

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านดาวเทียม



พงษ์ศักดิ์ สุ่มพันธ์ไพบูลย์.

...ปัจจุบันมีบริษัทที่ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บนโลกนี้นับพันบริษัท บางบริษัทให้บริการเฉพาะเมืองใหญ่ๆ บางบริษัทให้บริการได้ครอบคลุมทั่วประเทศ มีเพียงบางบริษัทเท่านั้นที่ให้บริการสัญญาณข้ามประเทศหรือเชื่อมต่อกับระบบอื่นๆ แต่ไม่มีบริษัทใดเลยที่ให้บริการครอบคลุมทั่วทั้งโลก จุดมุ่งหมายของ ICO คือการทำสิ่งนี้ให้เป็นจริงโดยใช้ระบบดาวเทียมเข้ามาใช้งานร่วมกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีอยู่แล้ว และ ICO จะเป็นทางเลือกใหม่ ถ้าผู้ใช้ประสบปัญหาการเข้ากันไม่ได้ระหว่างระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน หรืออยู่นอกเขตบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์ ICO จะทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับใครก็ได้ทุกเวลาทุกสถานที่ และ ICO จะเริ่มให้บริการได้ภายในปี 1999....

การให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการของโลก ถึงแม้ว่า ICO จะใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้า แต่ ICO มิได้มุ่งเน้นแต่เรื่องเทคโนโลยีหากมีพื้นฐานอยู่ที่การตอบสนองความต้องการของคนทั่วโลกเป็นสำคัญ ก่อนที่ ICO จะเลือกระบบดาวเทียมเพื่อโครงการนี้ ทีมงานของ ICO เริ่มต้นโครงการโดยการค้นคว้าวิจัยและศึกษาโครงการนี้ในหลายๆ ประเทศ เพื่อที่จะทราบอย่างแน่ชัดว่าผู้ใช้โทรศัพท์คาดหวังอะไรจากการบริการโทรศัพท์มือถือผ่านดาวเทียม เช่น การบริการใดที่มีความจำเป็นและสำคัญ? มีทางเลือก

อะไรบ้าง? ราคาที่เหมาะสม? กลุ่มลูกค้าประเภทใด และจะใช้เพื่องานอะไร?

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ ICO ได้ริเริ่มออกแบบระบบซึ่งจะตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โดย ICO จะให้บริการที่ดีที่สุดควบคู่กับราคาที่เหมาะสมที่สุด พร้อมกับให้ความมั่นใจในการบริการทั่วโลก

คุณสมบัติพิเศษของระบบ ICO

- เครื่องโทรศัพท์เป็นแบบ Dual Mode คือสามารถสลับใช้ได้ทั้งระบบดาวเทียมและระบบเซลล์ลูลาร์ในเครื่องเดียวกัน
- ระบบดาวเทียมที่จะทำให้มีโอกาสสูงที่จะโทรติดได้ในครั้งแรกที่โทร และลดโอกาสที่สายจะหลุดในขณะที่พูดโทรศัพท์ให้น้อยที่สุด
- มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อมีสายเรียกเข้า
- มีค่าใช้จ่ายต่ำ จากการใช้เครือข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินที่มีอยู่แล้วในการเชื่อมต่อระหว่างสถานีดาวเทียม ICO ทั่วโลก
- จัดการให้บริการอย่างพอเพียงสำหรับพื้นที่ที่ต้องการใช้มาก สัญญาณครอบคลุมทั่วโลก ไม่ใช่แค่เพียงพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นเท่านั้น
- สามารถบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และโทรสารที่ทันสมัย
- อุปกรณ์รับส่งสัญญาณสำหรับ รถเรือ เครื่องบิน และการใช้งานอื่นๆ

- มีระบบโทรศัพท์และตู้โทรศัพท์สาธารณะในถิ่นทุรกันดาร
- มีบริการฝากข้อความอัตโนมัติและบริการพิเศษอื่นๆ เช่น โทรศัพท์ฉุกเฉินและบริการช่วยนำทาง
- มีบริษัทตัวแทนในแต่ละประเทศและในระดับภูมิภาค ซึ่งรู้ถึงความต้องการของผู้ใช้ในถิ่นนั้นๆ

ประวัติความเป็นมาของโครงการ

ในปี 1989 หน่วยงานเล็กๆ ในองค์การอินมาแซท (Inmarsat) ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาค้นคว้าถึงความเป็นไปได้ในการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมโดยใช้โทรศัพท์มือถือขนาดเล็ก (องค์การอินมาแซทก่อตั้งขึ้นในปี 1979 ปัจจุบันเป็นองค์การระหว่างชาติซึ่งประกอบด้วยประเทศสมาชิกทั้งหมด 79 ประเทศ อินมาแซทให้บริการระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมซึ่งโคจรในระบบ GEO Stationary สำหรับเรือสินค้า เครื่องบินโดยสาร และการใช้งานภาคพื้นดินอื่นๆ เพียงผู้เดียวในโลก) หน่วยงานดังกล่าวเรียกตนเองว่า Project 21

นอกจากการศึกษาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับดาวเทียม GEO Stationary ของอินมาแซทที่มีอยู่แล้ว และที่กำลังจะถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าทั่วโลก Project 21 ยังได้ศึกษาถึงความต้องการของผู้ใช้โทรศัพท์ในอนาคต และว่าจะทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ใช้พอใจโดย

ใช้เทคโนโลยีอันก้าวหน้าของระบบดาวเทียม ความพยายามนี้ได้ออกให้เกิดแนวคิดของรูปแบบการบริการใหม่และพื้นฐาน (specification) ของการออกแบบระบบดาวเทียม ICO และในปี 1995 บริษัท ICO Global Communications Limited ถูกก่อตั้งขึ้นมาเพื่อเป็นหน่วยงานทางการพาณิชย์ จากผู้ร่วมทุนกว่า 40 ประเทศ โดยมีองค์กรอำนวยการอินมาแซทเป็นผู้ริเริ่มโครงการ ICO เพราะฉะนั้น ICO จึงเรียกได้ว่าเป็นองค์กรระดับนานาชาติโดยแท้จริง ไม่ได้เป็นบริษัทของประเทศใดประเทศหนึ่งเพียงผู้เดียว การลงทุนและการบริหารของ ICO เป็นการแบ่งหน้าที่ของบริษัทร่วมทุนจากหลายๆ ประเทศทั่วโลก ผลกำไรจากการดำเนินงานจะถูกแบ่งกันตามสัดส่วนการถือหุ้นพนักงาน และผู้รับเหมาโครงการจะถูกคัดเลือกจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและมีชื่อเสียงทางด้านนี้ๆ การเข้ารวมกับองค์กรอำนวยการอินมาแซททำให้เห็นภาพรวมของการเป็นองค์กรระดับนานาชาติ

ด้วยความโดดเด่นของโครงการ ICO ที่มีเอกลักษณ์ในความเป็นองค์กรระดับนานาชาติ ICO จะสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่จะนำเทคโนโลยีอันก้าวหน้าทางด้านการสื่อสารไปสู่ประชาชนในทวีปต่างๆ ไม่ว่าผู้คนเหล่านั้นจะอาศัยหรือทำงานอยู่ที่ใดในโลก

ด้วยความสำเร็จและความโดดเด่นของโครงการ ICO ที่มีเอกลักษณ์ในความเป็นองค์กรระดับนานาชาติ ICO จะสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่จะนำเทคโนโลยีอันก้าวหน้าทางด้านการสื่อสารไปสู่ประชาชนในทวีปต่างๆ ไม่ว่าผู้คนเหล่านั้นจะอาศัยหรือทำงานอยู่ที่ใดในโลก

ระบบดาวเทียมของ ICO

ระบบดาวเทียม ICO ประกอบด้วยดาวเทียม 12 ดวง - ใช้งาน 10 ดวง และสำรองอีก 2 ดวง - โคจรบน 2 ระนาบ เคลื่อนที่อยู่นิ่งเหนือโลกด้วยความสูง 10,335 กิโลเมตร และวงโคจรทำมุม 45° กับเส้นศูนย์สูตร

ดาวเทียมแต่ละดวง สามารถรองรับโทรศัพท์ได้ถึง 4,500 สายในช่วงเวลาเดียวกัน

โดยรับ-ส่งผ่านลำคลื่น spot beam ถึง 163 ลำ ขณะนี้ดาวเทียม ICO อยู่ในระหว่างการสร้างโดยบริษัท Huges Space and Communications บริษัท Huges นี้มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ California เป็นบริษัทชั้นนำของโลกทางด้านอากาศยานสำหรับการพาณิชย์

ดาวเทียมดวงแรกจะถูกส่งขึ้นในปี 1998 จะเริ่มให้บริการในช่วงแรกได้ประมาณกลางปี 1999 และจะให้บริการอย่างสมบูรณ์ทั้งระบบในปี 2000 ดาวเทียม ICO จะทำการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องลูกข่ายของผู้ใช้กับเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน การสื่อสารดาวเทียมในระบบ ICO จะใช้คลื่นความถี่ 2 GHz และจากดาวเทียมสู่พื้นโลกจะผ่านสถานีดาวเทียม (SANs) จำนวน 12 สถานีซึ่งเชื่อมต่อกันรอบโลกซึ่งจะทำให้การต่อโทรศัพท์เป็นไปอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนบนโลก

ผู้ร่วมลงทุน

ผู้ร่วมลงทุนมากกว่า 60 บริษัทที่เป็นผู้ร่วมทุนและเป็นหุ้นส่วนใน ICO เป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศต่างๆ ทั่วโลก นอกจากนี้ผู้ร่วมทุนเหล่านี้ทั้งหมดเมื่อรวมกันจะเป็นผู้ให้บริการสื่อสารเคลื่อนที่แก่ประชากรกว่า 15 ล้านคนทั่วโลก ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าองค์กรเหล่านี้จะต้องรู้ดีว่าผู้ใช้โทรศัพท์ในประเทศของตนต้องการอะไร และผู้ใช้โทรศัพท์ในประเทศเหล่านี้รู้จักบริษัทผู้ให้บริการของตนดี

ผู้ร่วมทุนโดยตรงของ ICO ประกอบด้วย

1. Arento (Egypt)
2. Bahrain Telecommunications Company
3. Beijing Marine Communication and Navigation Company
4. Bureau of Maritime Affairs (Liberia)

5. Companhia Portuguesa Radio Marconi SA
6. COMSAT Argentina SA
7. COMSAT Corporation (USA)
8. CS Communications Company Limited (Thailand)
9. Cyprus Telecommunications Authority
10. DeTeMobil (Germany)
11. Emirates Telecommunications Corporation
12. Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Colombia)
13. Empresa Nacional de Telecomunicaciones de Cuba
14. Hellenic Telecommunications Organization SA (Greece)
15. PT INDOSAT (Indonesia)
16. International Communications Organisation of Cameroon
17. Korea Telecommunications Consortium (with Samsung Electronics and Shinsegi Cellular Communication)
18. Kuwait Investment Authority
19. Ministry of Communications (Israel)
20. Ministry of Post and Telecommunications (Lebanon)
21. Ministry of Posts, Telegraphs and Telephones and Saudi Public Investment Fund
22. Ministry of Posts, Telegraphs and Telephones (Oman)
23. Mobile Telecommunications Co-KSC (Kuwait)
24. Morsviasputnik (Russia)
25. Navigation Maritime

- Bulgare (Bulgaria)
- 26. Nitel (Nigeria)
- 27. Pakistan Telecommunications Corporation
- 28. Philippine Communications Satellite Corporation
- 29. PTT Telecom BV (The Netherlands)
- 30. Qatar Public Telecommunications Corporation
- 31. Satellite Phone Japan Limited
- 32. Singapore Telecommunications Limited
- 33. Societe Nationale des Telecommunications du Senegal
- 34. Swiss Telecom PTT
- 35. Telecom Finland Ltd
- 36. Telecommunications Company of Iran
- 37. Telecommunicationes de Mexico
- 38. Telefonica de Espana, SA (Spain)
- 39. Telekom Malaysia Berhad
- 40. Telekomunikacja Polska SA (Poland)
- 41. Telemalta Corporation
- 42. Telkom SA Ltd (South Africa)
- 43. Telstra (Australia)
- 44. Turk Telecom (Turkey)
- 45. Videsh Sanchar Nigam Ltd (India)

ผู้ลงทุนในทางอ้อมของ ICO ก็คือสมาชิกขององค์การอินมาเซทนั่นเอง เพราะองค์การอินมาเซทเป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุดใน ICO มูลค่าการลงทุนของระบบ ICO ในระยะแรกประมาณ 2.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ

ซึ่งจำแนกเป็น 2.2 พันล้านดอลลาร์สำหรับในส่วนของดาวเทียม และ 350 ล้านดอลลาร์สำหรับส่วนภาคพื้นดิน เงินลงทุนในเมืองต้นจะใช้เวลาประมาณ 1.4 พันล้านดอลลาร์

ผู้ให้บริการ ICO ในประเทศไทย

ในเดือนมกราคม 2538 บริษัท ซี.เอส. คอมมิวนิเคชันส์ จำกัด โดยการร่วมทุนระหว่างกรมสื่อสารแห่งประเทศไทย และบริษัท ชินวัตรเซทเทลไลท์ จำกัด (มหาชน) ได้เข้าร่วมลงทุนในโครงการ ICO พร้อมกับหน่วยงานจาก 46 ประเทศทั่วโลก

และในเดือนพฤศจิกายน 2538 บริษัท ซี. เอส. ๗ ได้เซ็นสัญญาร่วมทุนกับบริษัท สหวิริยา โอเอ จำกัด (มหาชน) และบริษัท จักรवाल คอมมิวนิเคชัน ซิสเต็มส์ จำกัด ในการจัดตั้งบริษัท ซี. เอส. เซทเทลไลท์โฟน จำกัด เพื่อให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม ICO ในประเทศไทย

การที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมในโครงการ ICO นี้ จะเป็นส่วนช่วยในการผลักดันให้ประเทศไทยกลายเป็นศูนย์กลางแห่งการโทรคมนาคมของภูมิภาคนี้ นอกจากนี้ยังเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาการสื่อสารรูปแบบใหม่ที่จะช่วยให้บุคคลหรือส่วนธุรกิจต่างๆ สามารถติดต่อถึงกันได้อย่างสะดวกสบายทุกเวลาทุกพื้นที่

รายละเอียดทางเทคนิคของระบบ

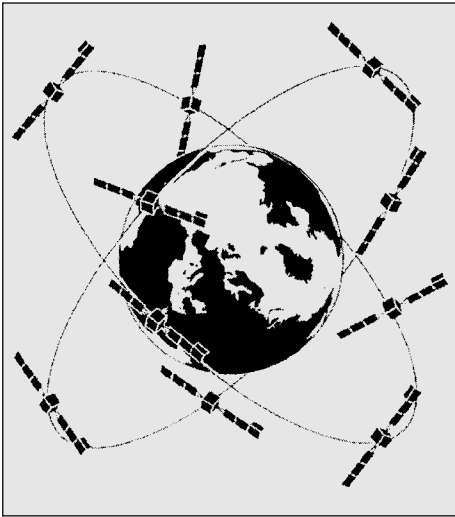
ในช่วงปลายทศวรรษนี้ มากกว่า 80% ของพื้นผิวดินบนโลก และประมาณ 40% ของความหนาแน่นประชากรยังไม่อยู่ในพื้นที่การครอบคลุมของระบบเซลลูลาร์ นอกจากนี้มาตรฐานของระบบเซลลูลาร์ยังมีแบบต่างๆ อยู่มากมาย ทั้งระบบอนาล็อกและดิจิตอล แม้ว่ามาตรฐานจะเหมือนกัน ก็อาจมีข้อจำกัดของการ roaming ระหว่างระบบต่างๆ อยู่ ทำให้บริการที่มีให้ใช้มีอยู่หลากหลายไม่เป็นระบบอันเดียวกัน ปัญหาความ

แตกต่างของมาตรฐานและพื้นที่มากมายที่ยังไม่ได้รับการเซลลูลาร์ ทำให้เป็นโอกาสของการนำระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมเข้ามาใช้ ซึ่งจะเป็นระบบเสริมเพิ่มเติมให้กับบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์ที่เรานำเข้ามา ไม่สามารถเข้ากับระบบในบริเวณนั้นได้ รวมถึงบริเวณที่ไม่มีการครอบคลุมถึงของระบบเซลลูลาร์

ICO เป็นระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม ที่ถูกออกแบบมาให้บริการสำหรับโทรศัพท์มือถือ ระบบนี้จะให้บริการสื่อสารของเสียง, ข้อมูล, แฟกซ์ และการส่งฝากข้อความให้กับทุกพื้นที่ในโลก

การออกแบบระบบนี้ จะเชื่อมต่อระบบสื่อสารทางดาวเทียมเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ทางภาคพื้นดิน (Public Land Mobile Networks (PLMNs)) การโทรเรียกที่มาจากเครือข่าย PLMNs และเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (Public Switched Telephone Networks (PSTNs)) จะมีเส้นทางผ่านสถานีภาคพื้นดินที่เรียกว่า Satellite Access Nodes หรือ "SANs" ซึ่งมีหน้าที่ในการเลือกดาวเทียมที่จะทำการเชื่อมต่อของสัญญาณเข้าไป ส่วนการโทรเรียกจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบ ICO ก็จะมีเส้นทางผ่านทางกลุ่มดาวเทียมของ ICO ไปยังเครือข่ายปลายทางทางภาคพื้นดิน (อาจเป็น PLMN หรือ PSTN) หรือไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบ ICO อีกเครื่องหนึ่งก็ได้ โทรศัพท์มือถือนี้อาจเป็นแบบที่ใช้กับระบบทางดาวเทียมได้อย่างเดียว หรืออาจเป็นแบบ 2 ระบบในเครื่องเดียวกันที่เรียกว่า dual mode นั่นคือใช้ได้ทั้งระบบทางดาวเทียมและระบบเซลลูลาร์ทางภาคพื้นดิน เครื่องแบบ dual mode นี้ อาจจะทำให้การเลือกระบบได้เองโดยอัตโนมัติหรือเลือกตามแต่ผู้ใช้จะควบคุม

● ส่วนของระบบที่อยู่ในอวกาศ (Space



รูปที่ 1 : การจัดวงโคจรของกลุ่มดาวเทียม ICO

Segment)

ระบบ ICO จะประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียมจำนวน 10 ดวง ที่อยู่ในวงโคจร Intermediate Circular Orbit (ICO) ณ ระดับความสูง 10,355 km เหนือพื้นผิวโลก การโคจรครบรอบจะใช้เวลา 6 ชั่วโมง วงโคจร ICO นี้จะมีอยู่ 2 ระนาบ แต่ละระนาบจะเอียงทำมุม 45° กับแนวเส้นศูนย์สูตร และแต่ละระนาบประกอบด้วยดาวเทียม 5 ดวงและจะมีดาวเทียมสำรอง 1 ดวงในแต่ละระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 1 บริษัท Hughes Space & Communications International จะเป็นผู้สร้างดาวเทียมภายใต้สัญญาที่ทำไว้เมื่อเดือนกรกฎาคม 1995

การจัดรูปลักษณะของกลุ่มดาวเทียม ได้รับการออกแบบให้สามารถครอบคลุมผิวโลกได้ทั้งหมดตลอดเวลา และให้มี path diversity ของระบบให้มากที่สุด Path diversity นี้จะหมายความว่า จะสามารถมองเห็นดาวเทียมได้มากกว่า 1 ดวง ณ ขณะหนึ่ง ซึ่งจะทำให้หากดาวเทียมดวงหนึ่งถูกบดบัง ดาวเทียมอีกดวงหนึ่งก็สามารถเป็นทางผ่านสัญญาณอีกเส้นทางหนึ่งก็ได้ ทำให้การติดต่อไม่ถูกตัดขาด ในกรณีที่เห็นดาวเทียมเพียงดวงเดียวเท่านั้น กลุ่มดาวเทียมก็จะถูกออกแบบให้ดาวเทียมดวงนี้ปรากฏให้มีมุมเงยที่สูงซึ่งจะลดโอกาสที่จะถูกบดบัง

● ส่วนของระบบทางภาคพื้นดิน (รูปที่ 2)

ดาวเทียมจะถูกเชื่อมโยง ไปยังเครือข่ายทางภาคพื้นดินที่เรียกว่า ICO-Net ซึ่ง ICO-Net จะเชื่อมสถานี SAN 12 สถานีที่วางกระจายอยู่ทั่วโลกเข้าด้วยกัน SANs เป็นสถานีภาคพื้นดินที่มีจานสายอากาศอยู่หลายใบสำหรับติดต่อกับดาวเทียม และยังมีอุปกรณ์สำหรับการสวิตซ์และฐานข้อมูลรวมอยู่ด้วย ICO-Net และ SANs จะทำการเลือกการจัดเส้นทางที่จะให้คุณภาพของบริการที่ดีที่สุด เกตเวย์ (Gateways) จะวางกระจายอยู่ทั่วโลกและต่อเข้ากับ ICO-Net เพื่อใช้เป็นอินเตอร์เฟสกับเครือข่าย PSTN และ PLMN

● การเลือกวงโคจร

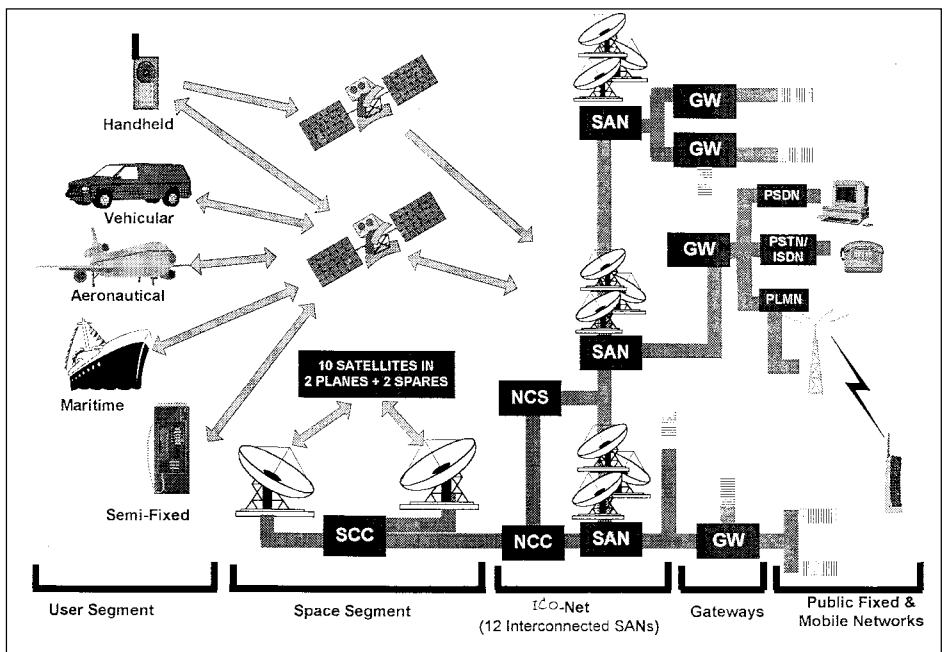
ก่อนที่จะมีการเลือกวงโคจร ทางอินมาแซท ซึ่งเป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุด ได้ดำเนินการวิเคราะห์และทบทวนทางเลือกทางเทคนิคในหลายๆ ด้าน โดยการศึกษาได้มุ่งเน้นไปยังคุณสมบัติของบริการ, ค่าใช้จ่ายการลงทุน, ความเสี่ยงทางเทคนิค และศักยภาพของตลาด การวิจัยได้ถูกดำเนินการโดยอินมาแซทกับผู้ร่วมทุนรายอื่น ตลอดจนงานการศึกษาต่างๆ อีกมากมายจากทางคู่สัญญาด้าน

อุตสาหกรรมโทรคมนาคมและอวกาศ นอกจากนี้ทางอินมาแซทยังได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานวิจัยและพัฒนาที่ได้ตั้งขึ้นมาเพื่อการทดสอบการแพร่ของคลื่นเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบระบบสื่อสารสัญญาณและความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าคุณภาพของการให้บริการเป็นไปตามที่คาดไว้

วงโคจรที่เป็นไปได้ทางด้านเทคนิคสำหรับการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม มีอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ

1. วงโคจรระดับต่ำ (Low Earth Orbit (LEO)) มีระดับความสูงไม่เกิน 2,000 km
2. วงโคจรระดับปานกลาง (Intermediate Circular Orbit (ICO)) มีระดับความสูงในช่วง 8,000 ถึง 10,000 km
3. วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit (GEO))

ถ้าต้องการให้มีการครอบคลุมผิวโลกทั้งหมด กลุ่มดาวเทียมในวงโคจร LEO จะต้องใช้ดาวเทียมประมาณ 40-70 ดวง ถ้า ICO จะใช้ 6-20 ดวง และถ้า GEO ก็จะใช้ 3-6 ดวง ตารางที่ 1 ได้เปรียบเทียบความแตก



รูปที่ 2 : ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ICO

ต่างของการใช้วงโคจร LEO, ICO และ GEO

การเลือกวงโคจรจะพิจารณาถึงคุณภาพของบริการที่ได้รับ, ความเป็นไปได้และความเสี่ยงทางเทคนิคของดาวเทียม รวมทั้งปัญหาของการควบคุมดูแลและจัดการกลุ่มดาวเทียมเหล่านี้

อินมาแซทได้สรุปว่า การจัดรูปลักษณะของวงโคจร ICO นั้น จะให้คุณภาพของบริการที่ดีที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของวงโคจรและจำนวนดาวเทียมที่เหมาะสม ทำให้ได้รับ

1. มุมเงยของเส้นทางสัญญาณจากผู้ไปยังดาวเทียม มีระดับเฉลี่ยที่สูง เป็นการลดโอกาสของการถูกบดบัง
2. ความเป็นไปได้สูงที่จะเห็นดาวเทียมได้มากกว่า 1 ดวง เห็นมุมเงย 10° นั้นคือมี path diversity ที่ดี
3. เมื่อสังเกตทางภาคพื้นดิน ดาวเทียมในวงโคจร ICO จะเคลื่อนที่ช้ากว่าดาวเทียมในวงโคจร LEO เป็นการลดการ handoff ของสัญญาณลง ทำให้ลดโอกาสของการหลุดหายของสัญญาณ

การศึกษาเทคโนโลยีของดาวเทียม LEO, ICO และ GEO ได้ผลสรุปว่า ถ้าใช้วงโคจร LEO จะต้องใช้ดาวเทียมจำนวนมากที่โคจรด้วยความเร็วสูงและมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้น รวมถึงปัญหาของการควบคุมดูแลกลุ่มดาวเทียมจำนวนมากในที่ค่อนข้างจะลำบาก และถ้าใช้วงโคจร GEO ดาวเทียมก็จะต้องมีความซับซ้อนอย่างมากเนื่องจากจะต้องมีลำคลื่นจากดาวเทียมฉายลงมาจำนวนมากเพื่อให้การครอบคลุมเป็นไปอย่างทั่วถึง และเนื่องจากดาวเทียม GEO โคจรในระดับสูง ความล่าช้าจากการเดินทางของสัญญาณก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งเช่นกัน ดังนั้นการเลือกใช้วงโคจร ICO จึงเป็นการผสมผสานเพื่อชดเชยข้อดีข้อเสียทางเทคนิคของ LEO และ GEO เข้าด้วยกันได้อย่างสมเหตุสมผลได้ดีกว่า

คุณสมบัติ	LEO	ICO	GEO
ระดับความสูงของดาวเทียม	800 กิโลเมตร	10,000 กิโลเมตร	36,000 กิโลเมตร
จำนวนดาวเทียมที่ใช้เป็นอย่างต่ำ	66 ดวง	10-15 ดวง	3 ดวง
อายุการใช้งานของดาวเทียม	3 ปี	10-12 ปี	13-15 ปี
กำลังส่งที่ต้องการ	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
การ delay ของสัญญาณ	น้อย	ปานกลาง	มาก
มุมมองในการรับสัญญาณของดาวเทียม	ไม่ดี	ดีที่สุด	ดี
การโอนสัญญาณ (Handover)	บ่อยที่สุด	น้อยครั้ง	ไม่มี
ระบบการปฏิบัติการ	สลับซับซ้อน	ปานกลาง	ง่ายไม่ซับซ้อน
ค่าจัดสร้างในสวนของระบบดาวเทียม	สูงสุด	ต่ำสุด	ปานกลาง
ค่าจัดสร้างสถานีเครือข่าย	สูงสุด	ปานกลาง	ต่ำสุด
ราคาเครื่องลูกข่าย	สูงสุด	ต่ำสุด	ปานกลาง
ระยะเวลาในการพัฒนาระบบ	ปานกลาง	สั้นที่สุด	ยาวนานที่สุด
ระยะเวลาในการจัดส่งดาวเทียม	นานที่สุด	ปานกลาง	สั้น
ความเสี่ยงของเทคโนโลยี	สูงสุด	ปานกลาง	ปานกลาง

ตารางที่ 1 : เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้วงโคจร LEO, ICO และ GEO

● สมรรถนะในการให้บริการ

การจัดรูปลักษณะของวงโคจรแต่ละแบบ จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะต้องชดเชยข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบเข้าด้วยกันให้ได้ เพื่อให้ได้การจัดรูปลักษณะของวงโคจรที่เหมาะสมที่สุด โดยจะต้องคำนึงถึงคุณลักษณะสมบัติของการให้บริการ, ค่าใช้จ่ายในการลงทุน, ความซับซ้อนของระบบและความเสี่ยงในการลงทุน การเชื่อมต่อของสัญญาณและความล่าช้าจากการแปรเดินทางของคลื่นสัญญาณ เป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้ใช้งานสามารถประจักษ์รับรู้ได้

การเชื่อมต่อของสัญญาณ : ไม่มีการจัดรูปลักษณะของวงโคจรจะเป็นแบบใดก็ตาม ผู้ใช้งานจะต้องมีแนวสายตาที่สามารถเห็นดาวเทียมได้ เพื่อที่จะสามารถทำการติดต่อเชื่อมโยงของสัญญาณได้ ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางเช่น ติ๊ก ภูเขา หรืออะไรก็ตามแต่ เข้ามาบดบังแนวสายตานั้น ก็จะทำให้เกิดปัญหาของการเชื่อมโยงติดต่อของสัญญาณได้

ระบบ ICO หรือ LEO จะมีการครอบคลุมที่มาจากดาวเทียมหลายๆ ดวงซ้อนทับกันอยู่ เพื่อที่จะเพิ่มแนวโน้มที่จะเห็นดาวเทียมได้มากกว่า 1 ดวง ภายในขอบเขตการมองเห็นของผู้ใช้งาน และเนื่องจากดาวเทียมมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กับโลก ทำให้เมื่อดาวเทียมมีการเคลื่อนที่หนีออกขอบเขตการมองเห็นหรือถูกบดบังโดยสิ่งอื่น ดังนั้นเพื่อที่จะรักษาการเชื่อมโยงสัญญาณให้คงอยู่ ระบบ ICO และ LEO จะต้องมีการ hand-offs เข้าช่วยเหลือ เพื่อที่จะเปลี่ยนทิศทางของการเชื่อมโยงจากดาวเทียมดวงหนึ่งไปยังดาวเทียมอีกดวงหนึ่ง เพื่อให้การเชื่อมโยงของสัญญาณยังคงอยู่ได้

ดาวเทียม ICO จะเคลื่อนที่ในขอบเขตการมองเห็นได้ช้ากว่าดาวเทียม LEO เพราะดาวเทียม ICO โคจรอยู่ในระดับความสูงที่สูงกว่า ซึ่งจะลดความถี่ของการ hand-offs ลง ทำให้ลดการหลุดหายของสัญญาณได้

ดาวเทียม ICO จะเคลื่อนที่ในขอบเขตการมองเห็นได้ช้ากว่าดาวเทียม LEO เพราะดาวเทียม ICO โคจรอยู่ในระดับความสูงที่สูงกว่า ซึ่งจะลดความถี่ของการ hand-offs ลง ทำให้ลดการหลุดหายของสัญญาณได้

ความล่าช้าจากการแปรเดินทางของสัญญาณ : ความล่าช้าจากการเดินทางของสัญญาณนี้ จะเป็นสัดส่วนกับระยะทางระหว่างดาวเทียมและสถานี SAN นั่นคือระยะทางที่สัญญาณจะต้องเดินทาง ระบบ GEO จะมีความล่าช้าของสัญญาณสูงที่สุด ขณะที่ระบบ LEO จะน้อยที่สุด ความล่าช้าของสัญญาณที่น้อยกว่า 200 ms ของระบบ ICO ยังคงอยู่ภายในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้

● การจัดกลุ่มของดาวเทียม (Satellite constellation)

แพทเทิร์นของวงโคจรจะถูกออก-

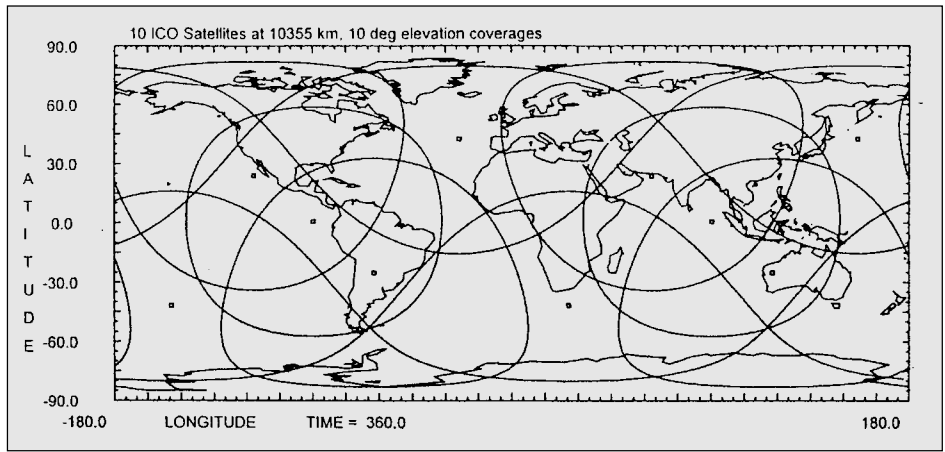
แบบใหม่มีการซ้อนทับของพื้นที่การครอบคลุมในลักษณะที่ใหม่ใจได้ว่า ดาวเทียม 2 ดวง และบางครั้ง 3-4 ดวง จะอยู่ภายในขอบเขตการมองเห็นของผู้ใช้งานและสถานี SAN ณ ขณะเวลาใดๆ และที่เวลาใดๆ ดาวเทียมแต่ละดวงจะครอบคลุมพื้นผิวโลกประมาณ 20% วงโคจรของดาวเทียมทั้งหมดจะถูกเลือกให้มีการครอบคลุมโลกทั้งหมดอย่างต่อเนื่องและให้มุมเงยของผู้ใช้งานเฉลี่ยเกิน 40° นอกจากนี้แล้วโดยเฉลี่ยประมาณ 70% ของพื้นที่การครอบคลุมจากแต่ละดาวเทียมจะถูกซ้อนทับด้วยการครอบคลุมจากดาวเทียมดวงอื่น ภาพการมองเห็นของดาวเทียม 10 ดวง ณ ขณะหนึ่ง ที่มุมเงยเกิน 10° แสดงในรูปที่ 3

● การออกแบบดาวเทียม (รูปที่ 4)

ดาวเทียมจะใช้รูปแบบเช่นเดียวกับดาวเทียมค้างฟ้ารุ่น HS601 ที่มีการเปลี่ยนระบบการทรงตัวและการควบคุมให้เหมาะสมกับความต้องการพิเศษของวงโคจร ICO เพย์โพลดของระบบสื่อสารจะได้รับการออกแบบให้มีความคล่องตัวในการรองรับฟอร์แมตการส่งสัญญาณแบบต่างๆ ได้ โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับทำฟังก์ชันเช่น การจัดช่องสัญญาณและการสร้างลำคลื่น ซึ่งแต่เดิมถูกทำโดยเทคโนโลยีอนาล็อก เทคโนโลยีดิจิทัลได้ช่วยให้การจัดระบบของดาวเทียมคล่องตัวมาก (ตัวอย่างเช่น การจัดสรรความจุของแบนด์วิดท์ 30 MHz ของ service link 2 GHz)

ลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งของการออกแบบคือ สายอากาศส่งและสายอากาศรับของ service link จะแยกจากกันทำให้การผลิตง่ายและช่วยป้องกันการอินเทอร์มอดูเลชันของสัญญาณได้ดีกว่าการใช้สายอากาศที่เป็นทั้งรับและส่งในตัวเดียวกัน

การเชื่อมโยงติดต่อระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่และดาวเทียม จะติดต่อผ่านทางสายอากาศ S-Band ที่ติดตั้งบนดาวเทียม



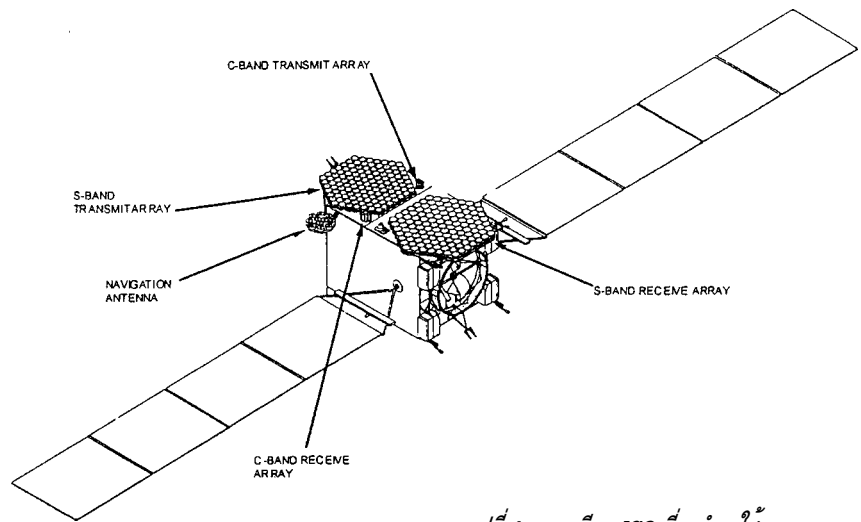
รูปที่ 3 : ภาพการมองเห็นของดาวเทียม 10 ดวง ณ ขณะหนึ่งที่มุมเงยเกิน 10°

และถ้าจะให้การเชื่อมโยงมีลักษณะที่มั่นคงไม่หลุดง่าย ดาวเทียมจะต้องใช้สายอากาศที่มีอะเปอร์เจอร์อย่างน้อยที่สุด 2 เมตร การที่ service link ของดาวเทียมแต่ละดวงมีหลายลำคลื่น จะทำให้สามารถนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ได้อีกในลำคลื่นอื่น เป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของสเปกตรัมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

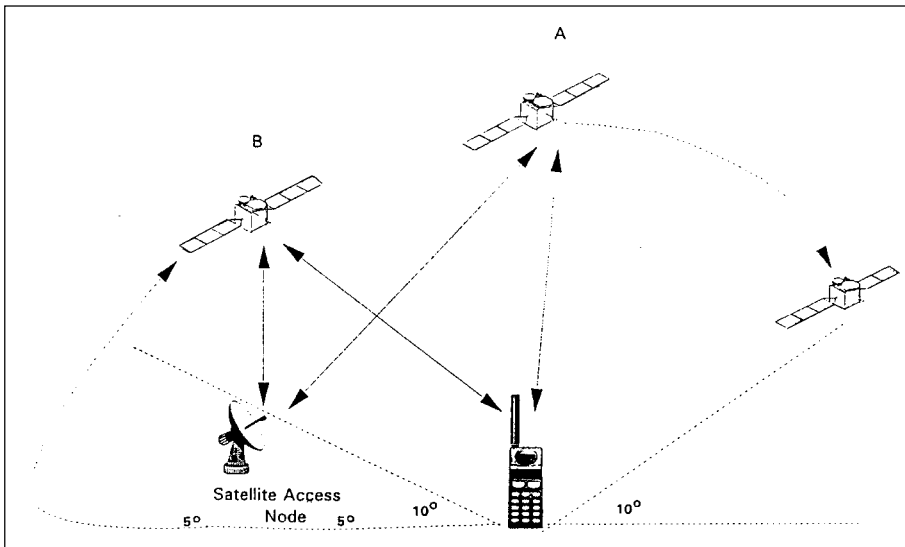
วงจรของช่องสื่อสารจะมีการเชื่อมต่อขึ้นระหว่างสถานี SAN ใดๆ (ซึ่งเห็นดาวเทียมที่มุมเงยเกิน 5°) และผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ (ซึ่งเห็นดาวเทียมดวงเดียวกันที่มุมเงยเกิน 10°) ขณะที่ดาวเทียมเคลื่อนตัวผ่านระยะมุมเงยดังกล่าว สถานี SAN ก็ส่งสัญญาณไปยังดาวเทียมอีกดวงหนึ่งที่อยู่ใน

ขอบเขตการมองเห็นของผู้ใช้ เพื่อที่จะยังคงรักษาวงจรเชื่อมโยงเดิมไม่ถูกตัดขาด กระบวนการ hand-off ดังกล่าวนี้นี้แทบจะไม่สามารถรับรู้ได้เลยขณะใช้งาน (รูปที่ 5)

ดาวเทียมแต่ละดวง จะถูกออกแบบให้รองรับช่องสัญญาณโทรศัพท์ได้อย่างน้อยที่สุด 4,500 ช่อง จากจำนวนคลื่นพาห์ประมาณ 750 คลื่น โดยการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา หรือ TDMA (Time Division Multiple Access) เพื่อใช้ในการส่งช่องสัญญาณหลายๆ ช่องทางคลื่นพาห์เดียวกัน เทคโนโลยี TDMA ได้ถูกเลือกขึ้นมาภายหลังที่ได้พิจารณาเทคโนโลยีต่างๆ อย่างรอบคอบ (รวมถึง CDMA (Code Division Multiple Access) ด้วย) อายุการ



รูปที่ 4 : ดาวเทียม ICO ที่จะนำมาใช้



รูปที่ 5 : แสดงการ hand-off จากดาวเทียม A ไปยังดาวเทียม B

ใช้งานของดาวเทียม ICO คาดว่าจะประมาณ 12 ปี

● เทคโนโลยีของดาวเทียม (ตารางที่ 2)

Service link และจำนวนลำคลื่น : สมรรถนะของระบบจะเกินกว่าที่คาดการณ์ไว้ ลำคลื่นของ service link จำนวน 163 ลำคลื่น จะมีค่า power margin ของการเชื่อมโยงสัญญาณที่เกินอย่างน้อยที่สุด 8 dB เหนือมุมเงย 10° และมีค่า margin เหลือ 10 dB ไปจนถึง 10-11 dB ณ ตำแหน่งด้านล่างที่ตรงพอดีกับดาวเทียม (รูปที่ 6)

Feeder link : feeder link จะเป็นการเชื่อมโยงของสัญญาณระหว่างดาวเทียม-

และสถานี SAN ตามปกติแล้ว ณ ขณะเวลาใดๆ ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีการติดต่อทางตรงกับสถานี SAN 2-4 สถานี และก่อนที่ดาวเทียมจะเคลื่อนตัวลงต่ำกว่ามุมเงย 5° ของสถานี SAN หนึ่ง ดาวเทียมดวงนั้นก็จะทำการติดต่อกับสถานี SAN ใหม่ที่จะเข้ามาในขอบเขตการครอบคลุมของดาวเทียม

มวลของดาวเทียมและกำลังไฟที่ต้องใช้ : มวลของดาวเทียมทั้งหมดที่จะทำการปล่อยแบบ direct injection เข้าสู่วงโคจรแบบวงกลม (circular orbit) จะน้อยกว่า 2,000 kg การปล่อยแบบ direct injection สำหรับดาวเทียมรุ่น HS601 จะเป็นเรื่องง่าย เพราะไม่ต้องใช้ apogee motor ช่วยในการ-

เข้าสู่วงโคจรขั้นสุดท้าย แผงเซลล์รับแสงอาทิตย์จะเป็นแบบแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ที่จะให้กำลังไฟที่ใช้ไปจนหมดอายุใช้งาน ได้มากกว่า 6,300 W

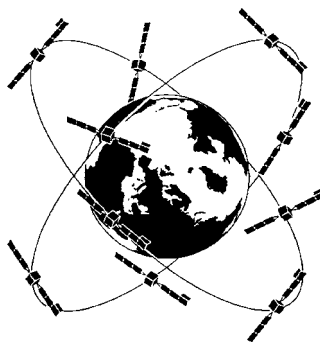
ความต้องการใช้แถบความถี่ของ service link (สำหรับเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และดาวเทียม) : แถบความถี่ที่มีให้เลือกเพื่อใช้กับ service link ของระบบ service link ของระบบ MSS (Mobile Satellite Service) จะประกอบด้วย 1.6/1.5 GHz, 1.6/2.4 GHz และ 2 GHz ICO ได้เลือกใช้แถบความถี่ 2 GHz คือ ระหว่าง 1985-2015 MHz และ 2170-2200 MHz

ผลจากการประชุม World Radio Conference 1995 (WRC-95) ได้มีการเปลี่ยนแปลงสำคัญหลายอย่างในการจัดสรรความถี่ที่ 2 GHz เช่น วันเริ่มต้นที่ระบบ MSS สามารถเข้าใช้แถบความถี่นี้ได้ จะเป็นวันที่ 1 มกราคม ในปี 2000 (แต่เดิมปี 2005) และเพิ่มเติมแถบความถี่ใหม่ใช้ได้ ใน Region 2 (อเมริกา)

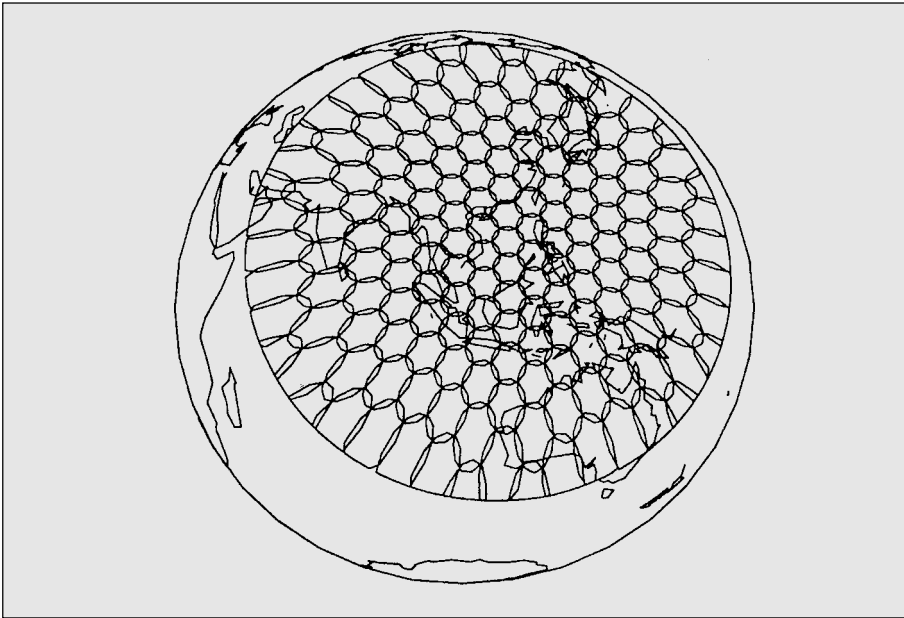
ถ้าปริมาณทราฟฟิกและการกระจายทราฟฟิกเป็นไปตามที่วางแผนไว้ ความต้องการใช้แถบความถี่ของ service link จะอยู่ราวๆ 10 MHz ในแต่ละทิศทางขาขึ้นและขาลง ดาวเทียม ICO ยังมีความคล่องตัวที่จะเพิ่มการใช้แถบความถี่ที่ยังคงมีให้ใช้อยู่ในแต่ละทิศทาง คือ ในช่วง 1985-2015 MHz (สำหรับขาขึ้น) และ 2170-2200 MHz (สำหรับขาลง)

ความต้องการใช้แถบความถี่ของ feeder link (สำหรับเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียมและสถานี SAN) : ICO จะเลือกใช้แถบความถี่ 5150-5250 MHz และ 6975-7075 MHz สำหรับการเชื่อมต่อของ feeder link แถบความถี่คู่นี้เป็นส่วนหนึ่งที่ได้รับการจัดสรรจากการประชุม WRC-95 ให้ใช้กับ feeder link ของดาวเทียมแบบไม่ค้างฟ้า (Non-geostationary) ที่ใช้สำหรับให้บริการ MSS

ระบบการโคจรของดาวเทียม ICO	
จำนวนดาวเทียม :	10 ดวง (2 ระนาบ x 5)
วงโคจร	ลำรอบ 2 ดวง
ความถี่ (service links) :	ICO ระดับปานกลางที่ 10,355 กม.
ความถี่ (feeder links) :	2.0 GHz/2.2 GHz
จำนวนจุด Spot Beams :	C-band
ความสามารถรองรับโทรศัพท์ :	163 service links
น้ำหนักของดาวเทียม :	4500 คู่สาย/ดวง
กำลัง :	1925 กก.
จำนวนสถานีดาวเทียม (SAN) :	6300 วัตต์
กำหนดการให้บริการ :	12 ดวง รอบโลก
	1999 - เริ่มให้บริการได้เป็นบางส่วน
	2000 - ให้บริการอย่างสมบูรณ์



ตารางที่ 2 :



รูปที่ 6 : แสดงการครอบคลุมของลำคลื่น Spot beam จำนวน 163 ลำ จาก service link ของดาวเทียม ICO 1 ดวง ที่อยู่เหนือมุมเงย 10° ณ ระดับความสูง 10,355 km จากพื้นโลก

● TT&C (Telemetry Tracking & Control)

สถานี TT&C จะบริหารระบบดาวเทียม ICO ด้วยการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และทำการปรับวงโคจรเพื่อที่จะรักษารูปลักษณะการจัดกลุ่มของดาวเทียมให้ได้ตามที่ต้องการ สถานีนี้ยังคอยเฝ้าตรวจสอบสถานะต่างๆ ของดาวเทียม โดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของแหล่งจ่ายไฟ, อุณหภูมิ, เสถียรภาพ และคุณลักษณะสมบัติการใช้งานด้านอื่นๆ ของดาวเทียม และทำการส่งต่อข้อมูลเหล่านี้ไปยังสถานีสำหรับการประมวลผล, วิเคราะห์ และตอบรับกลับมา สถานี TT&C ยังมีความสามารถในการบังคับควบคุมดาวเทียมเพื่อที่จะปรับแต่งรูปลักษณะการจัดกลุ่มของดาวเทียมใหม่ในกรณีที่ดาวเทียมดวงหนึ่งดวงใดไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ นอกจากนี้ในช่วงเริ่มต้นของการสร้างและจัดระบบ ICO สถานี TT&C จะคอยช่วยเหลือในขณะที่ทำการปล่อยและจัดดาวเทียมเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน ทางบริษัท ICO ได้คาดการณ์ว่า จะมีสถานี TT&C ที่จะใช้งานประมาณ 5

สถานี ฟังก์ชัน TT&C บางฟังก์ชันอาจถูกดำเนินการมาจากทางสถานี SAN ก็ได้

● การควบคุมโครงข่ายดาวเทียม

สถานี NCS (Network Control Station) จะมีหน้าที่ควบคุมการเชื่อมต่อของสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ ซึ่งจะอยู่ระหว่างสายอากาศของ feeder link และสายอากาศของ service link บนดาวเทียม กระบวนการนี้จะเป็นการควบคุมถึงการจัดความถี่ภายในลำคลื่นของ feeder link และการจัดสรรของสัญญาณอย่างเหมาะสมระหว่างลำคลื่นที่มีทราฟฟิกมากน้อยต่างกัน บริษัท ICO ได้คาดว่าจะต้องใช้สถานี NCS 1 หรือ 2 สถานี เพื่อรองรับกลุ่มดาวเทียม ICO ดังกล่าว และได้มีการวางแผนว่าจะใช้ NCC (Network Control Center) สำหรับการบริหารและการควบคุมระบบทั้งหมดผ่านทาง NCS

● อุปกรณ์ใช้งานของผู้ใช้บริการ

โทรศัพท์มือถือ : อุปกรณ์ใช้งานส่วนใหญ่ของระบบ ICO จะเป็นโทรศัพท์มือถือ

ถือที่พกพาไปไหนมาไหนได้ เหมือนโทรศัพท์มือถือเซลลูลาร์ที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ เพียงแต่จะเป็นแบบ 2 ระบบในเครื่องเดียวกันที่เรียกว่าแบบ dual mode นั่นคือใช้ได้ทั้งระบบดาวเทียม ICO และระบบเซลลูลาร์ทางภาคพื้นดิน ราคาของเครื่องแบบนี้ หากมีการผลิตเป็นจำนวนมาก คาดว่าจะอยู่ราวๆ \$1,000 ในช่วงเริ่มต้นให้บริการ โทรศัพท์ ICO นี้จะมีรายการเพื่อเลือก เช่น พอร์ตรับส่งข้อมูลกับภายนอก และหน่วยความจำแฟลชเฟอ์ภายในเครื่อง สำหรับใช้ในการสื่อสารข้อมูล, การส่งฝากข้อความ, แฟกซ์ และการใช้สมาร์ทการ์ด (smartcards (SIMs))

ระบบ ICO ได้ถูกออกแบบให้มั่นใจได้ว่าโทรศัพท์จะสอดคล้องกับข้อกำหนดความปลอดภัยจากการส่งคลื่นความถี่ กำลังส่งเฉลี่ยระหว่างการใช้งานจะไม่เกิน 0.25 วัตต์ ขณะที่โทรศัพท์เซลลูลาร์ที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ จะมีกำลังส่งเฉลี่ยในช่วง 0.25-0.6 วัตต์

อุปกรณ์ใช้งานแบบอื่นๆ : ได้มีการคาดการณ์ที่จะนำเทคโนโลยีที่ใช้ในโทรศัพท์มือถือ ICO มาใช้กับอุปกรณ์ใช้งานแบบอื่นด้วย เช่น อุปกรณ์ใช้งานเคลื่อนที่ที่ติดไว้กับยานต่างๆ ทั้งทางบก, ทางเรือ และทางอากาศ รวมถึงโทรศัพท์ที่ติดตั้งใช้งานในชนบทหรือชุมชนห่างไกลที่สาธารณูปโภคของโทรศัพท์ยังไม่ถึง อุปกรณ์ใช้งานในลักษณะดังกล่าวนี้ มีความเป็นไปได้ที่จะใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงหรือมีกำลังส่งมากกว่าที่ใช้ในโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะทำให้สามารถรองรับบริการที่มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงกว่าได้

● โครงข่าย ICO-Net และสถานี SAN (Satellite Access Nodes) (รูปที่ 7)

สถานี SAN จะเป็นอินเตอร์เฟซเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียมและเกตเวย์ภายใน จะมีอุปกรณ์กำหนดเส้นทางของสัญญาณที่มาจากดาวเทียมเพื่อส่งแจกจ่ายไปยังเกตเวย์ที่เหมาะสม สถานี SAN จะประกอบด้วย 3

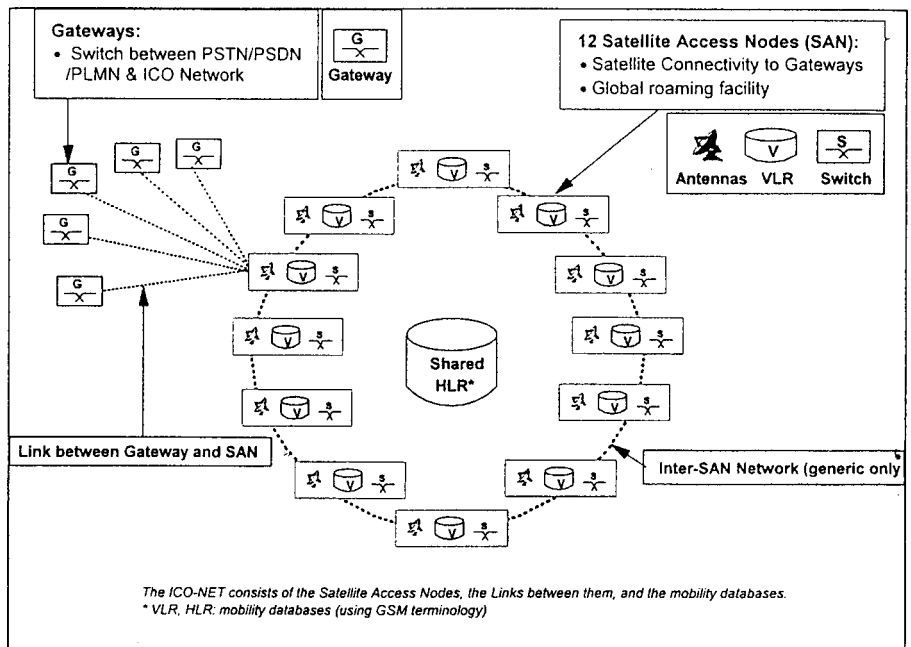
องค์ประกอบหลักๆ คือ

1. จานสายอากาศ 5 ใบ ที่มีอุปกรณ์สำหรับติดต่อกับดาวเทียม
2. อุปกรณ์สวิตช์เพื่อกำหนดและจัดเส้นทางของทราฟฟิกภายในโครงข่าย ICO-Net และที่ไปยังเกตเวย์
3. ฐานข้อมูล ที่จะใช้ช่วยในการบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายของอุปกรณ์ใช้งาน (การบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายนี้จะอิงหลักการตามมาตรฐานของดิจิทัลเซลลูลาร์ GSM)

สถานี SAN แต่ละสถานี จะมีฐานข้อมูลที่จะเก็บเลขหมายและข้อมูลรายละเอียดบางอย่างของอุปกรณ์ใช้งานที่เข้ามาใช้งานสถานี SAN นั้น (เปรียบเสมือนฐานข้อมูล VLR (Visitor Location Register) ในระบบ GSM) และสถานี SAN อย่างที่สุด 1 สถานี จะมีฐานข้อมูลสำหรับเก็บเลขหมายและข้อมูลบางอย่างสำหรับผู้ให้บริการทั้งหมดในโครงข่าย (ในระบบ GSM เรียกว่าฐานข้อมูลนี้ว่า HLR (Home Location Register))

สถานี SAN แต่ละสถานี จะเล็งติดตามกลุ่มดาวเทียมที่อยู่ภายในขอบเขตการมองเห็น และจะเลือกเชื่อมต่อของสัญญาณทราฟฟิกกับดาวเทียมที่เหมาะสมที่จะให้การเชื่อมโยงมีความมั่นคงและยาวนานที่สุด ก่อนที่มีความจำเป็นจะต้องมีการ hand-off ระหว่างดาวเทียม เพื่อที่จะรักษาของการติดต่อให้คงอยู่ไม่ถูกตัดขาด

บริษัท ICO จะทำการหาสถานที่ที่จะตั้งสถานี SAN จำนวน 12 สถานีที่วางกระจายอยู่ทั่วโลก (ประมาณ 2 สถานีต่อทวีป) สถานี SAN ทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายทางภาคพื้นดินที่เรียกว่า ICO-Net ซึ่งจะทำให้การโทรเรียกมีเส้นทางผ่านสถานี SAN ที่จะให้บริการได้ดีที่สุด ICO-Net จะถูกบริหารจัดการโดยศูนย์ควบคุมโครงข่าย (Network Control Center (NCC))



รูปที่ 7 : แสดงองค์ประกอบของโครงข่าย ICO-Net

● **เกตเวย์ (Gateway)**

เกตเวย์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่จะเชื่อมต่อระหว่างสถานี SAN และเครือข่ายสาธารณะทางภาคพื้นดิน เช่น PSTN, PSDN (Public Switched Data Network) หรือ PLMN เป็นต้น แต่ละเกตเวย์จะถูกต่อเข้ากับ ICO-Net ซึ่งจะทำให้เกิดความคล่องตัวในการจัดสรรทราฟฟิกและการจัดเส้นทางสำรองของทราฟฟิก ตำแหน่งที่ตั้งของเกตเวย์จะอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีความต้องการทางการตลาดสูง และเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์สวิตช์ของเครือข่าย PSTN, PSDN หรือ PLMN ได้ง่าย

● **การบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายของอุปกรณ์ใช้งาน (User mobility management)**

การที่จะนำอุปกรณ์ใช้งานไปใช้ยังที่ต่างๆ ทั่วโลก ในลักษณะที่เรียกว่า global roaming ได้นั้น โครงข่าย ICO-Net จะต้องมีระบบสำหรับบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายดังกล่าว ในระบบนี้ ทาง ICO พยายามที่จะอิงหลักการตามมาตรฐานของดิจิทัลเซลลูลาร์ GSM

ฐานข้อมูล HLR และ VLR จะช่วย

กันในการตรวจสอบข้อมูลและสถานะของผู้ใช้บริการ รวมทั้งหาตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการ ณ ขณะใด ๆ ไม่ว่าผู้ใช้บริการจะอยู่ ณ ที่ใดในโลกก็ตาม เมื่ออุปกรณ์ใช้งานถูกเปิดเครื่องขึ้นมา ก็จะส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมและสถานี SAN ไปยัง HLR ที่มีเลขหมายของผู้ใช้บริการ ซึ่ง HLR ก็จะตรวจสอบสถานะของผู้ใช้บริการและอนุญาตให้เข้าใช้ระบบได้ จากนั้นจะแจ้งไปยังสถานี SAN ที่รับสัญญาณจากดาวเทียมแต่แรก ให้ทำการลงทะเบียนเครื่องผู้ใช้ใน VLR หน้าที่ประการที่สองของ HLR ก็คือ เมื่อมีการโทรเรียกเข้าที่สถานี SAN หนึ่ง HLR ก็จะบอกสถานี SAN นั้นว่า VLR ใดที่ผู้ถูกเรียกลงทะเบียนอยู่ในขณะนี้ นั้น ทำให้สถานี SAN นั้นสามารถติดต่อกับสถานี SAN ที่มี VLR ที่ผู้ถูกเรียกลงทะเบียนอยู่ได้โดยตรง และจะทำให้สามารถเชื่อมโยงของสัญญาณผ่านดาวเทียมต่อไปยังผู้ถูกเรียกปลายทางได้

● **การตลาด**

ถึงแม้ว่า จะมีการขยายตัวอย่างมากในด้านการสื่อสารเคลื่อนที่ในระบบเซลลูลาร์ แต่ในความเป็นจริงแล้ว น้อยกว่า 20%

ของพื้นที่โลกที่เป็นแผ่นดินอยู่ในพื้นที่ครอบคลุมของระบบเซลลูลาร์ แมกระทั้งในปี 2000 ก็ตาม ระบบเซลลูลาร์จะอยู่ในเขตที่มีประชากรอยู่อย่างหนาแน่นและมีฐานะค่อนข้างดีซึ่งจะทำให้บริษัทดำเนินธุรกิจอยู่ได้ แต่ในสถานที่อื่น ๆ ซึ่งเป็นแผ่นดินส่วนใหญ่และในมหาสมุทรเกือบทั้งหมด ระบบเซลลูลาร์ที่ให้บริการในปัจจุบันจะไม่ครอบคลุมไปถึง

นอกจากนี้ถึงแม้ว่าจะอยู่ในระบบเซลลูลาร์ก็ได้หมายความว่า จะสื่อสารถึงกันได้เสมอ ระบบเซลลูลาร์หลายระบบยังเข้ากันไม่ได้กับระบบของประเทศเพื่อนบ้าน และบริษัทผู้ให้บริการหลายแห่งยังไม่มีการตกลงกับบริษัทอื่น ๆ ที่จะให้ลูกค้าของตนทำ Roaming ข้ามระบบได้

ในสถานการณ์เช่นนี้โทรศัพท์ดาวเทียม ICO จะช่วยสนับสนุนระบบเซลลูลาร์ได้เป็นอย่างดี โดยการครอบคลุมสถานที่ซึ่งระบบเซลลูลาร์เข้าไปไม่ถึงและเป็นทางออกเมื่อเผชิญกับระบบเซลลูลาร์ที่เข้ากันไม่ได้ ICO ได้จำแนกกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

- นักเดินทางซึ่งโดยปกติอาศัยอยู่

นอกระบบเซลลูลาร์และมีความต้องการใช้ระบบการสื่อสารเคลื่อนที่

- นักเดินทางซึ่งต้องใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งในและนอกเขตเซลลูลาร์

- นักธุรกิจข้ามชาติ
- ผู้ใช้ส่วนตัวซึ่งต้องการความ

แน่นอนในการสื่อสารได้ตลอดเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้ระบบ ICO ยังมีความเหมาะสมกับความต้องการของหน่วยงานซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณแบบติดตั้งหรือไม่เคลื่อนที่ เช่น :

- รถบรรทุกสินค้า รถโดยสาร รถไฟ รถประจำทาง

- เรือประมงขนาดเล็ก และเรือบรรทุกสินค้า เรือยอชต์ หรือเรือท่องเที่ยวอื่น ๆ ที่อยู่ในทะเล หรือแม่น้ำ

- เครื่องบินของบริษัท เครื่องบินส่วนบุคคล และเครื่องบินโดยสารขนาดเล็กภายในประเทศ

โอกาสทางธุรกิจ

ระบบเปิดของ ICO ทางด้านการตลาดจะทำให้ผู้ใช้มีโอกาสเลือกรูปแบบการ

ใช้บริการและอุปกรณ์ในหลายๆ ระดับ ผู้ให้บริการและตัวแทนจำหน่ายของ ICO ล้วนเป็นผู้เชี่ยวชาญและเข้าใจในสภาพแวดล้อมของภูมิภาคนั้นๆ

ถึงแม้ว่ารูปแบบการให้บริการ ICO ในประเทศต่างๆ จะแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้วการให้บริการต่างๆ ของ ICO จะถูกจัดสรรขึ้นโดยผู้ให้บริการแห่งชาติหรือแห่งภูมิภาค ICO จะทำการคัดเลือกตัวแทนผู้ให้บริการที่เหมาะสมภายในกลางปีนี้จากผู้รวมทุนทั้งหมดในโครงการ ICO

ตัวแทนเหล่านี้จะรับผิดชอบการให้บริการในเขตรับผิดชอบของตน แต่จะต้องจัดระบบการให้บริการให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และอยู่ภายใต้กฎข้อบังคับของประเทศหรือภูมิภาคนั้นๆ การบริการดังกล่าวยังคงครอบคลุมถึงการบริหารลูกค้าและการจัดเก็บค่าบริการ

ในส่วนของการให้บริการเฉพาะกิจอื่นๆ เช่น การเดินทะเล และการบินพาณิชย์ จะเป็นการให้บริการขององค์กรอินมาแซท

อุปกรณ์สื่อสารของ ICO ซึ่งรวมทั้งเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอุปกรณ์เครือข่ายอื่นๆ จะถูกจัดสร้างและผลิตโดยบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในขณะนี้มีบริษัท Ericsson, NEC, NOKIA และ Huges Network Systems กำลังร่วมมือกับ ICO ในการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์เหล่านี้

ถ้าหากจะเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างระบบ ICO และระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมระบบอื่นๆ แล้ว ก็จะได้ตาม

ตารางที่ 3

และท้ายที่สุด ระบบ ICO จะนำการสื่อสารที่มีคุณภาพสูงไม่ว่าจะเป็นระบบเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่ไหนและจะไกลเพียงใดก็ได้ และสิ่งนี้จะนำการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมมาสู่โลก.

โครงการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมที่ให้บริการได้ทั่วโลก

1. รายละเอียดของระบบ

วงโคจร
จำนวนดาวเทียม
อายุการใช้งาน (ปี)
บริเวณที่สามารถให้บริการ
ปีที่เริ่มเปิดให้บริการ
จำนวน Spotbeam
ความสามารถรับโทรศัพท์ (คู่สาย/ดวง)
การเชื่อมสัญญาณระหว่างดาวเทียม
ระบบการแปลงสัญญาณ
จำนวนรวมลงทุน

อัตราส่วนของดาวเทียมสำรอง

2. ค่าใช้จ่ายและคุณสมบัติของแต่ละโครงการ

ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาโครงการ
ราคาของเครื่องข่าย
อัตราค่าบริการ/นาที
มีสองระบบในเครื่องเดียว (Dual Mode)
การ Delay ของเสียง (milliseconds)

ICO	Iridium	Globalstar	Odyssey
ICO	LEO	LEO	MEO
12	66	48	16
10	5	7.5	12
ทั่วโลก	ทั่วโลก	ทั่วโลก	ทั่วโลก
1999	1998	1998	1999
163	48	16	37
4,000	3,835	2,400	4,600
ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
TDMA	TDMA	CDMA	CDMA
49 องค์กรโทรคม จากทั่วโลก	18	8	4
5:1	11:1	6:1	4:1

\$ 2.6 B.	\$ 3.4 B.	\$ 1.6 B.	\$ 2.5 B.
\$500-1,000	\$2,500-3,500	\$750	\$300-500
\$2	\$3	\$0.65	\$0.65-1
ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
190-220	130-150	130-150	190-220

C.S. COMMUNICATIONS COMPANY LIMITED

ตารางที่ 3 : เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างระบบ ICO และระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมระบบอื่นๆ