามารถทำงานที่ต้องการความละเอียดอ่อนได้ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย

พอนส์ (pons) อยู่ทางด้านหน้าของเซรีเบลลัมติดต่อกับสมองส่วนกลาง มีหน้าที่สำคัญคือ ควบคุมการเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวบริเวณใบหน้า ควบคุมการหายใจ เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างเซรีบรัมกับเซรีเบลลัม และระหว่างเซรีเบลลัมกับไขสันหลัง

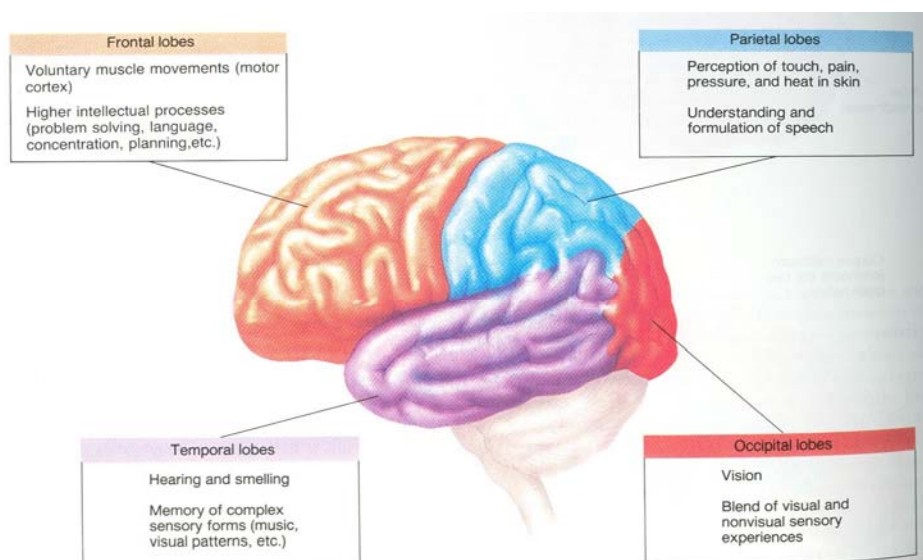
เมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) เป็นสมองส่วนที่อยู่ท้ายสุด โดยติดต่อกับพอนส์ทางด้านบนและไขสันหลังทางด้านล่าง มีหน้าที่สำคัญคือ เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติต่างๆ เช่น การเต้นของหัวใจ การหายใจ การหมุนเวียนเลือด ความดันเลือด การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อลำไส้ เป็นต้น เป็นศูนย์ปฏิบัติการสะท้อนกลับบางอย่าง เช่น การไอ การจาม การอาเจียน การกลืน การสะอึก เป็นต้น

สมองส่วนกลาง พอนส์ และเมดัลลาออบลองกาตา สมองทั้ง 3 ส่วนนี้รวมเรียกว่า ก้านสมอง (brain stem)

ส่วนประกอบของสมองทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ แสดงได้ดังรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของสมอง [12]



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของสมอง [11]

จากรูปที่ 2.10 เป็นส่วนประกอบใหญ่ๆของสมอง ได้แก่ สมองส่วนหน้า (Frontal lobes) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อร่างกาย สมองส่วนข้าง (Parietal lobes) ควบคุมการสังเกต การรับรู้ การสัมผัส เป็นต้น สมองส่วนที่อยู่ตรงขมับ (Temporal lobes) เกี่ยวกับการฟัง การดมกลิ่น เป็นต้น และสมองส่วนหลัง (Occipital lobes) เกี่ยวกับการมองเห็น ควบคุมการทำงานของสายตา เป็นต้น

จากรายละเอียดของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ที่ได้กล่าวมานั้น จะเห็นว่าส่วนประกอบต่างๆ มีหน้าที่อะไรและอยู่ส่วนไหนของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ต่อไปจะกล่าวถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของส่วนประกอบในศีรษะมนุษย์ที่ได้กล่าวมา ได้แก่ ความนำไฟฟ้า และสภาพยอมทางไฟฟ้า เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของส่วนประกอบในศีรษะมนุษย์ [8] และ [13]

Tissue	Tissue Permittivity (F/m)	Tissue conductivity (S/m)
Skin	35	0.6
Fat	6	0.08
Skull	8	0.11
Blood	62	1.5
Brain	45	0.5

บทที่ 2 นี้ ได้กล่าวถึงโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และโครงสร้างศิระษะมนุษย์ รวมถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อให้ทราบข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองของ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และ โครงสร้างศิระษะมนุษย์ ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้จะสามารถ สร้างขึ้นมาได้ต้องอาศัยการใช้งานโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 โดยจะนำเสนอ วิธีการใช้งานโปรแกรมไว้ในบทที่ 3

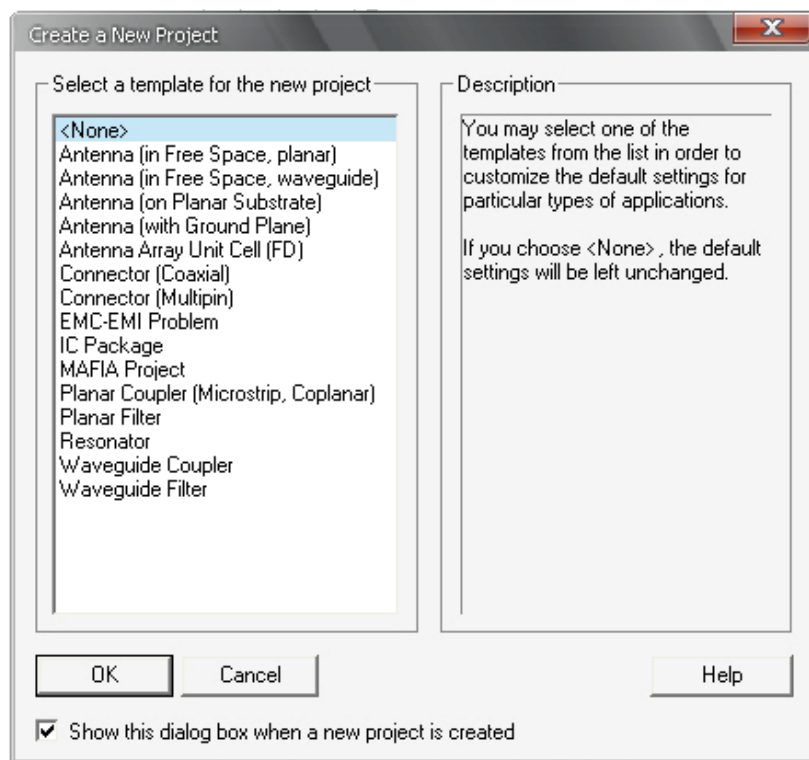
บทที่ 3

การใช้งานโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 เบื้องต้น

ในบทที่ 3 จะเป็นการแนะนำการใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 เบื้องต้น เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการใช้โปรแกรมอย่างถูกต้อง และให้รู้หลักการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวิธีการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ค่าต่างๆ จุดประสงค์เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ต้องการจะศึกษาและใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ได้เข้าใจในโปรแกรมมากขึ้น

3.1 การเริ่มสร้างแบบจำลอง

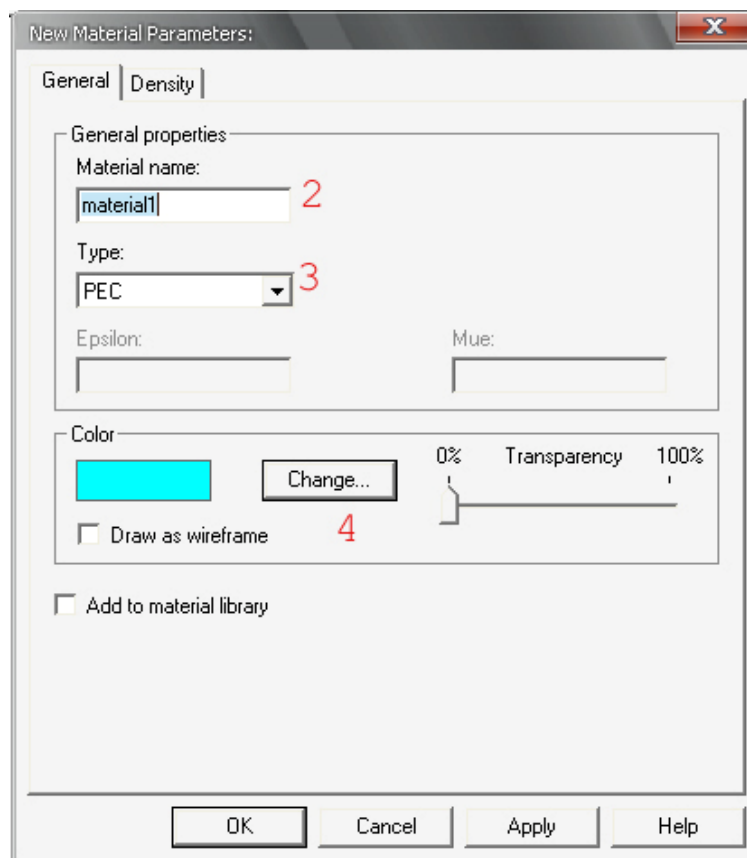
1. เมื่อเปิดโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 แล้วให้เลือกที่เมนู File → New
2. จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง ดังรูปที่ 3.1 เป็นการสร้าง templates ให้กับชิ้นงาน โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะมีแบบให้เลือกแล้วแต่ความต้องการ หากไม่ต้องกำหนดให้เลือก None แล้วเลือก OK



รูปที่ 3.1 หน้าต่างของ Create a New Project

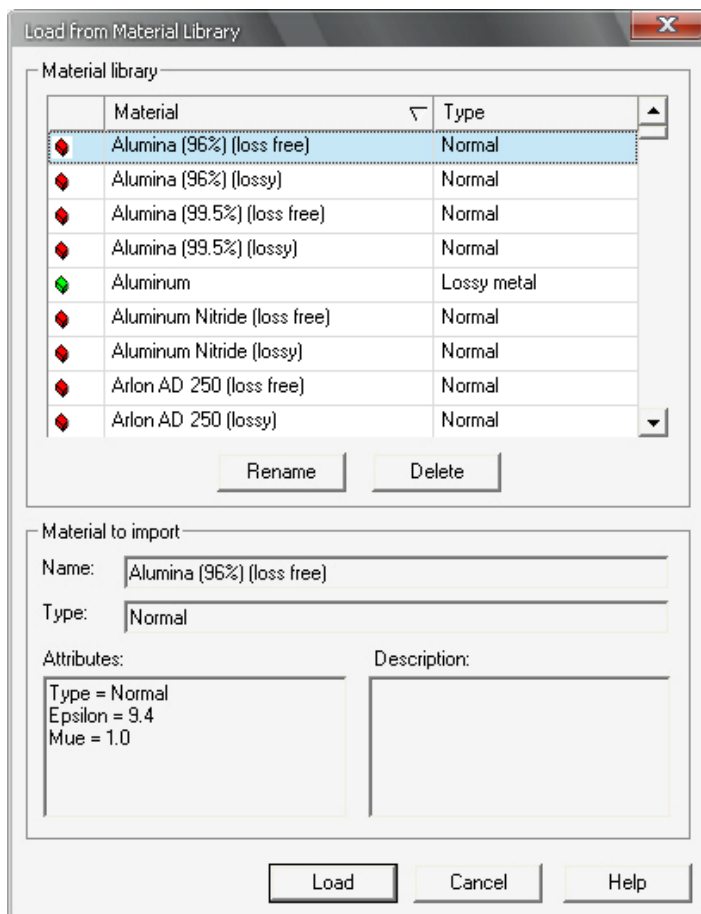
3.2 การสร้างวัสดุ Material

1. เลือกเมนู Solve → Materials → New Materials
2. ตั้งชื่อให้กับวัสดุ
3. กำหนด ชนิดของวัสดุ (PEC ,Normal ,Anisotropic และ Lossy Metals)
4. เลือกสีให้กับวัสดุ
5. เลือก OK



รูปที่ 3.2 หน้าต่างของ New Material Parameters

3.3 Load from Material Library



รูปที่ 3.3 หน้าต่างของ Load from Material Library

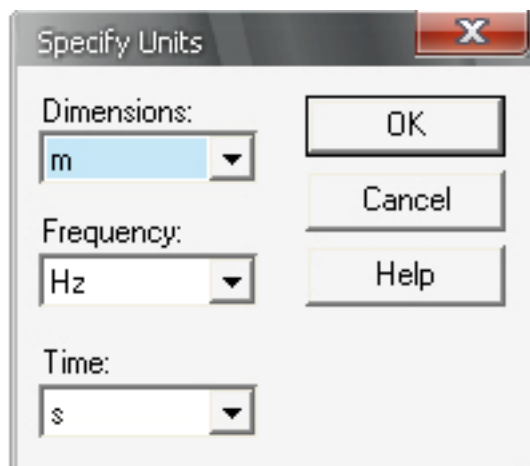
1. โปรแกรม CST มีข้อมูลของวัสดุบางชนิด ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้
เลือก Solve → Materials → Load from Material Library
2. เลือก วัสดุที่ต้องการ จะเห็นว่าแต่ละชนิดจะมีค่าคุณสมบัติให้อัตโนมัต
3. เลือก OK

3.4 การสร้างองค์ประกอบ Components

การสร้าง Components เป็นการกำหนดเลขอร์ให้กับชิ้นงานเพื่อความสะดวกในการสร้างงานแต่ละชิ้น โดยเลือกเมนู Objects → New Component

3.5 การกำหนดหน่วย Units

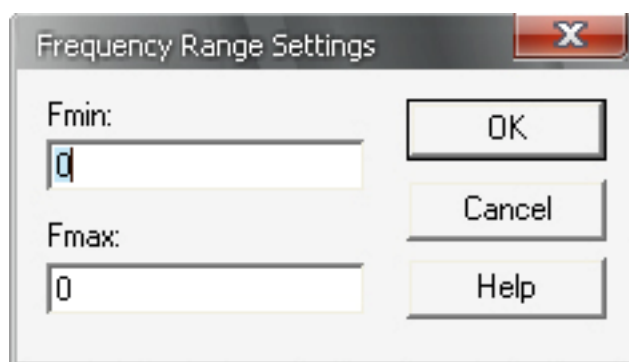
1. เลือกเมนู Solve → Units
2. เลือก Dimensions ความถี่ และ เวลา ที่ต้องการ
3. เลือก OK



รูปที่ 3.4 หน้าต่างของ Specify Units

3.6 การกำหนดความถี่ Frequency

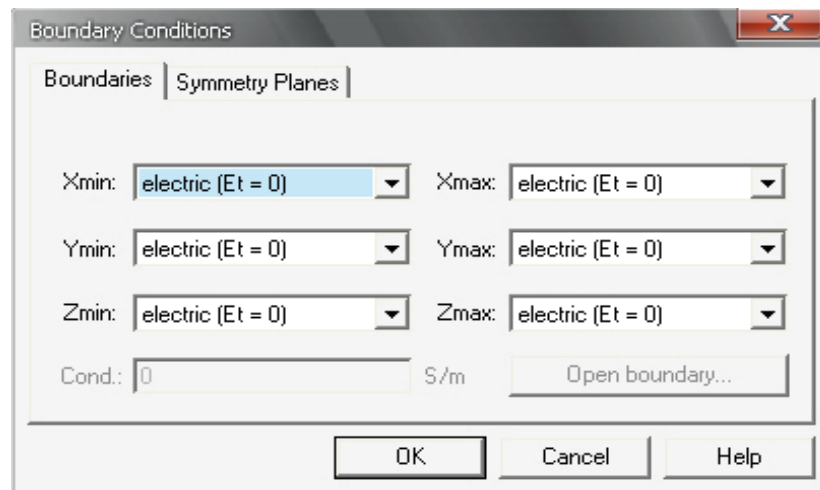
1. หลังจากสร้างชิ้นงานแล้วจะสามารถกำหนดความถี่ได้โดย เลือกเมนู Solve → frequency
2. กำหนด ความถี่เริ่มต้น f_{min} และ ความถี่สูงสุด f_{max} ค่าของความถี่ที่ตั้งไว้จะตั้งค่า signal monitors โดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.5 หน้าต่างของ Frequency Range Settings

3.7 การกำหนดขอบเขต Boundary Conditions

1. เลือกเมนู Solve → Boundary Conditions
2. เลือกขอบเขตตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.6 หน้าต่างของ Boundary Conditions

Electric: ค่าสนามไฟฟ้าของด้านที่เลือก ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์



รูปที่ 3.6 ก

Magnetic: ค่าสนามแม่เหล็กของด้านที่เลือก ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์



รูปที่ 3.6 ข

Open (PML): เสมือนเป็นอากาศว่าง Free Space คลื่นสามารถผ่านไป



รูปที่ 3.6 ค

Open (add space): เหมือน Open (PML) แต่จะเพิ่มระยะสำหรับการคำนวณ Farfield การกำหนดแบบนี้ส่วนมากใช้ในการสร้างสายอากาศ



รูปที่ 3.6 ง

Periodic: เป็นการเชื่อมขอบเขตด้านตรงข้ามเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.6 จ

Conducting Wall: เสมือนเป็นผนังของวัสดุโลหะแบบ lossy [8]



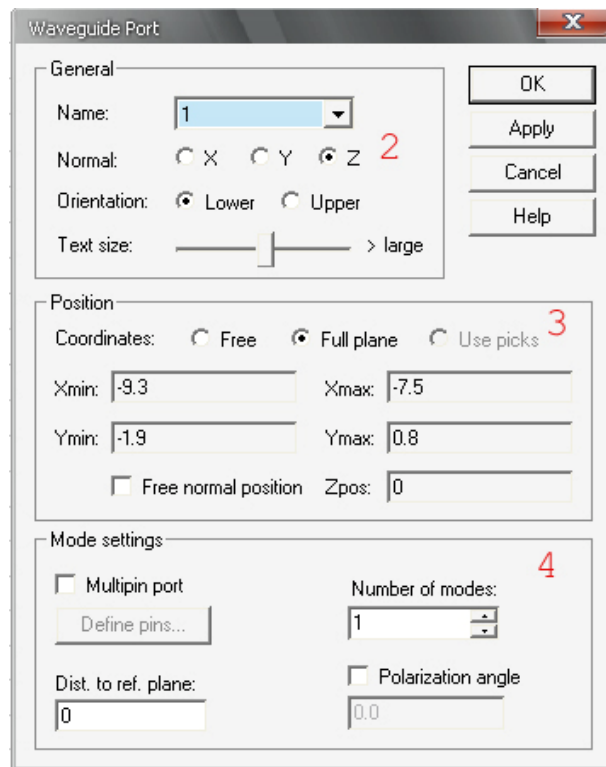
รูปที่ 3.6 ช

3.8 การป้อนพลังงานโดยการกำหนดพอร์ต

การกำหนด ทำได้ 2 วิธี คือ Waveguide Port และ Discrete Port

3.8.1 Waveguide Port

1. เลือกเมนู Solve → Waveguide Port



รูปที่ 3.7 หน้าต่างของ Waveguide Port

2. ส่วนของ General – Normal สามารถเลือกระนาบ X, Y และ Z ที่ต้องการป้อนพอร์ตได้ Orientation เป็นการกำหนดระนาบให้อยู่ด้านใดของระนาบนั้น
3. ส่วนของ Position – Coordinates
Free: หากเลือก Normal ระนาบใด เราจะกำหนดความกว้างยาวของพอร์ตอีก 2 ระนาบ ดังนี้

Normal Edit fields

X	Ymin, Ymax, Zmin, Zmax
Y	Xmin, Xmax, Zmin, Zmax
Z	Xmin, Xmax, Ymin, Ymax

Full plane: หากเลือกคำสั่งนี้ ไม่จำเป็นต้องกำหนดค่า เพราะจะสั่งให้ทั้งระนาบนั้นเป็นการป้อนพอร์ตทั้งหมด

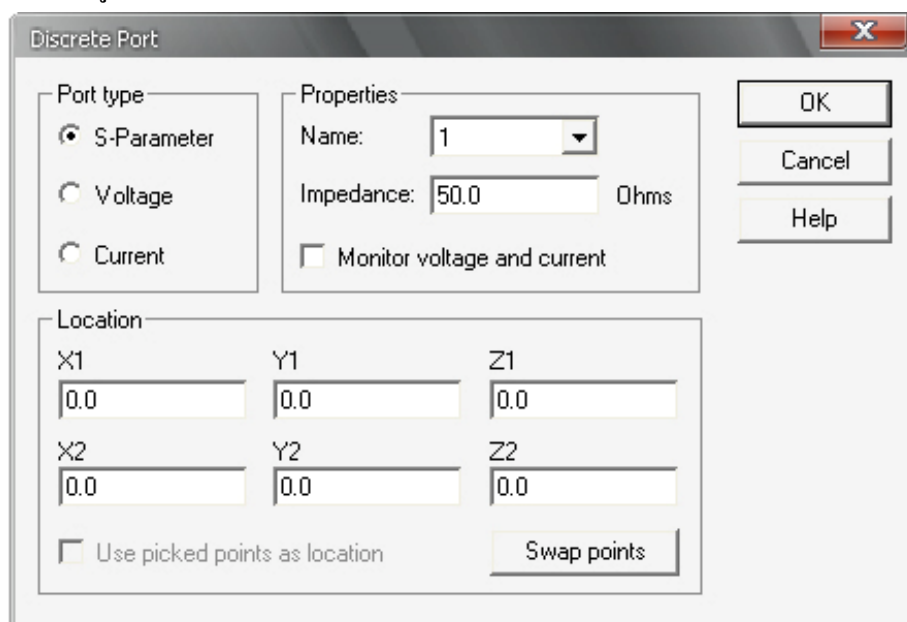
Free normal position: กำหนดระยะการวางพอร์ต

4. ส่วนของ Mode Setting เป็นการสร้างจุดอ้างอิงของพอร์ต
5. เลือก OK

3.8.2 Discrete Port

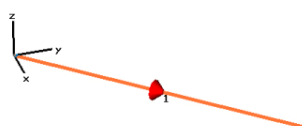
การสร้างพอร์ตแบบนี้ใช้หลักการสร้างจากจุดหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่ง โดยระหว่างพอร์ตนั้นต้องไม่มีเนื้อของชิ้นงานแรกอยู่

1. เลือกเมนู Solve → Discrete Port



รูปที่ 3.8 หน้าต่างของ Discrete Port

2. ส่วนของ Port type เป็นการกำหนดลักษณะเพื่อการประมวลผล
 - S-Parameter – อ้างอิงโดยให้พอร์ตที่ป้อนเป็น 50 โอห์ม
 - Voltage – อ้างอิงโดยป้อนแรงดันให้กับพอร์ตตามที่กำหนด
 - Current – อ้างอิงโดยป้อนกระแสให้กับพอร์ตตามที่กำหนด
3. ส่วนของ Location เป็นการกำหนดจุดที่ต้องการในการป้อนพลังงาน



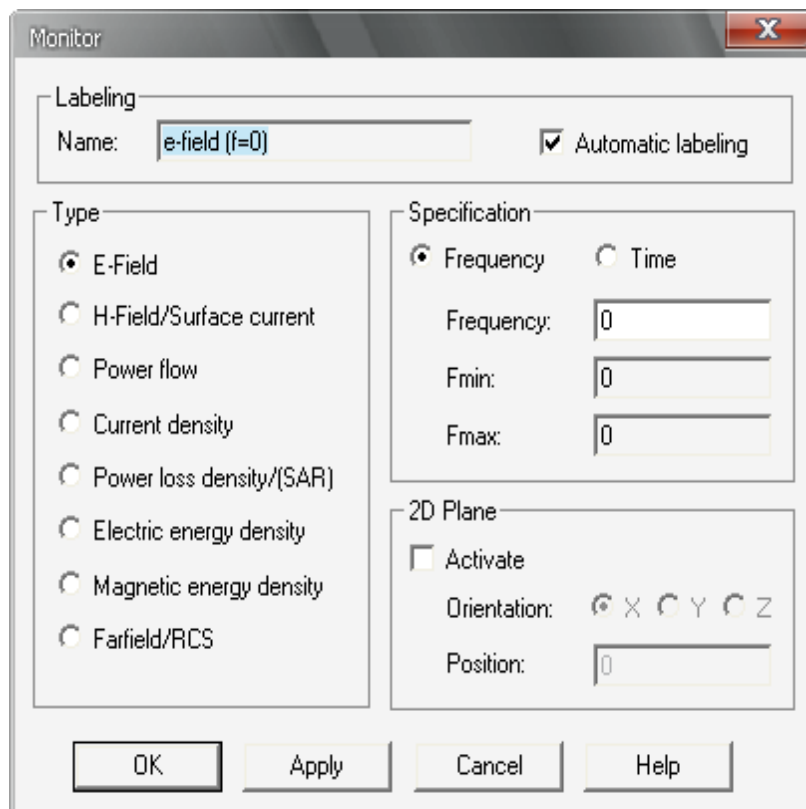
รูปที่ 3.9 รูปแบบ ของ Discrete Port

3.9 การกำหนด Field Monitors

ก่อนที่จะทำการประมวลผลจะต้อง เลือกว่าจะดูผลแบบใดบ้าง

1. เลือกเมนู Solve → Field Monitors
2. เลือก Type ที่ต้องการจะดูการประมวลผล
3. เลือก OK

ในการตั้งค่า Field Monitors สามารถกำหนด type ได้หลายตัว



รูปที่ 3.10 รูปของหน้าต่าง Monitor

Type: Power loss density

ค่า SAR (Specific Absorption Rate) เป็นค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดซับโดยเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ค่าทดสอบดังกล่าวใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาผลที่มีต่อสุขภาพมนุษย์

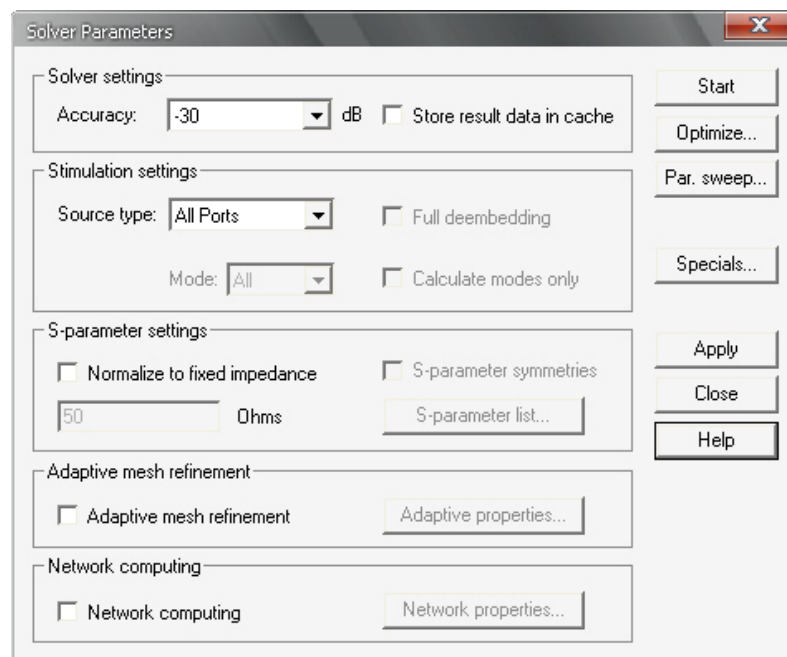
นักวิจัยจำนวน 12 กลุ่มใน 7 ประเทศของสหภาพยุโรป ได้ออกมารายงานผลการทดลองภายใต้ชื่อ "Reflex" โดยการศึกษาในห้องทดลองพบว่า คลื่นโทรศัพท์มือถือเป็นอันตรายกับเซลล์และดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต โดยไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร และน่าจะเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง [14]

นาย ฟรานซ์ อัดล์โคเฟอร์ (Franz Adlkofer) หัวหน้าโครงการวิจัยนี้ได้เปิดเผยเกี่ยวกับผลการวิจัยว่า หลังจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คลื่นจากโทรศัพท์มือถือ จะไปทำให้ดีเอ็นเอเกิดความเสียหายอย่างถาวร และไม่สามารถซ่อมแซมได้โดยเซลล์เอง ทั้งนี้ดีเอ็นเอถือเป็นสิ่งสำคัญของเซลล์ในการถ่ายทอดพันธุกรรมเมื่อมีการแบ่งเซลล์ และยังพบอีกว่าเมื่อมีเซลล์เกิดขึ้นใหม่ เซลล์ใหม่นั้นก็ยังมีดีเอ็นเอที่เสียหายเช่นเดิม นั่นก็หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงนี้อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคมะเร็ง [14]

ค่า SAR ที่ใช้ในการวิจัยในห้องแล็บของ “Reflex” นี้ จะมีความเข้มในระดับ 0.3-2 วัตต์ต่อกิโลกรัม

3.10 การประมวลผล

1. เลือกเมนู Solve → transient Solver
2. กำหนด Accuracy ขึ้นอยู่กับสายอากาศที่ออกแบบมา
3. เลือก Start



รูปที่ 3.11 หน้าต่างของ Solver Parameters

3.11 การคำนวณ SAR: Specific Absorption Rate

1. การคำนวณ SAR จะสามารถคำนวณได้หลังจากการประมวลผลแล้วเท่านั้น โดย เลือกเมนู Results → SAR Calculation

รูปที่ 3.12 หน้าต่างของ SAR Calculation

2. เมื่อกำหนดค่า monitor ไว้แล้ว ค่าความถี่จากการกำหนดจะนำมาคำนวณโดยอัตโนมัติ
3. Averaging method: เมื่อเป็นเนื้อเยื่อของมนุษย์ จะกำหนดค่าเป็น 10 กรัม
4. เลือก Calculate จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่า SAR ออกมา
5. ปิดหน้าต่างเมื่อคำนวณเสร็จสิ้น

3.12 การสร้างรูปทรงพื้นฐาน (Basic Shape Creation)

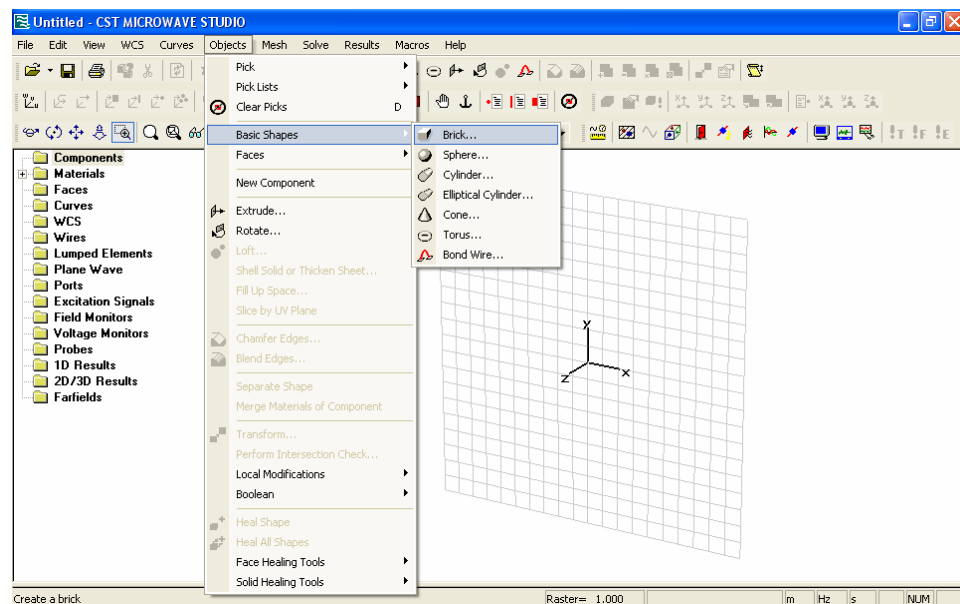
การสร้างรูปทรงพื้นฐานต่างๆในโปรแกรม CST มีดังนี้

-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Brick**
-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Sphere**
-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Cylinder**
-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Elliptical Cylinder**
-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Cone**
-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Torus**

3.12.1 การสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม (Brick)

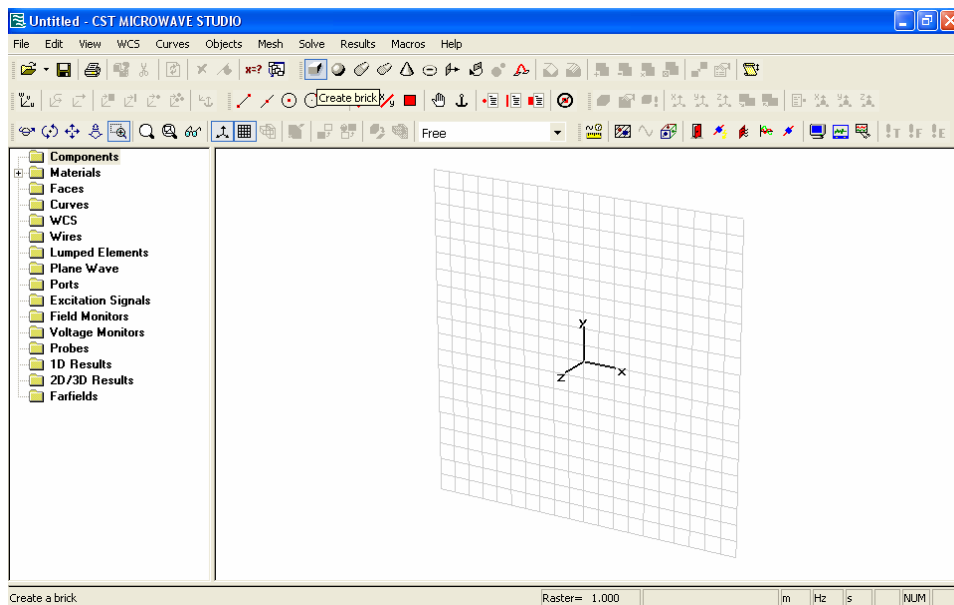
วิธีที่ 1 ไปที่ main menu แล้วทำตามขั้นตอนดังนี้

-  **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Brick**



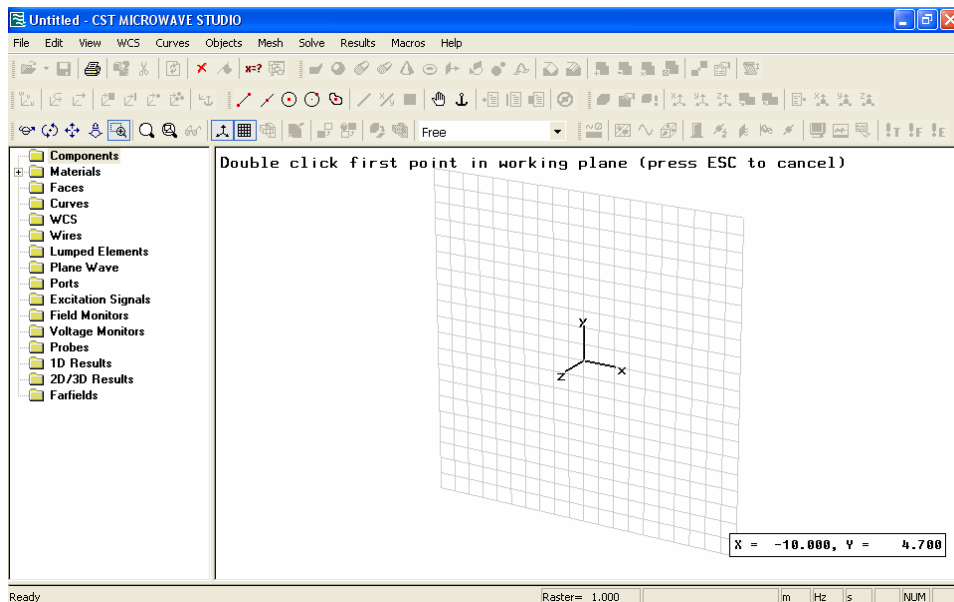
รูปที่ 3.13 การใช้คำสั่งในการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม

วิธีที่ 2 ไปที่ Objects toolbar คลิกที่รูปสี่เหลี่ยม (Create brick)



รูปที่ 3.14 การใช้คำสั่งในการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมโดยทางลัด

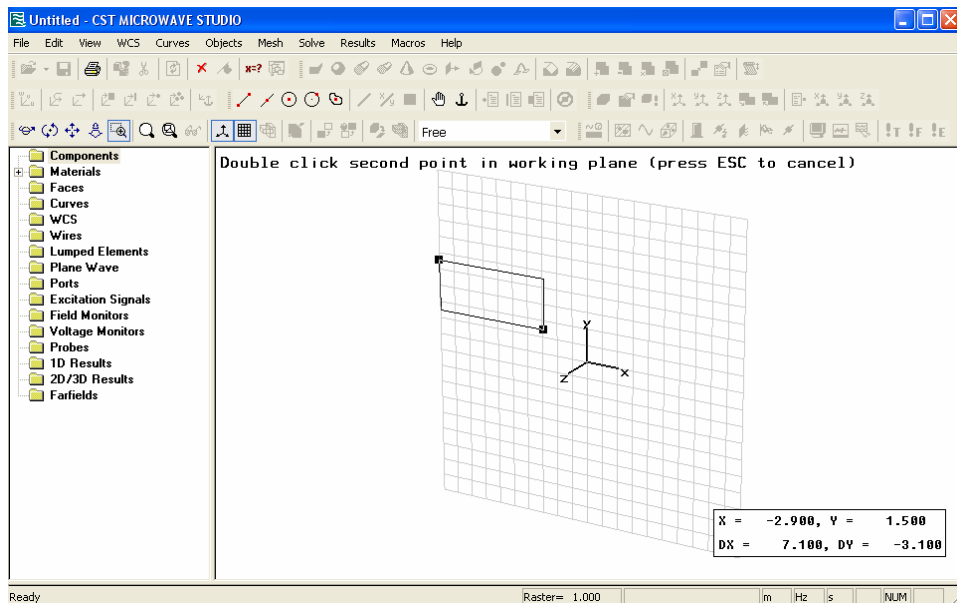
จากทั้ง 2 วิธี จะได้นหน้าต่าง ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 หน้าต่างของการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม

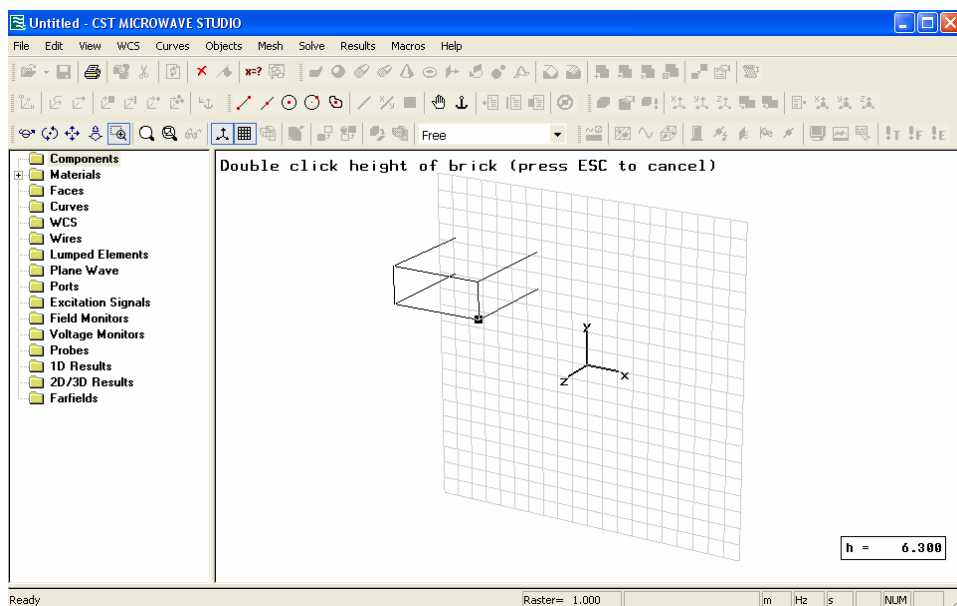
จากนั้นทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ดับเบิ้ลคลิกหนึ่งครั้งบนพื้นที่ว่างแล้วลากเมาส์ออกไปจะได้รูปสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.16



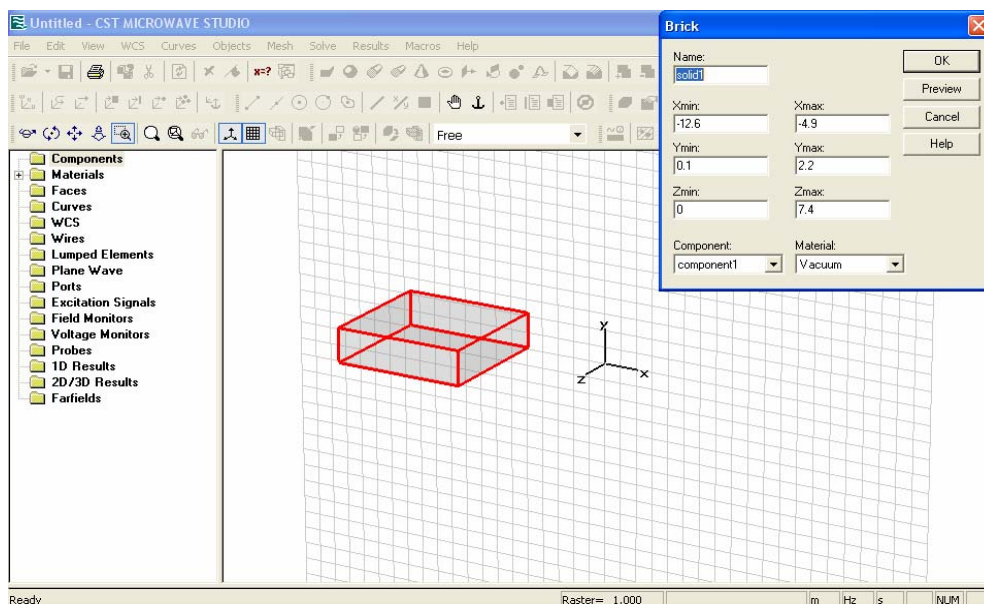
รูปที่ 3.16 รูปสี่เหลี่ยมที่ได้จากการสร้างในขั้นตอนที่ 1

2. ดับเบิ้ลคลิกอีกครั้งแล้วลากเมาส์ออกไปจะได้รูปทรงของกล่องสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 รูปทรงของกล่องสี่เหลี่ยมที่ได้จากการสร้างในขั้นตอนที่ 2

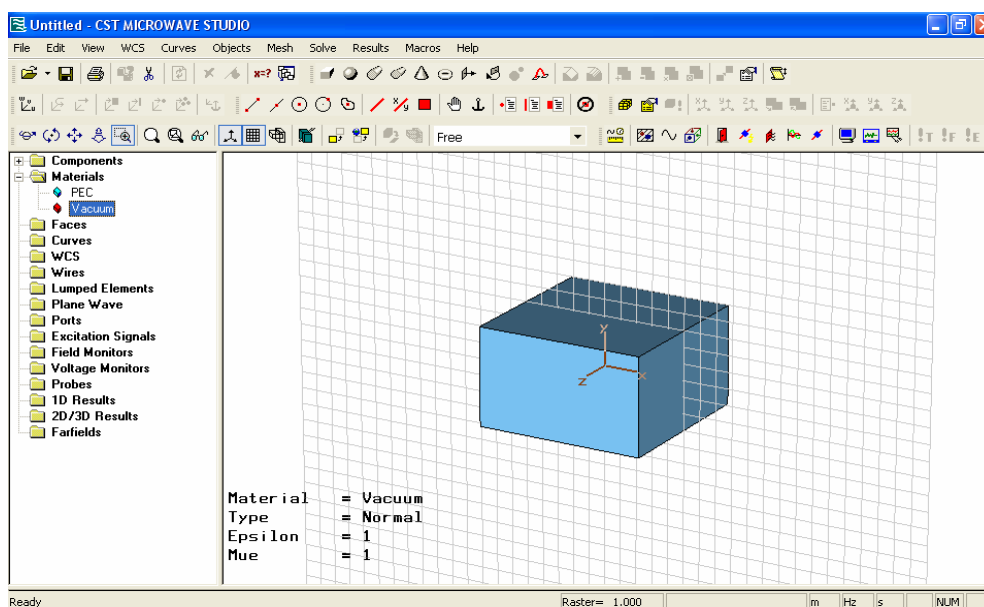
3. ดับเบิ้ลคลิกอีกครั้งจะได้รูปกล่องสี่เหลี่ยมและมีหน้าต่างที่ชื่อ Brick ขึ้นมาดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงรูปกล่องสี่เหลี่ยมและหน้าต่างที่ชื่อ Brick ซึ่งได้จากการสร้างในขั้นตอนที่ 3

4. ตั้งชื่อในช่อง Name กำหนดค่าต่างๆ ให้ครบ ส่วนตรงช่อง Component กับ Material ให้เลือกกว่าจะเอาอะไรตามที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ตอนต้น

5. คลิกที่ OK ก็จะได้รูปกล่องสี่เหลี่ยมที่มีขนาดตามที่ได้กำหนดดังรูปที่ 3.19



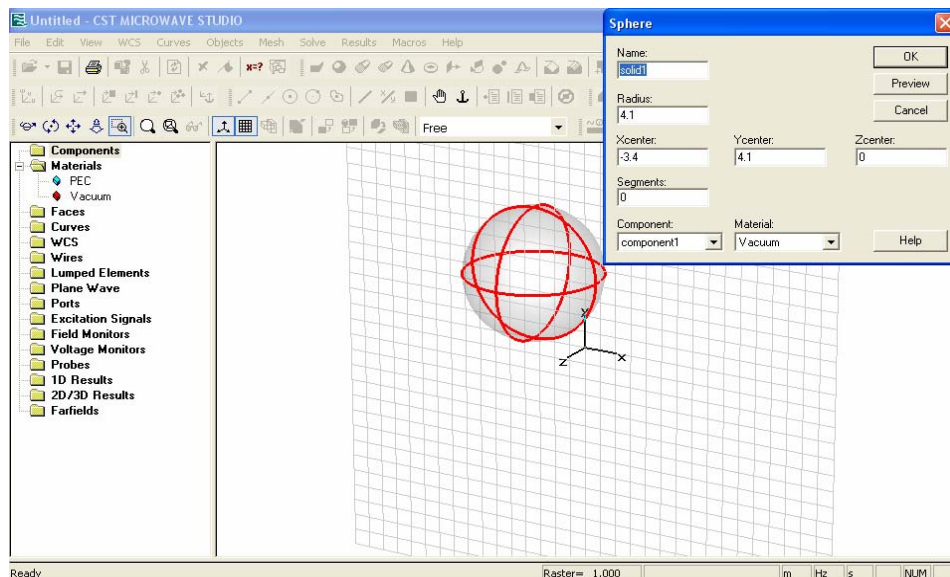
รูปที่ 3.19 กล่องสี่เหลี่ยมที่มีขนาดตามที่ได้กำหนด

3.12.2 การสร้างรูปทรงกลม (Sphere)

การสร้างรูปทรงกลมมี 2 วิธี เช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่เลือกคำสั่งจาก main menu ดังนี้

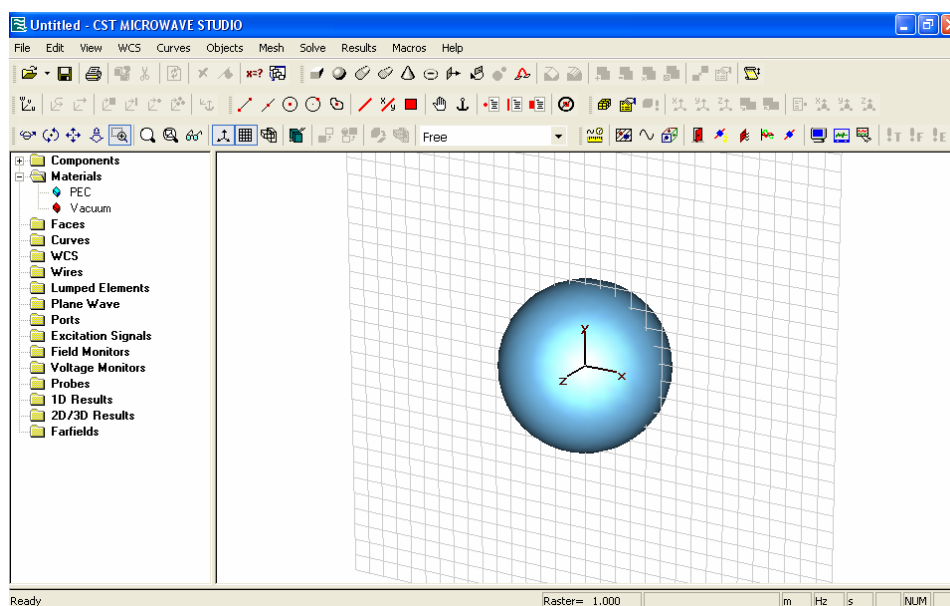
 **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Sphere**

แล้วทำการกำหนดค่าในหน้าต่างที่ชื่อ Sphere ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 รูปร่างของทรงกลมและหน้าต่างในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของทรงกลม

จากนั้นก็ทำเช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม จะได้รูปทรงกลมออกมาดังนี้



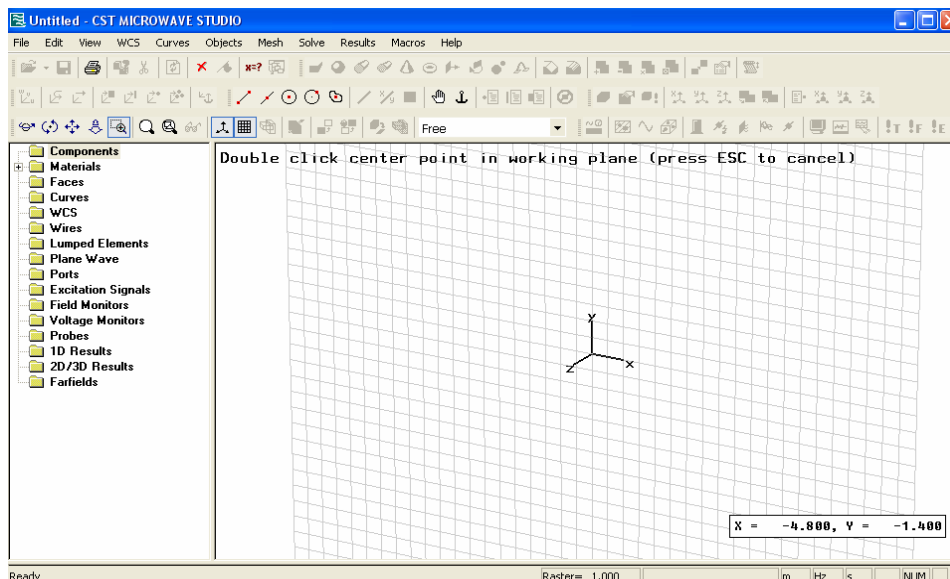
รูปที่ 3.21 รูปทรงกลมที่ได้หลังจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์เสร็จแล้ว

3.12.3 การสร้างรูปทรงกระบอก (Cylinder)

การสร้างรูปทรงกระบอก มี 2 วิธี เช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่เลือกคำสั่งจาก main menu ดังนี้

 **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Cylinder**

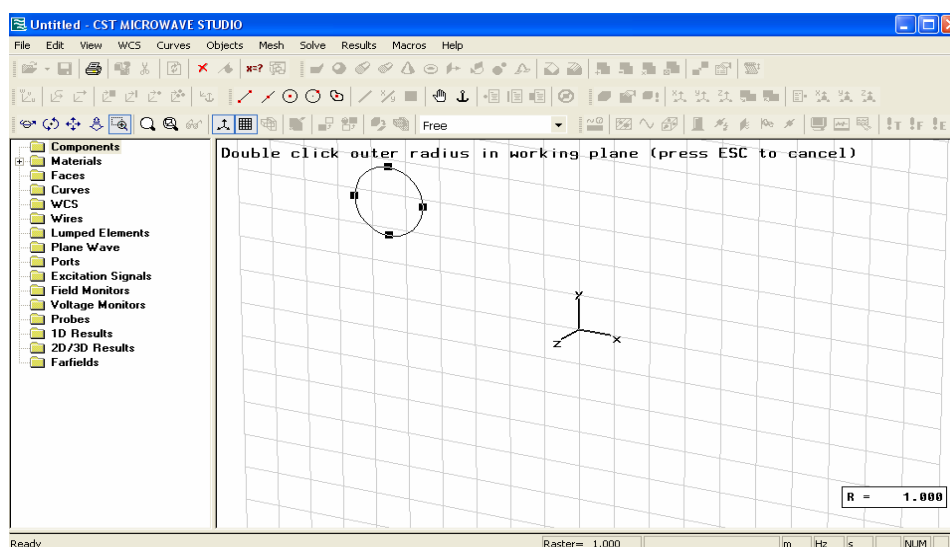
เมื่อเข้าไปตามคำสั่งนี้แล้วจะได้หน้าต่างดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 หน้าต่างของการสร้างรูปทรงกระบอก

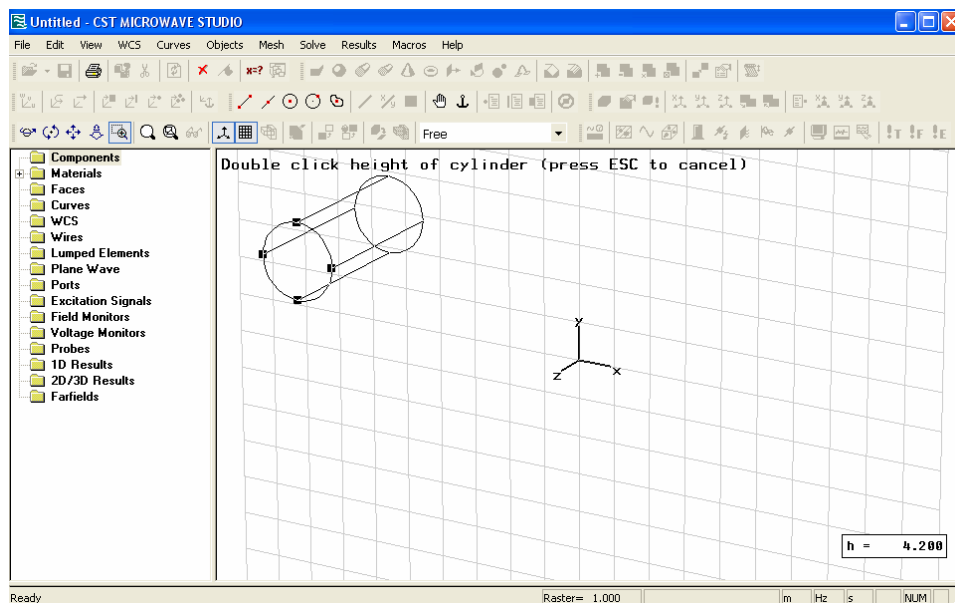
จากนั้นให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ดับเบิลคลิกที่พื้นที่ว่างหนึ่งครั้งแล้วลากเมาส์ออกไปจะได้รูปวงกลมดังรูปที่ 3.23



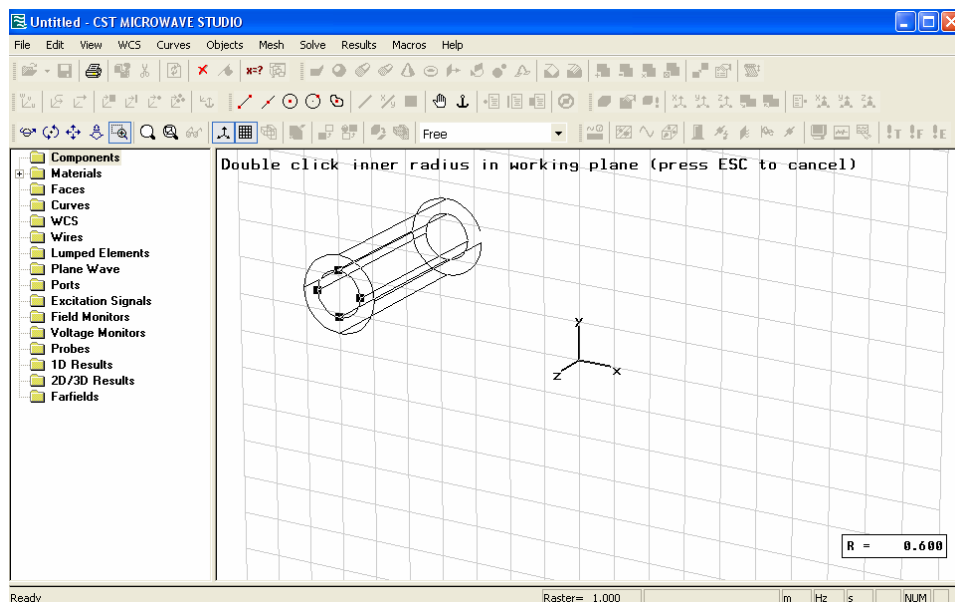
รูปที่ 3.23 รูปวงกลมที่ได้จากการสร้างรูปทรงกระบอกในขั้นตอนที่ 1

2. ดับเบิ้ลคลิกอีกครั้งหนึ่งแล้วลากเมา้ออกไปจะได้รูปร่างทรงกระบอกดังรูปที่ 3.24



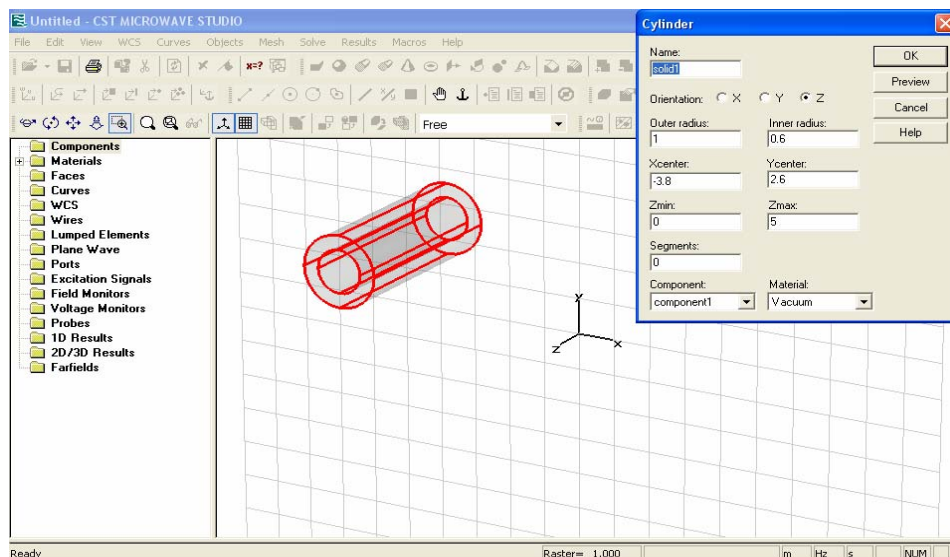
รูปที่ 3.24 รูปร่างทรงกระบอกที่ได้จากการสร้างในขั้นตอนที่ 2

3. ดับเบิ้ลคลิกอีกครั้งหนึ่งแล้วลากเมา้เข้าไปด้านในของทรงกระบอกจากรูปที่ 3.24 จะได้รูปร่างของทรงกระบอกที่มีวงกลมรัศมีต่างกัน 2 วง ดังรูปที่ 3.25



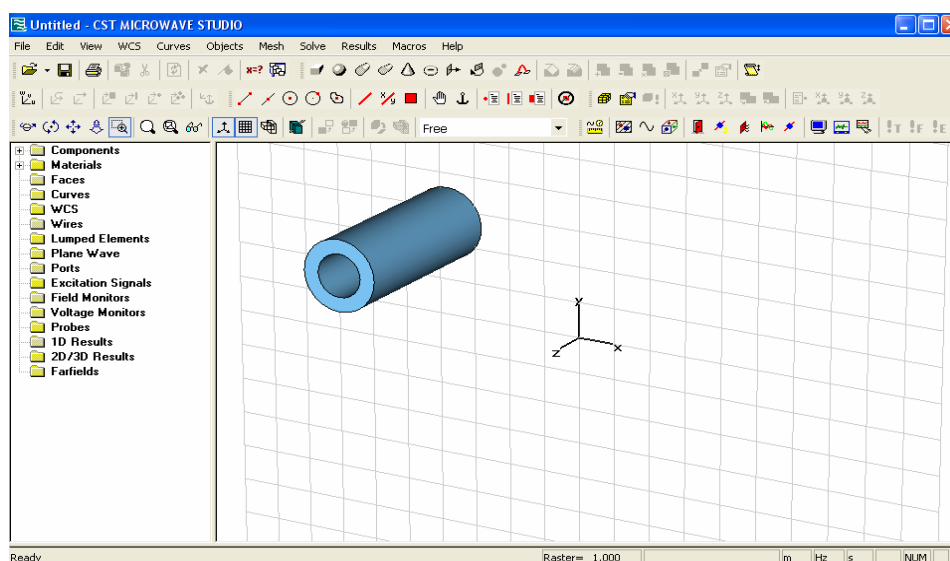
รูปที่ 3.25 รูปร่างของทรงกระบอกที่มีวงกลมรัศมีต่างกัน 2 วง

4. ดับเบิลคลิกอีกหนึ่งครั้งจะได้รูปร่างของทรงกระบอก (จากขั้นตอนที่ 2 สามารถกด Esc ออกไปเลยก็ได้แล้วค่อยไปกำหนดค่ารัศมีเอาไว้ก็ได้เช่นกัน) และจะปรากฏหน้าต่างที่ชื่อ Cylinder ขึ้นมา เพื่อให้กำหนดค่า ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 รูปร่างของทรงกระบอกที่มีวงกลมรัศมีต่างกัน 2 วง และหน้าต่างของการกำหนด ค่าพารามิเตอร์

5. เมื่อกำหนดค่าเสร็จแล้ว คลิกที่ปุ่ม OK จะได้รูปทรงกระบอกที่มีลักษณะกลวงและมีความหนาตามรัศมีของวงกลม 2 วง ที่ได้กำหนด และมีจุดศูนย์กลางกับความยาวตามแนวแกนที่กำหนด ดังรูปที่ 3.27



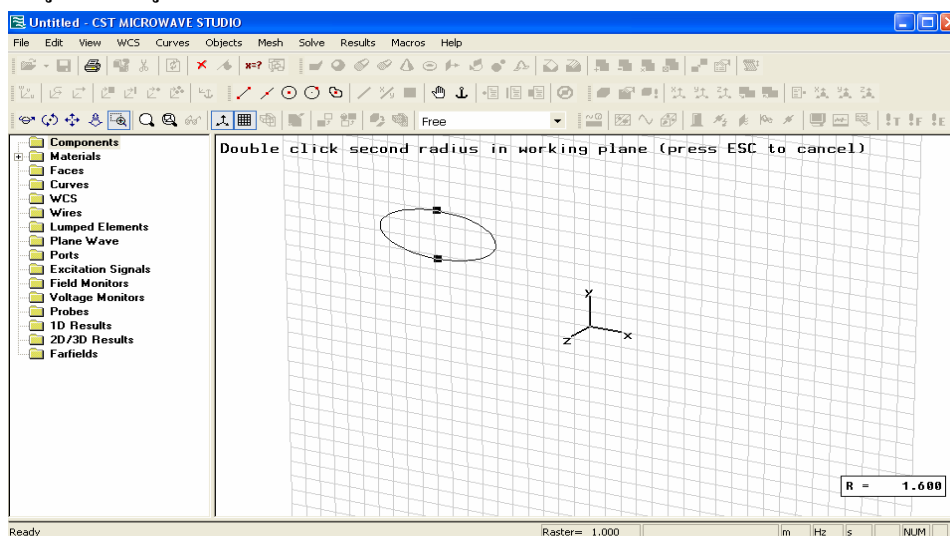
รูปที่ 3.27 รูปทรงกระบอกที่มีวงกลมรัศมีต่างกัน 2 วง มีขนาดตามที่ได้กำหนด

3.12.4 การสร้างรูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี (Elliptical Cylinder)

การสร้างรูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี มี 2 วิธี เช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่เลือกคำสั่งจาก main menu ดังนี้

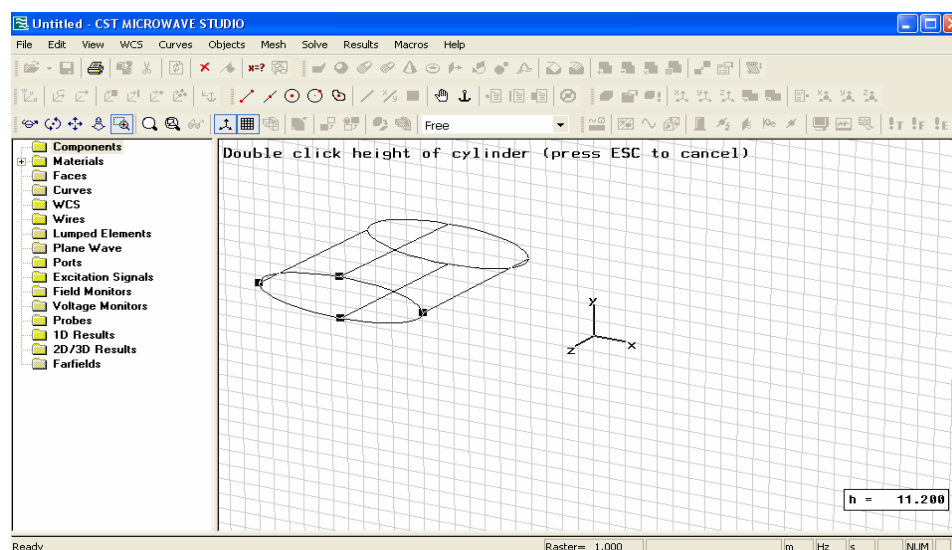
 **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Elliptical Cylinder**

1. ดับเบิลคลิกบนพื้นที่ว่างหนึ่งครั้งแล้วลากเมา้ออกไปจะได้เส้นตรงจากนั้นดับเบิลคลิกอีกครั้งหนึ่งครั้งจะได้รูปวงรีดังรูปที่ 3.28



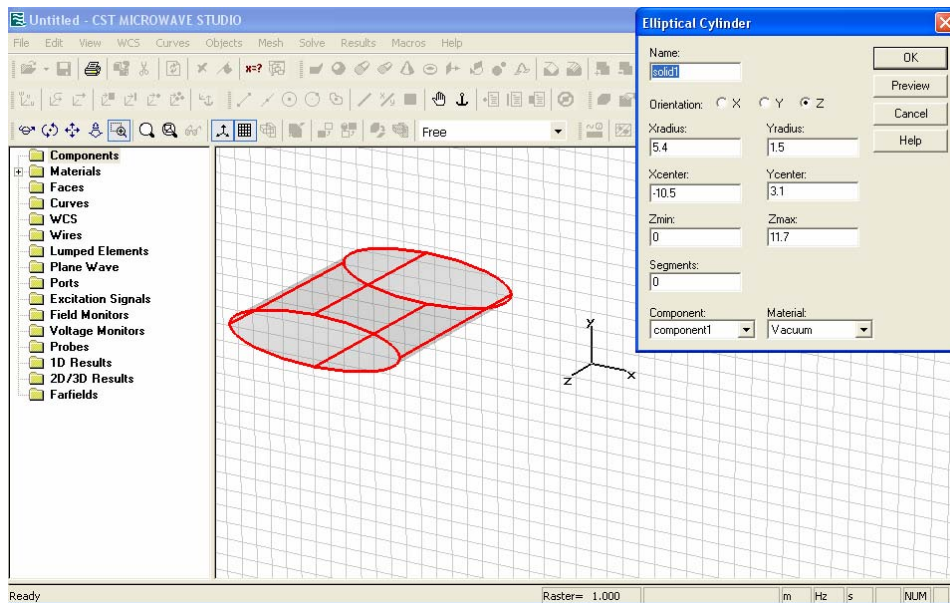
รูปที่ 3.28 วงรีที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ของการสร้างรูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี

2. ดับเบิลคลิกอีกครั้งหนึ่งครั้งจะได้รูปทรงกระบอกที่มีหน้าตัดเป็นวงรีดังรูปที่ 3.29



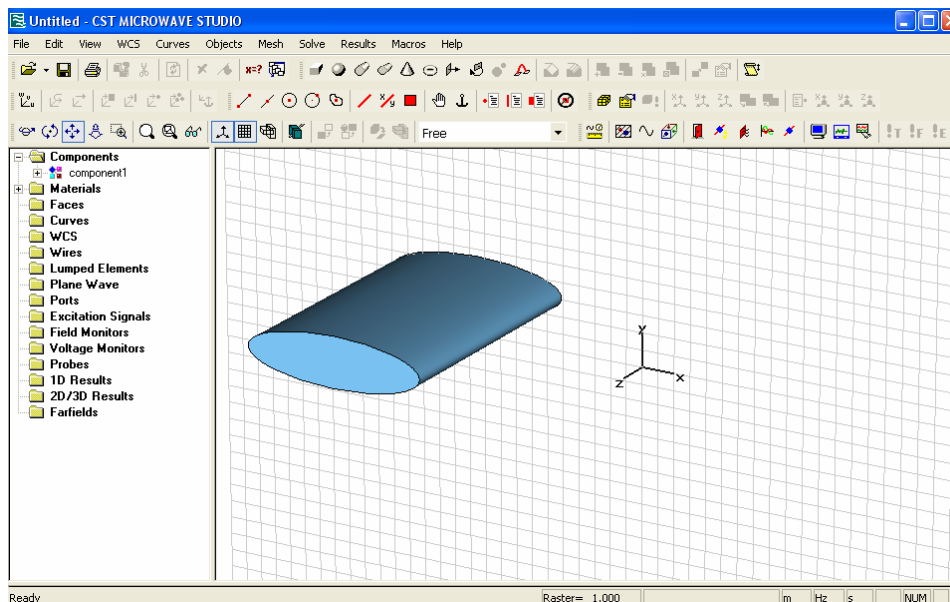
รูปที่ 3.29 รูปร่างของทรงกระบอกที่มีหน้าตัดเป็นวงรีที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 นี้

3. ดับเบิ้ลคลิกหนึ่งครั้งจะมีหน้าต่าง Elliptical Cylinder ขึ้นมาเพื่อให้กำหนดค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 รูปร่างของทรงกระบอกที่มีหน้าตัดเป็นวงรีและหน้าต่างในการกำหนดค่าพารามิเตอร์

4. กำหนดค่าต่างๆ ให้ครบแล้วกดปุ่ม OK ก็จะได้รูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี ดังรูปที่ 3.31



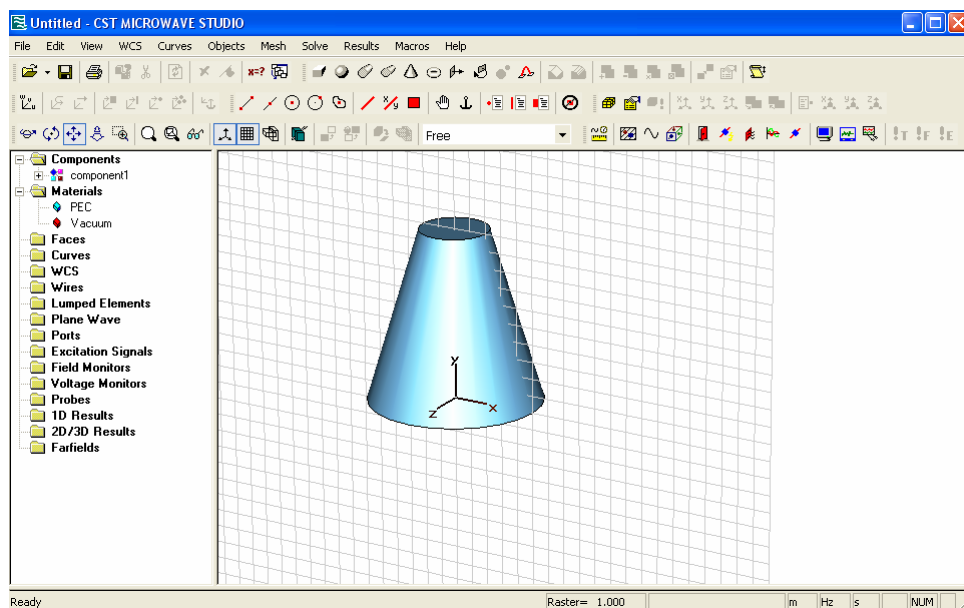
รูปที่ 3.31 รูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นวงรี

3.12.5 การสร้างรูปทรงกรวย (Cone)

การสร้างรูปทรงกรวย มี 2 วิธี เช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปอื่นๆ แต่เลือกคำสั่งจาก main menu ดังนี้

 **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Cone**

ส่วนขั้นตอนการทำและการกำหนดค่านั้นเหมือนกับการสร้างรูปที่ผ่านมา จะได้รูปออกมาเป็นรูปทรงกรวย ดังรูปที่ 3.32



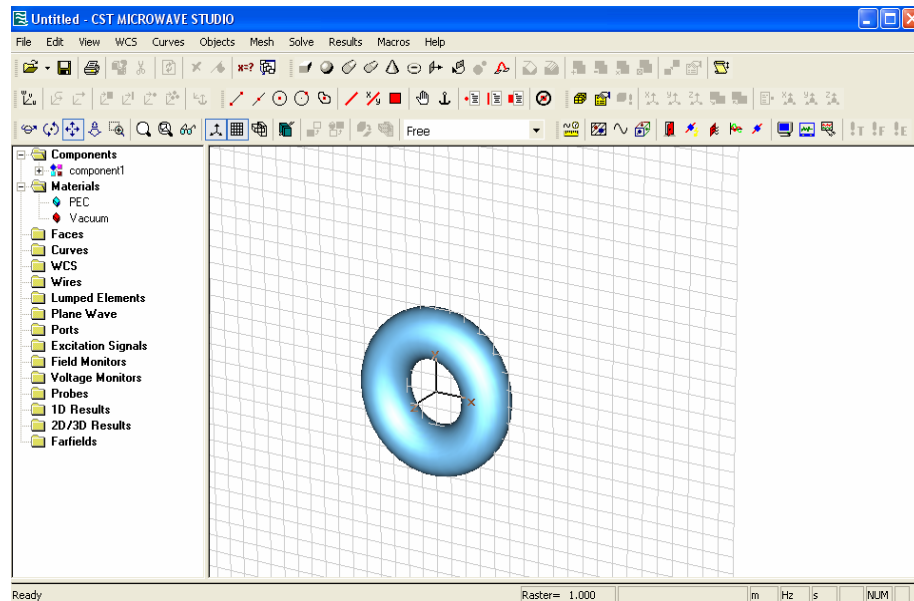
รูปที่ 3.32 รูปทรงกรวยที่มีขนาดตามที่ได้กำหนด

3.12.6 การสร้างรูปทรงขนมโดนัท (Torus)

การสร้างรูปทรงขนมโดนัทมี 2 วิธี เช่นเดียวกันกับการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปอื่นๆ แต่เลือกคำสั่งจาก main menu ดังนี้

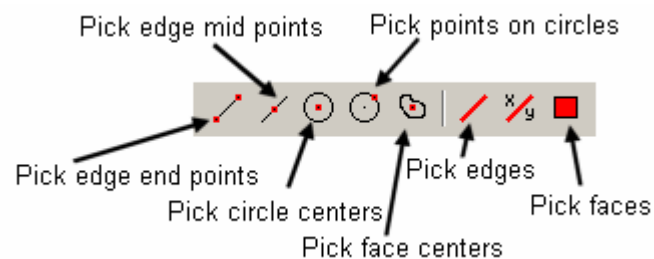
 **Objects** ⇨ **Basic Shapes** ⇨ **Torus**

ส่วนขั้นตอนการทำและการกำหนดค่านั้นเหมือนที่ผ่านมา จะได้รูปทรงขนมโดนัท ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 รูปทรงขมโค้นที่มีขนาดตามที่ได้กำหนด

3.13 เครื่องมือที่ใช้ในการเลือกขอบหรือผิววัสดุ (pick tool)



รูปที่ 3.34 แถบเครื่องมือที่ใช้ในการเลือกขอบหรือผิววัสดุ

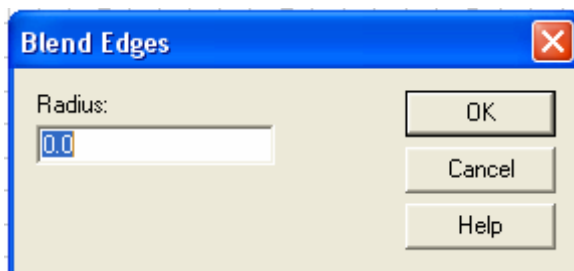
3.14 การลบคมและการเชื่อมขอบ (Blend and Chamfer Edges)

3.14.1 การลบคม (Blend Edge)

ขั้นตอนการทำได้ดังนี้

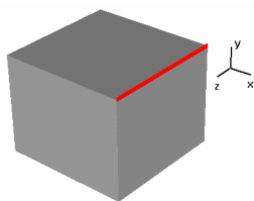
1. เลือกคำสั่ง Pick edges จาก Pick tool
2. ใช้เมา์ไปดับเบิลคลิกที่ขอบวัสดุที่จะทำการลบคม

3. เลือกใช้คำสั่งจาก main menu ดังนี้ **Objects** ⇒ **Blend Edges** (🔧)
4. จากนั้นจะมีหน้าต่างเล็กๆขึ้นมาเพื่อให้ใส่ค่ารัศมีว่าจะลบคมเป็นรัศมีเท่าไรก็ได้ไป ดังรูปที่ 3.35

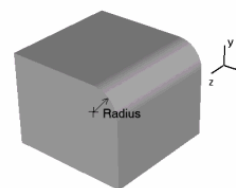
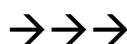


รูปที่ 3.35 หน้าต่างในการกำหนดค่ารัศมีของการลบคม

จะได้ออกมาดังรูปที่ 3.36ก และ 3.36ข



รูปที่ 3.36ก การเลือกขอบวัสดุที่จะทำการลบคม



รูปที่ 3.36ข วัสดุที่ถูกลบคมแล้ว

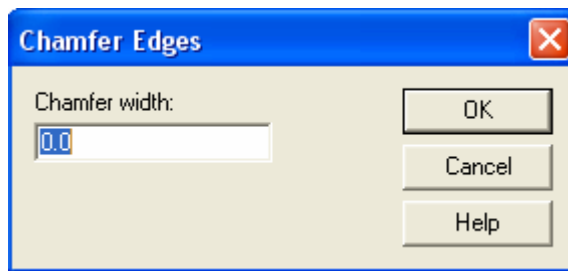
3.14.2 การเนียนคม (Chamfer Edges)

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1. เลือกคำสั่ง Chamfer Edges จาก Pick tool
2. ใช้เมา์ไปดับเบิลคลิกที่ขอบวัสดุที่จะทำการเนียนคม
3. เลือกใช้คำสั่งจาก main menu ดังนี้

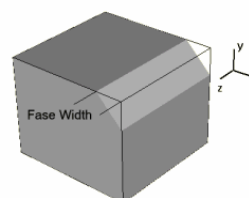
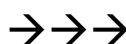
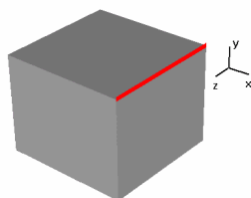
Objects ⇒ **Chamfer Edges** (🔧).

4. จากนั้นจะมีหน้าต่างเล็กๆขึ้นมา ดังรูปที่ 3.37 เพื่อให้ใส่ค่ารัศมีว่าจะเนียนคมเป็นความกว้าง เท่าไรก็ได้ไป



รูปที่ 3.37 หน้าต่างการกำหนดค่าของการเนียนคม

จะได้ออกมาดังรูปที่ 3.38ก และ 3.38ข



รูปที่ 3.38ก การเลือกขอบวัสดุที่จะทำการเนียนคม

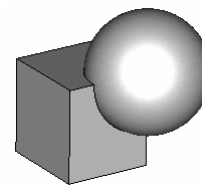
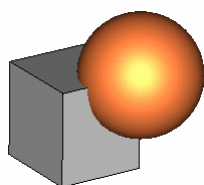
รูปที่ 3.38ข วัสดุที่ถูกเนียนคมแล้ว

3.15 วิธีการทำงานของบูลีน (Boolean Operations)

3.15.1 วิธีการรวมวัสดุ (Add Mode)

เลือกวัสดุที่จะทำการ Add จาก component

จากนั้น คลิกที่ **Boolean Add** (☒) ที่อยู่บน Objects toolbar หรือ คลิกที่ main menu แล้วเลือก **Objects** ⇨ **Boolean** ⇨ **Add** เลือกวัสดุที่จะทำการ Add เข้ากับวัสดุชิ้นนี้ เช่น มีวัสดุ 2 ชิ้น ดังรูปที่ 3.39ก เมื่อทำการ Add เสร็จจะได้วัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 3.39ข



รูปที่ 3.39ก วัสดุที่ยังไม่ทำการ Add

รูปที่ 3.39ข วัสดุที่ Add แล้ว

3.15.2 วิธีการลบวัสดุออก (Subtract Mode)

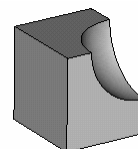
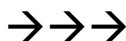
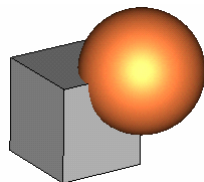
ทำเช่นเดียวกันกับการรวมวัสดุ (Add Mode) แต่เลือกคลิกรูปที่อยู่บน Objects toolbar ดังนี้

Boolean Subtract (-)

หรือคลิกที่ main menu แล้วเลือกดังนี้

Objects ⇨ **Boolean** ⇨ **Subtract**

จะได้วัตถุที่เป็น ดังรูปที่ 3.40ก และ 3.40ข



รูปที่ 3.40ก วัตถุที่ยังไม่ทำการ Subtract

รูปที่ 3.40ข วัตถุที่ทำการ Subtract แล้ว

3.15.3 วิธีการตัดเอาส่วนที่อยู่ร่วมกันของวัตถุ (Intersect Mode)

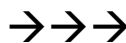
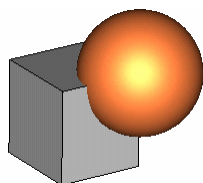
ทำเช่นเดียวกันกับการรวมวัตถุ (Add Mode) แต่เลือกคลิกรูปที่อยู่บน Objects toolbar ดังนี้

Boolean Intersect (x)

หรือคลิกที่ main menu แล้วเลือกดังนี้

Objects ⇨ **Boolean** ⇨ **Intersect**

จะได้วัตถุที่เป็น ดังรูปที่ 3.41ก และ 3.41ข



รูปที่ 3.41ก วัตถุที่ยังไม่ทำ Intersect

รูปที่ 3.41ข วัตถุที่ทำ Intersect แล้ว

3.15.4 วิธีการแทรกวัตถุ (Insert Mode)

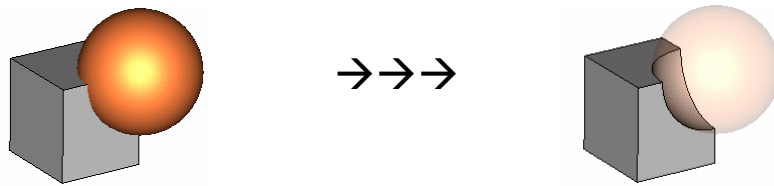
ทำเช่นเดียวกันกับการรวมวัตถุ (Add Mode) แต่เลือกคลิกรูปที่อยู่บน Objects toolbar ดังนี้

Boolean Insert (📐)

หรือ คลิกที่ main menu แล้วเลือกดังนี้

Objects ⇨ **Boolean** ⇨ **Insert**

จะได้วัตถุที่เป็น ดังรูปที่ 3.42ก และ 3.42ข



รูปที่ 3.42ก วัตถุที่ยังไม่ทำ Insert

รูปที่ 3.42ข วัตถุที่ทำ Insert แล้ว

ในบทที่ 3 นี้ได้นำเสนอวิธีการใช้โปรแกรม ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง วิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับแบบจำลองวิธีการประมวลผล วิธีการคำนวณค่า SAR (Specific absorption rates) และวิธีการทำงานของโมดูลในโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 จากนั้นจะเป็นการสร้างแบบจำลองของศีรษะมนุษย์ โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ แล้วทำการประมวลผลพร้อมกับการวิเคราะห์โดยการโปรแกรมนี้ เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกจากแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธว่ามีผลต่อศีรษะมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลโดยการใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5

จากการศึกษาการใช้งานโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ในบทที่ 3 และข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ และศีรษะมนุษย์ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการแสดงผลจากการวิเคราะห์ โดยการใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ซึ่งจะนำเสนอเกี่ยวกับแบบจำลองศีรษะมนุษย์ แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ ยานความถี่ที่ใช้งานของแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ ซึ่งแสดงด้วยค่า S-Parameter ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแบบจำลองโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์ และเปรียบเทียบผลกระทบต่อศีรษะมนุษย์จากการใช้แบบจำลองโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ

4.1 แบบจำลองศีรษะมนุษย์

แบบจำลองศีรษะมนุษย์ที่ได้สร้างขึ้นนี้เป็นแบบจำลองที่มีโครงสร้างของศีรษะมนุษย์โดยคร่าวๆ ซึ่งจะไม่ละเอียดเหมือนศีรษะมนุษย์จริงๆ แต่มีลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติหลักที่เหมือนกัน โดยมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

4.1.1 ผิวหนัง (Skin)

ชั้นผิวหนังเป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้ชั้นผิวหนังมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) เท่ากับ 0.6 S/m และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) เท่ากับ 35 F/m [11]

4.1.2 ไขมัน (Fat)

ชั้นไขมันเป็นส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาจากชั้นผิวหนังซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างชั้นผิวหนังกับกะโหลกของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้ชั้นไขมันมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) เท่ากับ 0.08 S/m และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) เท่ากับ 6 F/m [11]

4.1.3 กะโหลกศีรษะ (Skull)

กะโหลกศีรษะเป็นส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาจากชั้นไขมัน ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างชั้นไขมันกับชั้นของเลือดในโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้กะโหลกมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) เท่ากับ 0.11 S/m และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) เท่ากับ 8 F/m [11]

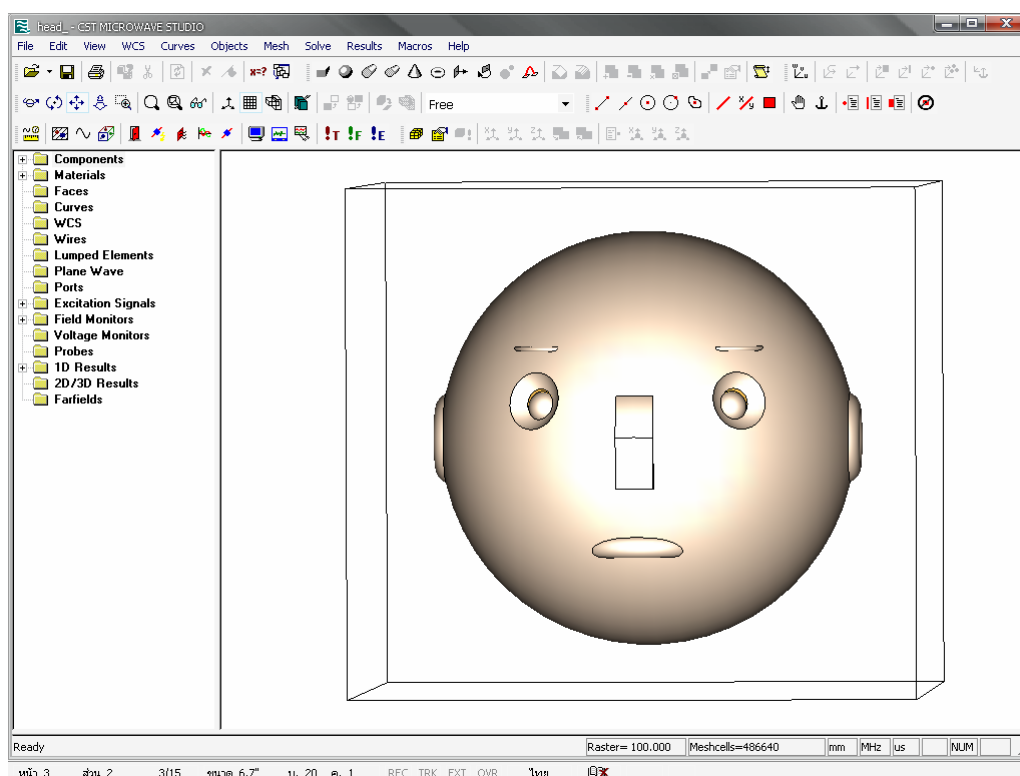
4.1.4 เลือด (Blood)

เลือดเป็นส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาจากกะโหลก ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างกะโหลกกับสมองในโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้เลือดมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) เท่ากับ 1.5 S/m และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) เท่ากับ 62 F/m [11]

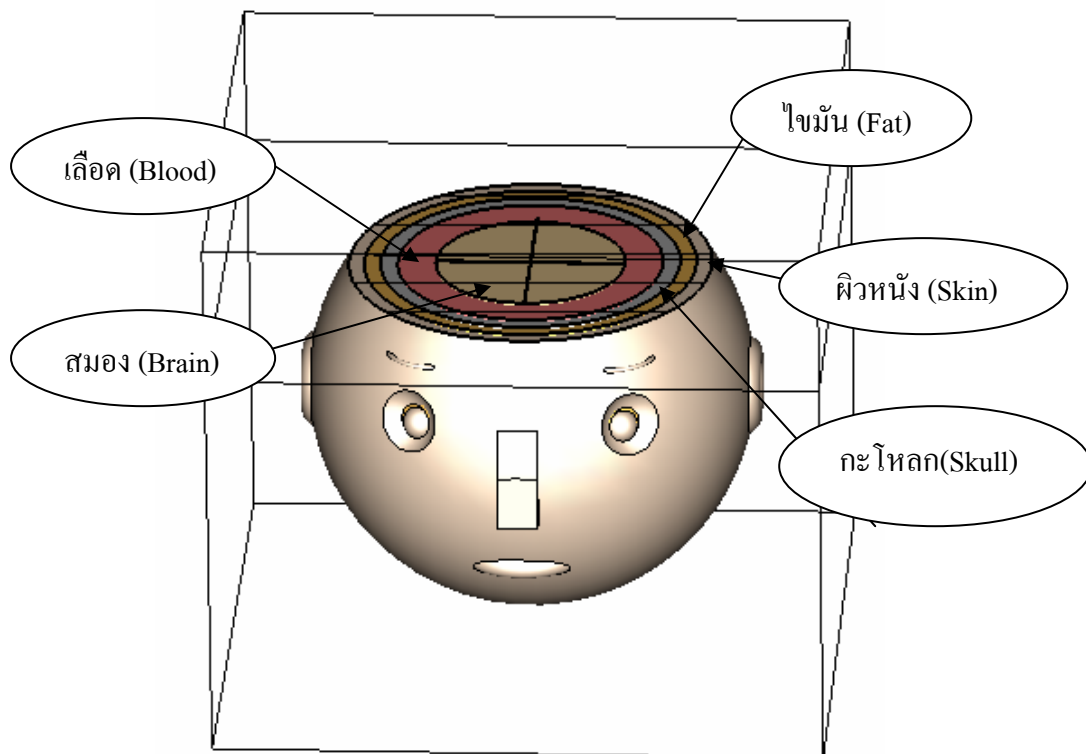
4.1.5 สมอง (Brain)

สมองเป็นส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาจากเลือด ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ข้างในสุดของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้สมองมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) เท่ากับ 0.5 S/m และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) เท่ากับ 45 F/m [12]

จากข้อมูลของส่วนประกอบศีรษะมนุษย์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถนำมาสร้างแบบจำลองศีรษะมนุษย์ ในโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ได้ดังรูปที่ 4.1ก และ 4.1ข



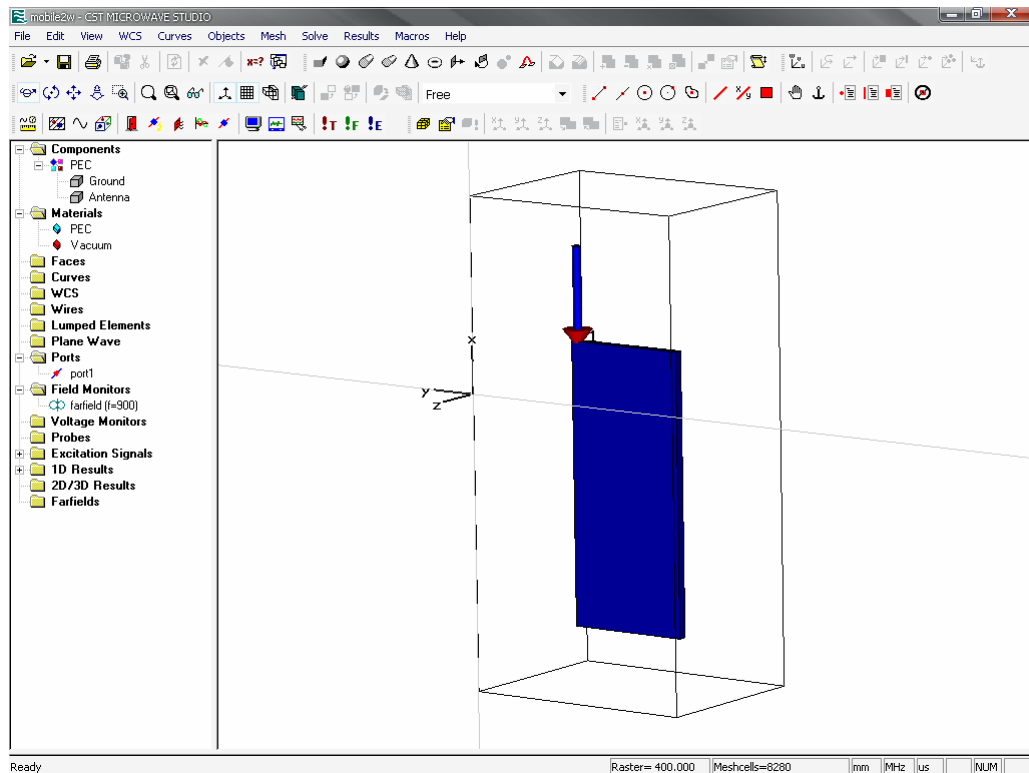
รูปที่ 4.1ก แบบจำลองของศีรษะมนุษย์



รูปที่ 4.1ข แสดงภาพตัดขวางของศีรษะที่สร้างขึ้น

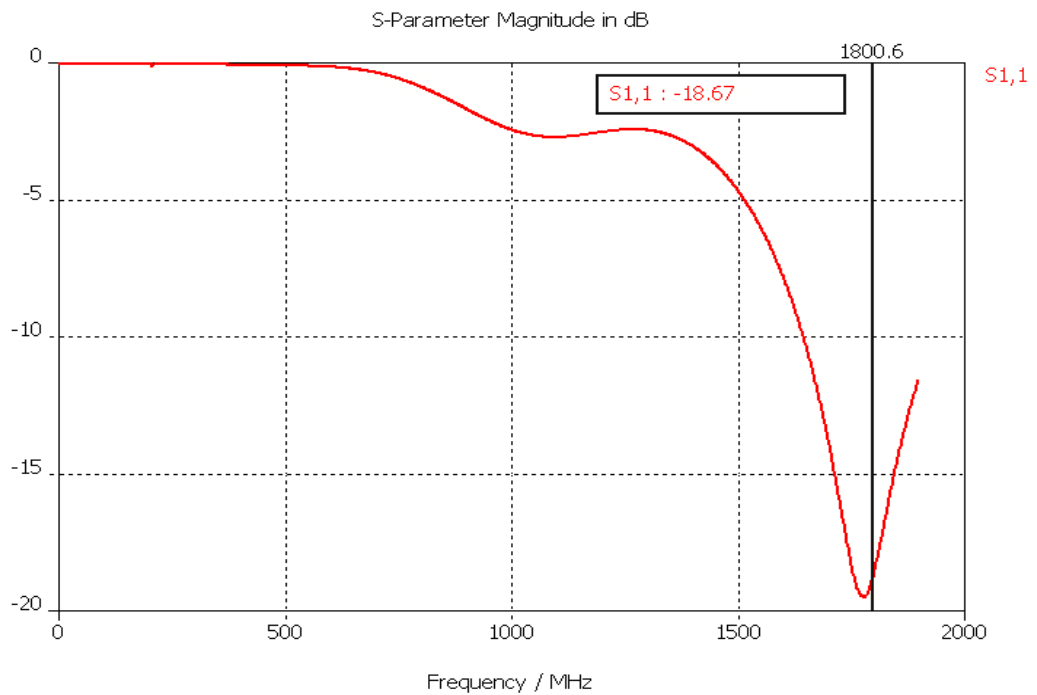
4.2 แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ

แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือระบบ GSM 1800 ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นกราวนด์ (Ground) และส่วนที่เป็นสายอากาศ (Antenna) โดยกำหนดให้ทั้ง 2 ส่วนนี้มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์ นั่นคือมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นอนันต์ (Perfect electrically conducting) ดังนั้นสามารถนำมาสร้างแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือในโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ได้ดังรูปที่ 4.2



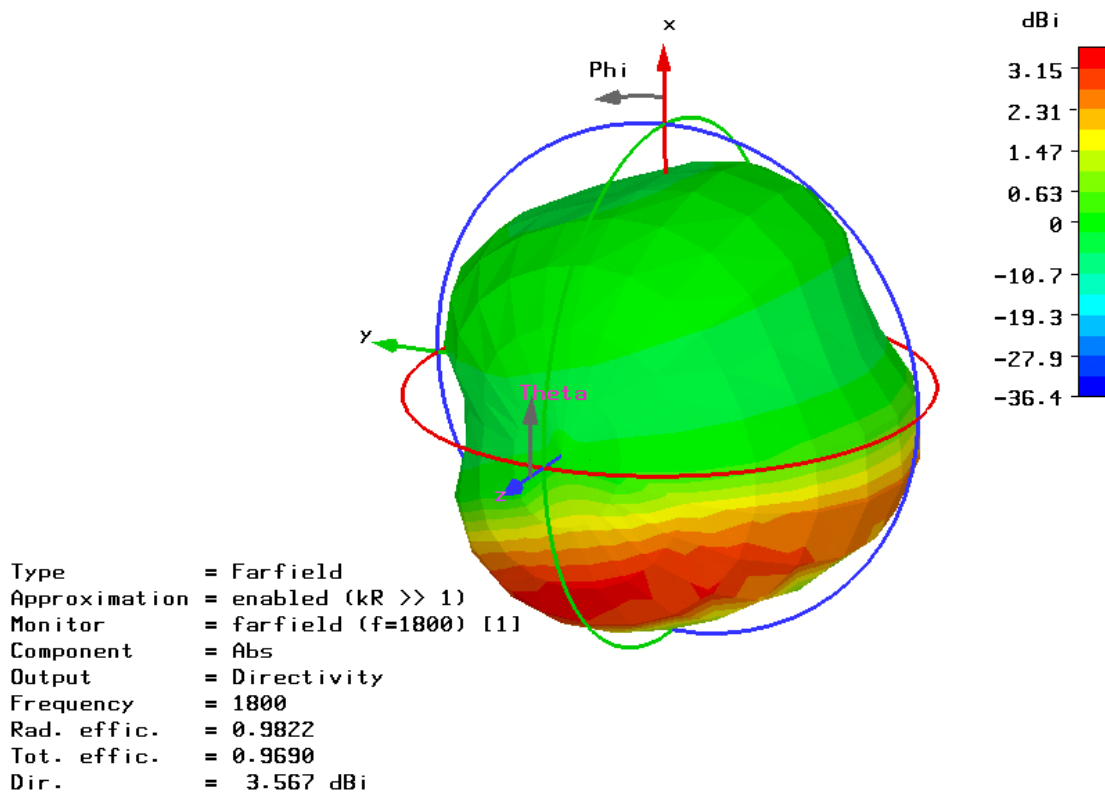
รูปที่ 4.2 แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.2 เมื่อได้แบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ โดยสร้างพอร์ตแบบ discrete ป้อนกำลังงาน 2.5 มิลลิวัตต์จากกราวด์ถึงสายอากาศแล้ว ต้องทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาถูกต้องหรือมีความแม่นยำกันมากน้อยเพียงใด และสามารถใช้งานที่ย่านความถี่ 1800 MHz ได้ดีหรือไม่ โดยทั้งหมดที่กล่าวมาสามารถดูได้จาก S-Parameter ($S_{1,1}$) โดยทั่วไปแล้วจะต่ำกว่า -10 dB [7] และค่า ($S_{1,1}$) ของแบบจำลองโทรศัพท์มือถือที่สร้างขึ้นมีค่าดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ย่านความถี่การใช้งานของโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ที่ความถี่ 1800 MHz แบบจำลองนี้สามารถใช้งานได้ดี เนื่องจากมีค่า S-Parameter (S1,1) เท่ากับ -18.67 dB เมื่อได้แบบจำลองที่ถูกต้องและสามารถใช้งานที่ความถี่ดังกล่าวได้ ต้องทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมเพื่อดูแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานของแบบจำลองนี้ดังแสดงในรูปที่ 4.4

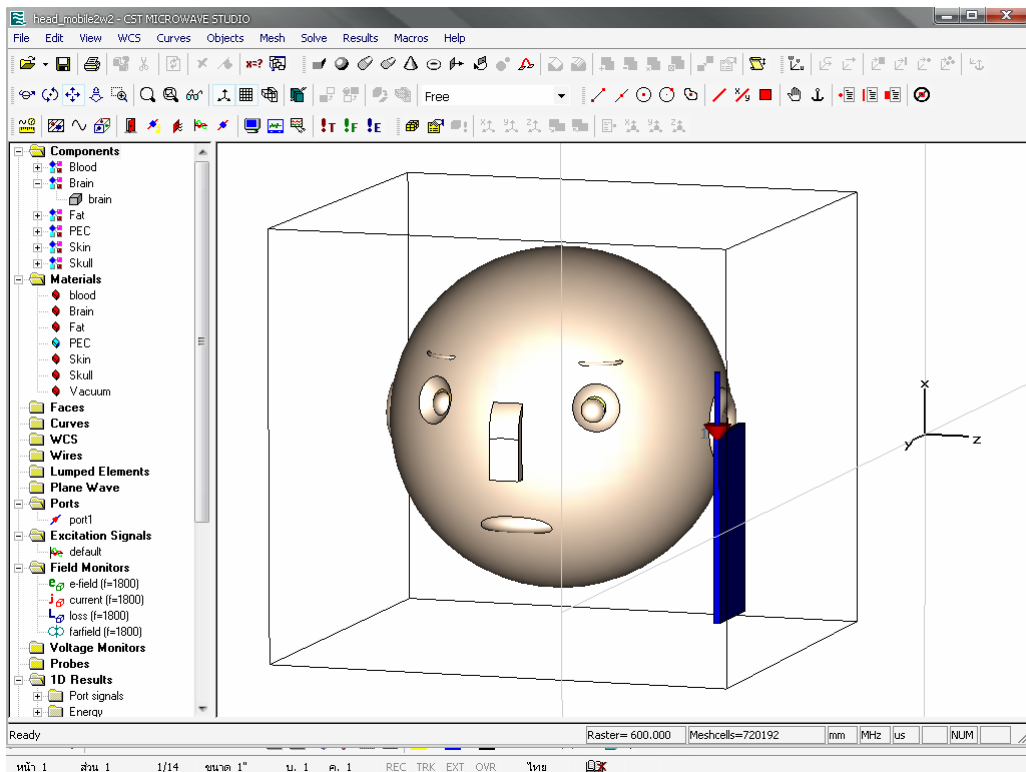


รูปที่ 4.4 แบบรูปการแผ่กระจายพลังงานของแบบจำลองโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.4 แสดงแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานของแบบจำลองโทรศัพท์มือถือที่มีสายอากาศเป็นโมโนโพลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์ โดยป้อนพลังงาน 4 วัตต์ ด้วยวิธี Discrete ณ ตำแหน่งพอร์ต 1 ซึ่งอยู่ระหว่างกราวด์กับสายอากาศ เมื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมจะได้แบบรูปการแผ่กระจายพลังงานที่ไม่มีทิศทางในระนาบที่กำหนดให้ หรือแบบรูปการแผ่คลื่นแบบรอบตัวในระนาบเดียว (Omni directional Pattern) คือมีเพียงระนาบในแนวนอนเท่านั้นที่คลื่นแผ่ออกไปรอบตัว การแสดงค่าของระดับพลังงานอยู่ในหน่วยของ dBi เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบกับตัวแผ่คลื่นแบบไอโซทรอปิก (Isotropic Radiator) ที่มีการแผ่คลื่นออกมาเท่ากันทุกทิศทาง

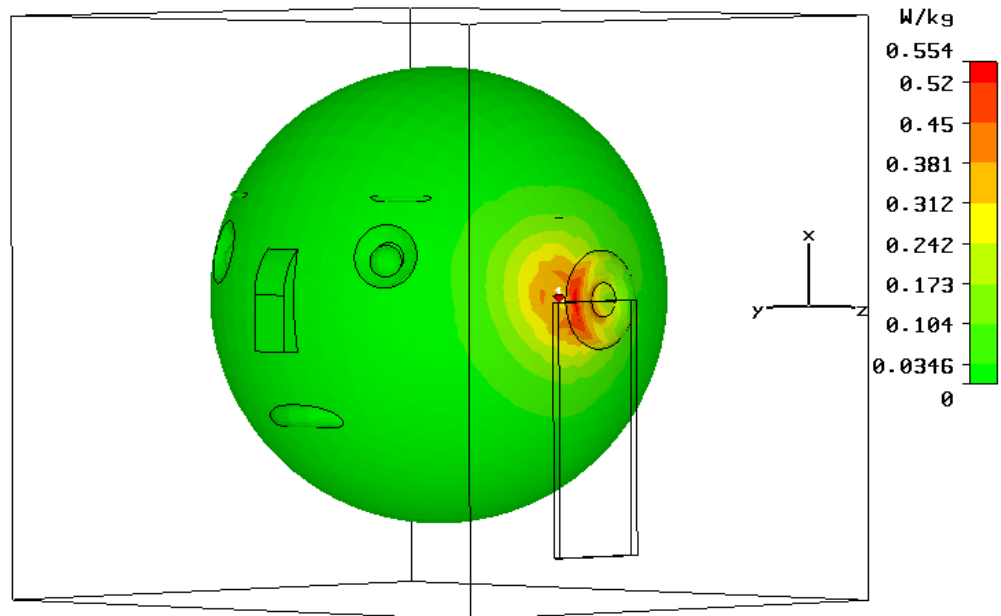
4.3 วิเคราะห์ผลกระทบจากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือที่มีต่อศีรษะมนุษย์

ในการวิเคราะห์จากโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 จะแสดงให้เห็นถึงการใช้งานที่ให้โทรศัพท์มือถือวางอยู่ห่างจากศีรษะมนุษย์เล็กน้อย เนื่องจากในการประมวลผลโปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้ถ้าให้โทรศัพท์มือถือวางติดกับศีรษะมนุษย์ จึงได้แบบจำลองศีรษะมนุษย์กับโทรศัพท์มือถือ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แบบจำลองศีรษะมนุษย์กับโทรศัพท์มือถือ

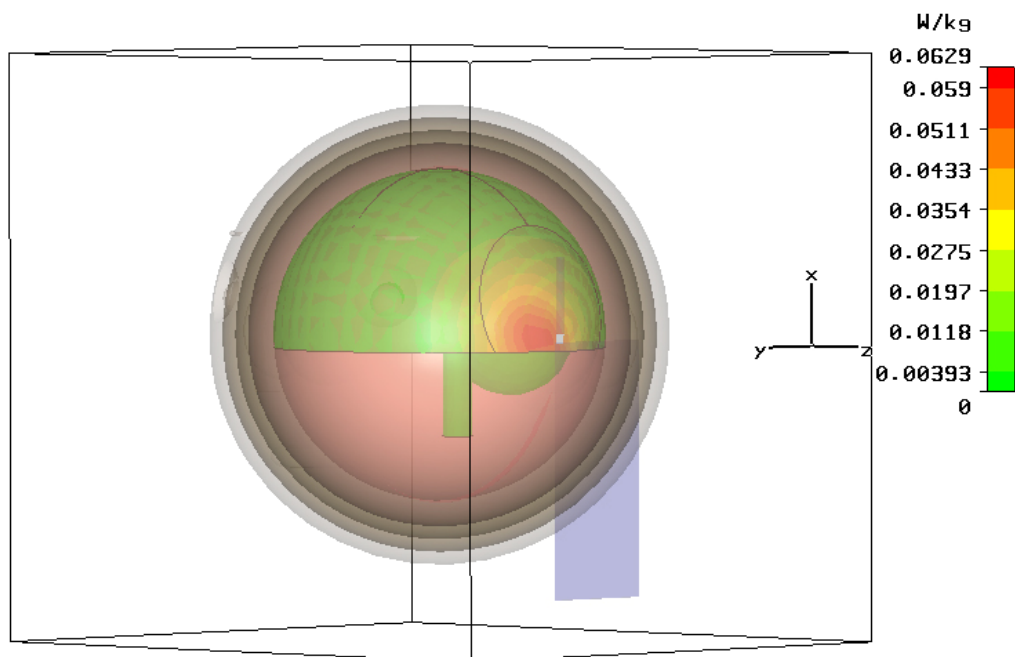
จากรูปที่ 4.5 เมื่อวางโทรศัพท์ใกล้กับศีรษะมนุษย์แล้ว จะเริ่มทำการประมวลผลโดยจะวิเคราะห์ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดซับ โดยศีรษะมนุษย์ และแสดงผลที่ได้ดังรูปที่ 4.6



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=1800) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.565119 W/kg at -0.2 / 17.1171 / -110
 Frequency = 1800

รูปที่ 4.6 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์

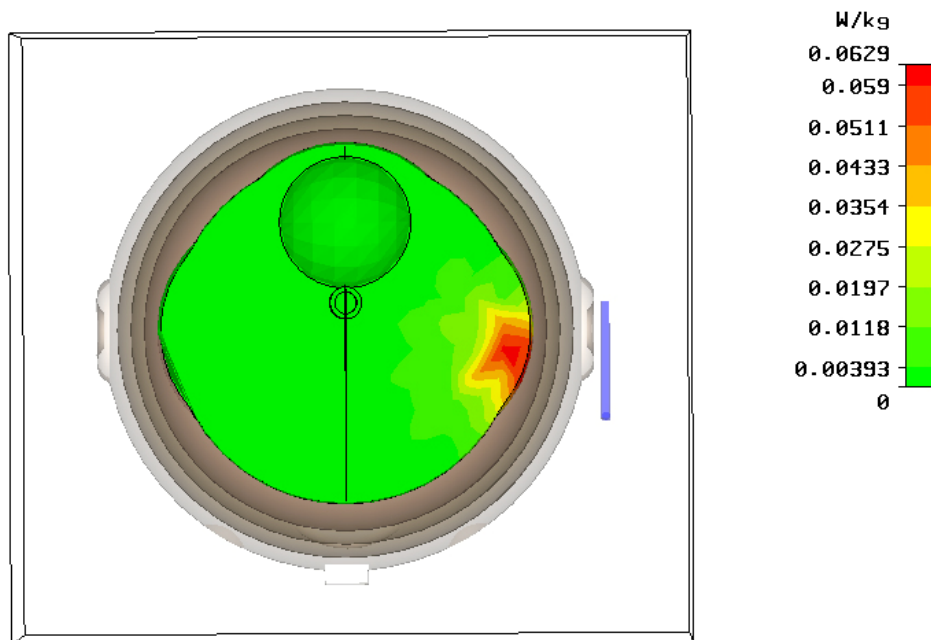
รูปที่ 4.6 เป็นการประมวลผลโดยคำนวณจากค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์ (SAR) โดยทำการวัดในเนื้อเยื่อทรงลูกบาศก์ขนาด 10 กรัม ที่ความถี่ 1800 MHz ซึ่งค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์ที่สูงที่สุดคือ 0.565119 W/kg ที่พิกัด $x = -0.2$ mm , $y = 17.1171$ mm และ $z = -110$ mm ซึ่งจุดนี้อยู่ที่บริเวณผิวหนังของมนุษย์ จากการวิจัยภายใต้ชื่อ “Reflex” ซึ่งวิจัยในห้องทดลองโดยใช้ค่า SAR 0.3 W/kg – 2 W/kg พบว่าค่าดังกล่าวมีอันตรายต่อเนื้อเยื่อและดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต [14] แสดงให้เห็นว่า ค่า SAR ที่ได้จากแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือนี้ อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ได้



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=1800) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.565119 W/kg at -0.2 / 17.1171 / -110
 Frequency = 1800

รูปที่ 4.7 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยสมอง

รูปที่ 4.7 เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยสมอง จะเห็นว่าค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์มีค่าลดลง เมื่อผ่าน โครงสร้างต่างๆของศีรษะมาแล้ว ค่า SAR ที่คำนวณได้จะดูจากแถบสีด้านข้าง โดยค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.0629 W/kg ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ในชั้นสมอง



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=1800) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.565119 W/kg at -0.2 / 17.1171 / -110
 Frequency = 1800

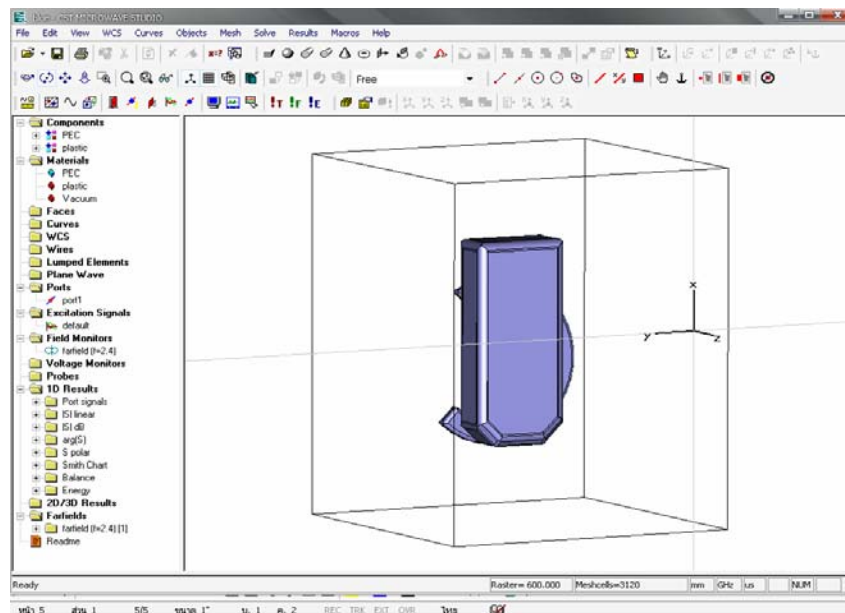
รูปที่ 4.8 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับ โดยสมองเมื่อมองจากภาพตัดขวางด้านบนของศีรษะมนุษย์

จากรูปที่ 4.8 เมื่อมองภาพตัดขวางด้านบนของศีรษะมนุษย์ ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยสมองมีการกระจายคลื่นเข้าไป เมื่อเทียบกับแถบสีด้านข้างจะเห็นว่าสีแดงซึ่งมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.0629 W/kg มีอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ในชั้นสมอง

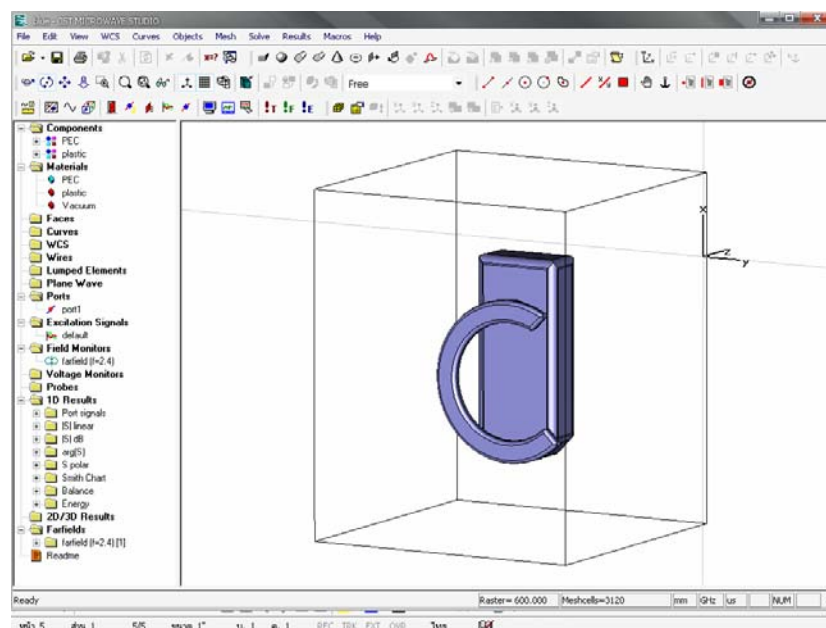
จากงานวิจัยของ Michal Okoniewski และ Maria A. Stuchly ซึ่งเป็นสมาชิกของ IEEE โดยทำการจำลองการใช้โทรศัพท์มือถือกับศีรษะมนุษย์ พบว่าค่า SAR จากการใช้โทรศัพท์มือถือเมื่อวัดจากเนื้อเยื่อทรงลูกบาศก์ขนาด 10 g มีค่า 0.8 W/kg [13] ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถเกิดอันตรายกับมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โทรศัพท์มือถือในโครงการนี้ ซึ่งมีค่า SAR สูงสุดเท่ากับ 0.565119 W/kg จะเห็นว่าค่า SAR มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถยืนยันได้ว่าการใช้โทรศัพท์มือถืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อศีรษะมนุษย์ได้

4.4 แบบจำลองของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ

รูปที่ 4.9ก และ 4.9ข เป็นภาพด้านหน้า และด้านหลังของแบบจำลองของชุดอุปกรณ์หูฟังบลูทูธ ซึ่งสายอากาศที่ใช้คือ สายอากาศของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson HBH-60 โดยใช้แผ่นโลหะเป็นสายอากาศซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์ นั่นคือมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นอนันต์ (Perfect electrically conducting) ทำงานในย่านความถี่ 2.4 GHz โดยสร้างพอร์ตแบบ Discrete ป้อนกำลังงาน 2.5 มิลลิวัตต์จากราวด์ถึงสายอากาศ

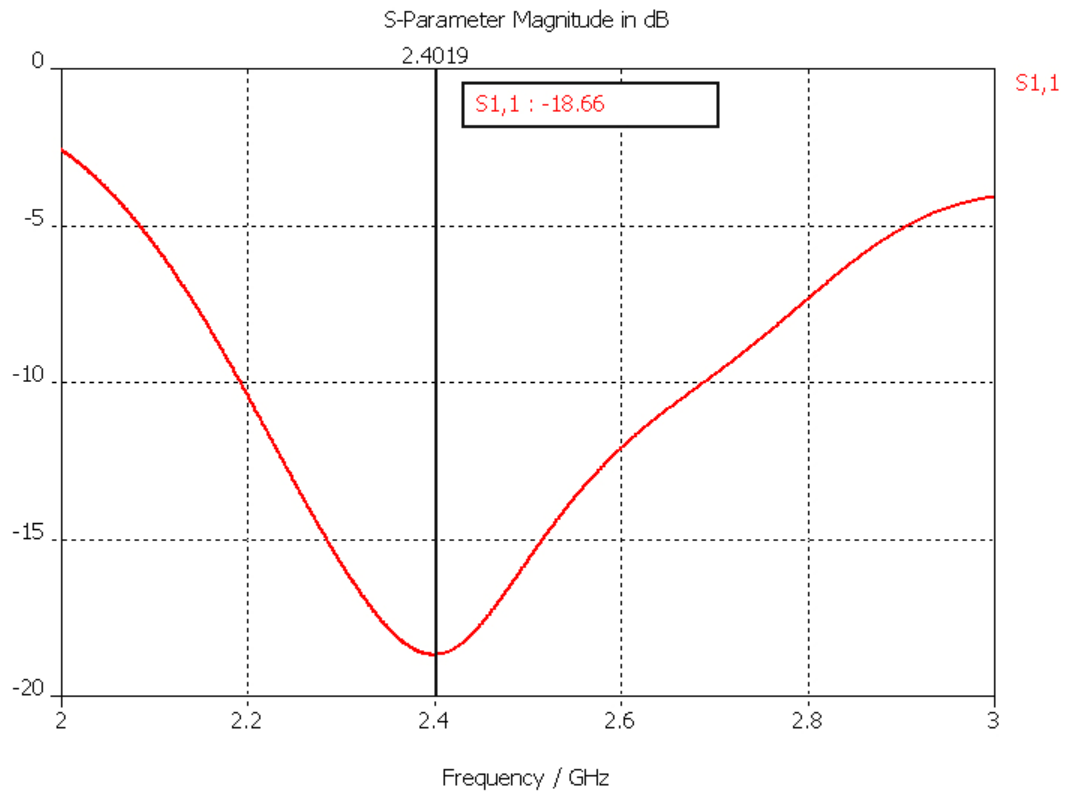


รูปที่ 4.9ก แบบจำลองชุดอุปกรณ์หูฟังบลูทูธด้านหน้า

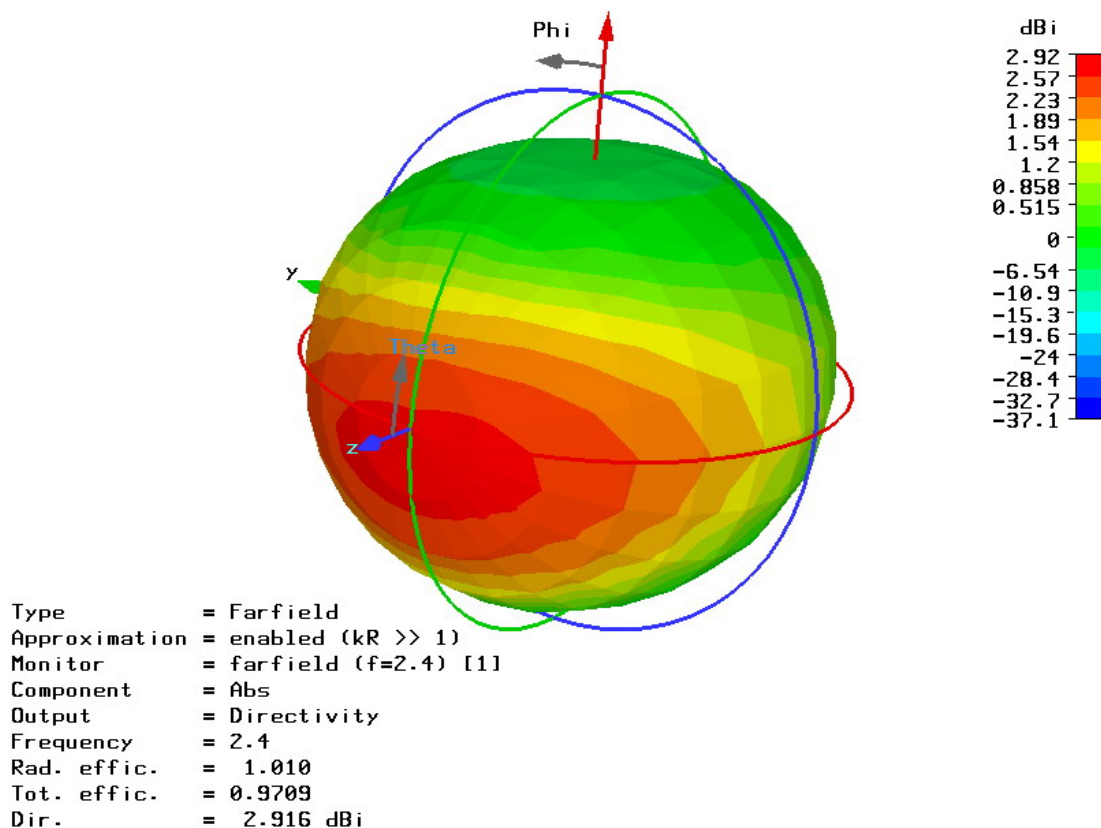


รูปที่ 4.9ข แบบจำลองชุดอุปกรณ์หูฟังบลูทูธด้านหลัง

อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธนี้สามารถทำงานได้ที่ย่านความถี่ประมาณ 2.2 GHz – 2.7 GHz โดยดูจากค่า S-พารามิเตอร์ (S1,1) ซึ่งต่ำกว่า -10 dB [7] และสามารถทำงานได้ดีที่ 2.4 GHz ซึ่งมีค่า (S1,1) ประมาณ -18.66 dB ดังแสดงในรูปที่ 4.10



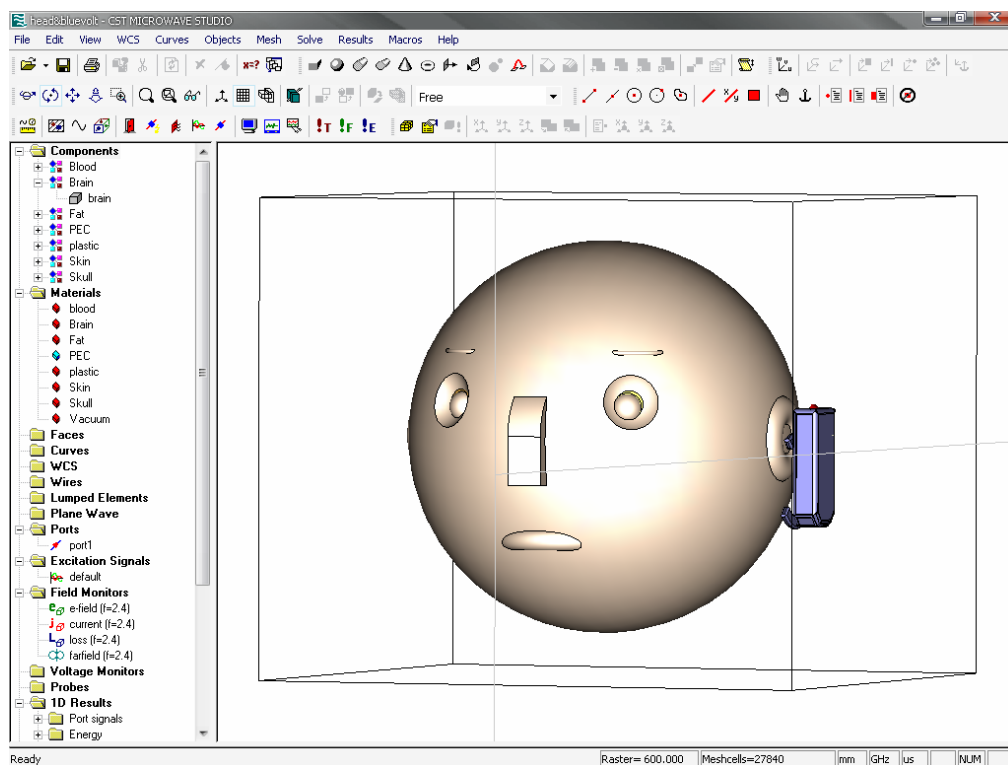
รูปที่ 4.10 ย่านความถี่การใช้งานของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ



รูปที่ 4.11 แบบรูปการแผ่กระจายพลังงานของแบบจำลองอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ

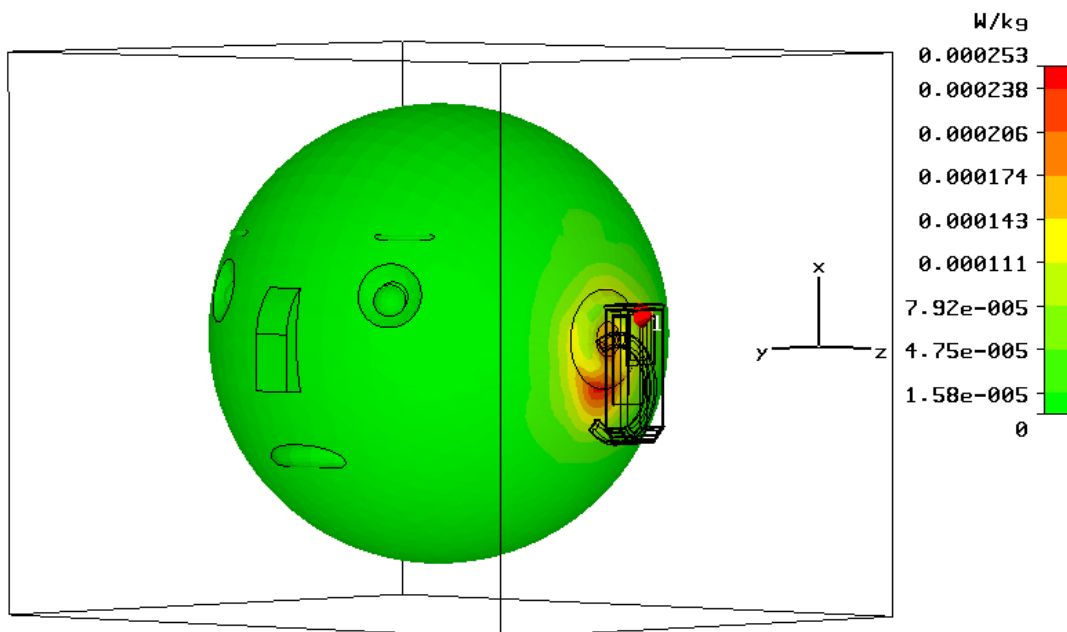
จากรูปที่ 4.11 แสดงแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานของแบบจำลองอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ใช้แผ่นโลหะเป็นสายอากาศ มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์และป้อนพลังงานด้วยวิธี Discrete เช่นเดียวกับแบบจำลองโทรศัพท์มือถือ แต่พลังงานที่ป้อนเท่ากับ 2.5 มิลลิวัตต์ เมื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมจะได้แบบรูปการแผ่กระจายพลังงานที่มีลักษณะเจาะจงทิศทาง เนื่องจากมีคุณสมบัติในการแผ่หรือรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศทางอื่นๆ ในแบบจำลองนี้มีทิศทางสูงสุดชี้ไปทางด้านหน้าของสายอากาศเพื่อรับสัญญาณจากโทรศัพท์มือถือ การแสดงค่าระดับพลังงานอยู่ในหน่วยของ dBi เช่นเดียวกับแบบจำลองโทรศัพท์มือถือ

4.5 วิเคราะห์ผลกระทบจากแบบจำลองชุดหูฟังบลูทูธที่มีต่อศีรษะมนุษย์



รูปที่ 4.12 แบบจำลองศีรษะมนุษย์กับอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ

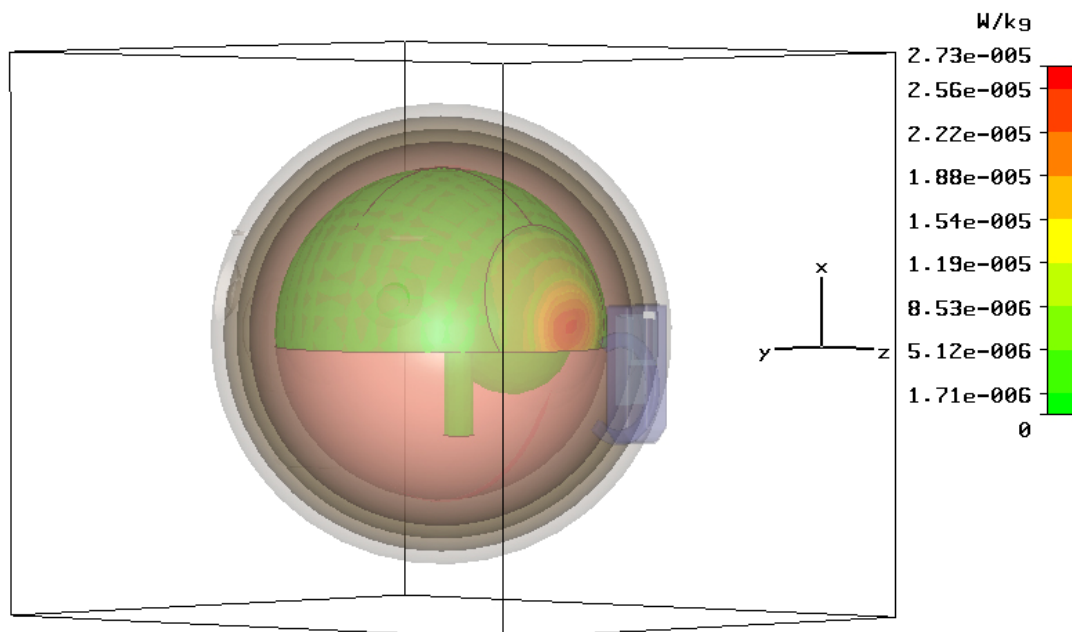
รูปที่ 4.12 เป็นการนำแบบจำลองศีรษะมนุษย์กับอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 โดยวางอุปกรณ์ให้ห่างจากชั้นผิวหนังของมนุษย์เล็กน้อย เนื่องจากโปรแกรมมีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของแบบจำลอง จึงไม่สามารถจัดวางอุปกรณ์ตามทางปฏิบัติจริงได้ และโปรแกรมจะประมวลผลไม่ได้ถ้าหากมีชิ้นงานที่วางติดกันเกินไป



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=2.4) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.00030845 W/kg at -5 / 0 / -117.5
 Frequency = 2.4

รูปที่ 4.13 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์

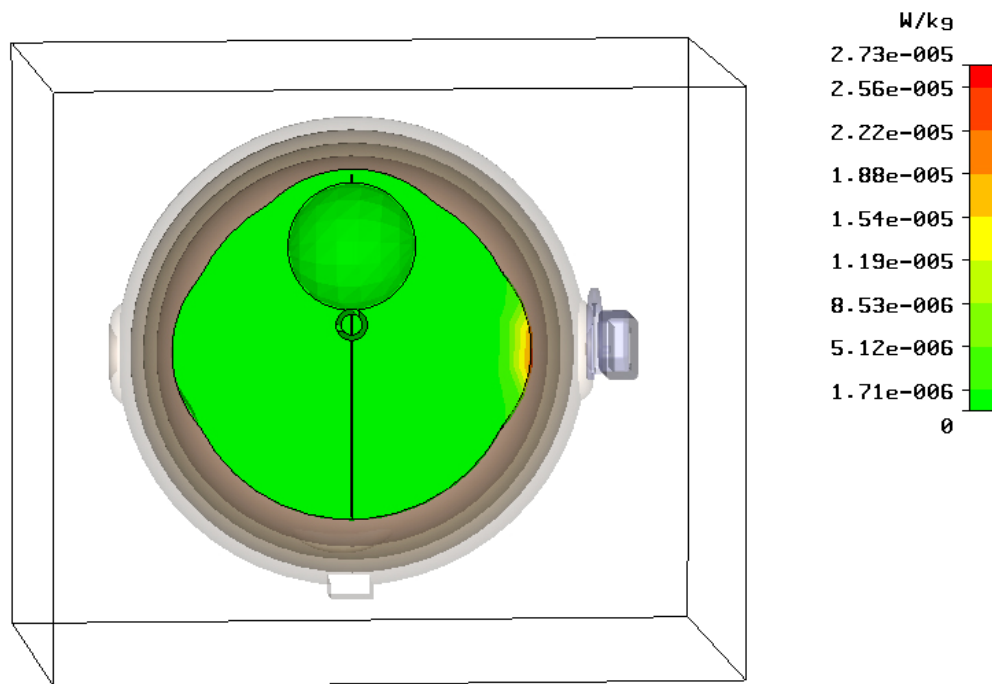
จากรูปที่ 4.13 เป็นการประมวลผลโดยคำนวณจากค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์ (SAR) โดยทำการวัดในเนื้อเยื่อทรงลูกบาศก์น้ำหนัก 10 กรัม ที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.00030845 W/kg ที่พิกัด $x = -5$ mm, $y = 0$ mm และ $z = -117.5$ mm โดยจุดนี้อยู่ที่บริเวณผิวหนังของมนุษย์ แบบจำลองของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธนี้มีค่า SAR น้อยกว่าแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือซึ่งมีค่า SAR สูงสุดเท่ากับ 0.565119 W/kg



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=2.4) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.00030845 W/kg at -5 / 0 / -117.5
 Frequency = 2.4

รูปที่ 4.14 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยสมอง

จากรูปที่ 4.14 เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยสมอง จะเห็นว่าค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือที่ดูดซับโดยศีรษะมนุษย์มีค่าลดลงมาก เมื่อผ่าน โครงสร้างต่างๆ ของศีรษะมาแล้ว ค่า SAR ที่คำนวณสามารถดูได้จากแถบสีด้านข้าง โดยค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.0000273 W/kg



Type = SAR (rms)
 Monitor = loss (f=2.4) [1] (10g)
 Maximum-3d = 0.00030845 W/kg at -5 / 0 / -117.5
 Frequency = 2.4

รูปที่ 4.15 ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยสมอง เมื่อมองจากภาพตัดขวางด้านบนของศีรษะมนุษย์

จากรูปที่ 4.16 เมื่อมองภาพตัดขวางด้านบนของศีรษะมนุษย์ ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ดูดซับโดยสมองมีการกระจายคลื่นเข้าไปน้อยมาก เมื่อเทียบจากแถบสีด้านข้างจะเห็นว่าสีแดงมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.0000273 W/kg ซึ่งมีค่าน้อยมากๆ

4.6 การเปรียบเทียบค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดซับโดยชั้นต่างๆ ในศีรษะมนุษย์

ตารางที่ 4.1 ค่าพลังงานสูงสุดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งดูดซับโดยชั้นต่างๆ ในโครงสร้างศีรษะมนุษย์ที่ได้จากแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ

ชั้น (Layer)	ค่า SAR (W/kg)	
	โทรศัพท์มือถือ	อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ
ผิวหนัง (Skin)	0.565119	0.0003084
ไขมัน (Fat)	0.374000	0.0002020
กะโหลก (Skull)	0.202000	0.0001170
เลือด (Blood)	0.066600	0.0000610
สมอง (Brain)	0.062900	0.0000273

จากตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกจากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธซึ่งถูกดูดซับโดยเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ ในแบบจำลองของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าค่า SAR ที่ได้จากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือมีค่ามากกว่าค่า SAR ที่ได้จากแบบจำลองของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธมากๆ โดยค่าที่ได้จากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือมีค่ามากที่สุดคือ 0.565119 W/kg ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อเทียบกับผลการวิจัยภายใต้ชื่อ “Reflex” [14] ส่วนค่าที่ได้จากอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธมีค่าน้อยมากหรือประมาณศูนย์นั่นเองจึงไม่มีผลต่อส่วนใดของศีรษะมนุษย์ ดังนั้นจากการเปรียบเทียบดังกล่าว พบว่าการนำอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธมาใช้แทนการใช้โทรศัพท์มือถือโดยตรงจะช่วยลดพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากโทรศัพท์มือถือซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้

ในบทที่ 4 นี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดูดซับโดยเนื้อเยื่อโดยใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ในบทต่อไปจะเป็นบทสรุป ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของโครงการการศึกษาการแผ่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลกระทบต่อศีรษะของมนุษย์

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

โครงการฉบับนี้ ได้ศึกษาการแผ่กระจายคลื่นจากโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธที่ส่งผลต่อศีรษะมนุษย์ โดยใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 ในการสร้างแบบจำลองของศีรษะมนุษย์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลระหว่างแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธว่าแบบไหนมีผลต่อศีรษะมนุษย์มากกว่ากัน

จากแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ กำหนดให้เป็นแบบจำลองของระบบ GSM 1800 โดยป้อนอินพุตให้กับสายอากาศ 4 วัตต์ และวัสดุที่ใช้ทำตัวกราวนด์กับสายอากาศกำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์ นั่นคือมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นอนันต์ ส่วนแบบจำลองของอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ กำหนดให้ใช้งานที่ความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ต โดยป้อนอินพุต 2.5 มิลลิวัตต์ และวัสดุที่ใช้ทำสายอากาศเป็นตัวนำไฟฟ้าที่สมบูรณ์เช่นเดียวกับแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ ส่วนแบบจำลองของศีรษะมนุษย์มีส่วนประกอบของโครงสร้างศีรษะมนุษย์ 4 ชั้น ได้แก่ ผิวหนัง ไขมัน กะโหลกศีรษะ เลือด และสมอง ซึ่งมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

การวิเคราะห์ผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดซับโดยเนื้อเยื่อมนุษย์(SAR) พบว่าเมื่อนำแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือไปใช้กับแบบจำลองศีรษะมนุษย์แล้วประมวลผลด้วยโปรแกรมจะได้ค่า SAR สูงสุดเท่ากับ 0.565119 วัตต์ต่อกิโลกรัม ซึ่งผลจากการวิจัยภายใต้ชื่อ “Reflex” ของนักวิจัยในสหภาพยุโรปแสดงให้เห็นว่าค่า SAR ที่เป็นอันตรายกับเซลล์และดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต โดยไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรและน่าจะเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง อยู่ที่ระดับความเข้ม 0.3–2 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดังนั้นค่า SAR ที่ได้จากแบบจำลองโทรศัพท์มือถือนี้อาจส่งผลกระทบต่อศีรษะมนุษย์ได้

ในการศึกษาผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อศีรษะมนุษย์ เมื่อเปลี่ยนจากแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือมาใช้แบบจำลองของบลูทูธแทน พบว่าค่า SAR สูงสุดคือ 0.00030845 วัตต์ต่อกิโลกรัม จะเห็นว่ามีย่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแบบจำลองของโทรศัพท์มือถือ และถึงแม้จะอ้างอิงจาก “Reflex” ก็พบว่าไม่มีผลเช่นกัน จากค่า SAR ที่น้อยมากๆ นี้ทำให้ทราบว่าการใช้อุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธแทนจะไม่มีผลต่อศีรษะมนุษย์เลย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ไม่มีความรู้ความสามารถในการใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 มาก่อนจึงทำให้เสียเวลาในการศึกษาการใช้งานโปรแกรมมากพอสมควร
2. ในส่วนของแบบจำลองอุปกรณ์ชุดหูฟังบลูทูธ Sony Ericsson HBH-60 เอกสารที่ใช้อ้างอิงไม่ได้บอกค่าความกว้างของแผ่นโลหะที่ใช้ทำสายอากาศ(w) และความกว้างของสายอากาศ (d) โดยค่า d สามารถคำนวณได้จากสูตร แต่ค่า w ไม่สามารถคำนวณได้ จึงต้องทำการสุ่มค่าตัวแปรเองเพื่อให้ได้ค่า $S_{1,1}$ ออกมาน้อยกว่า -10 dB ที่ความถี่ 2.4 GHz

5.3 ข้อเสนอแนะ

สิ่งสำคัญที่สุดในการทำโครงการคือ ต้องมีความรู้และความเข้าใจในการใช้โปรแกรมเป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองต่างๆ ได้รวดเร็วและเหมือนจริงมากที่สุด

บรรณานุกรม

- [1] Peter Lindberg, "Wideband Active and Passive Antenna Solutions for Headheld Terminals", Uppsala Universitet, 2007.
- [2] คณะกรรมการโครงการฉลาดเขียว, "ข้อกำหนดฉลาดเขียวสำหรับมือถือ", สำนักงานเลขานุการโครงการฉลาดเขียว, 2546.
- [3] ดร.พีรพงษ์ อุฑารสกุล, "เอกสารประกอบการสอนวิชา 427459 Mobile Communication Systems", มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2550.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Bluetooth_profiles.
- [5] <http://www.moblie-review.com/>
- [6] Henrik Jidhage and Anders Stjernman, "Hooked loop antenna concept for Bluetooth Headset Applications", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium Vol.4, 2004, PP. 3521-3524.
- [7] Chan Ngar Loong Alan Low, "Voltage Low Power CMOS Frontend for Bluetooth Application", Department of Electrical and Electronic Engineering the Hong Kong University of Science and Technology August, 2001, PP. 1-9.
- [8] โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO 5 (<http://www.cst.com/>)
- [9] <http://www.einsteins-emporium.com/human-anatomy>
- [10] http://www.wnmu.edu/clubs/Psi%20Chi%20/wnmu_psychology_club.htm
- [11] <http://www.promma.ac.th/biology/web2/index.htm>
- [12] <http://www.familydoctor.co.uk/.../images/stroke-2.jpg>
- [13] Michel Okoniewski, "A Study of the Headset Antenna and Human Body Interaction", IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October, 1996, PP. 1855-1864.
- [14] <http://www.healthdd.com/>