การศึกษาคุณลักษณะของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และผลกระทบต่อสัญญาณดาวเทียม

Study of ionosphere Characteristics and Its Effects on Satellite Signals

ณรงค์ เหมกรณ์ รุ่งชัย อัตตวิริยะสุวร นิภา ลีลารุจิ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 0-2737-3000 ต่อ 3326 โทรสาร 0-2326-4554 Email:khnarong@kmitl.ac.th

ABSTRACT - This paper presents the study of ionospheric height changing in F layer which has the most irregularity in the ionosphere by using ionosonde to observe the changing at Chumphon campus King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang : longitude 99.3 °E latitude 10.7 °N. The paper employs ionogram to determine parameters i.e. height of F layer, critical frequency and spread F phenomenon occurance of amplitude scintillation. These parameter leads to the problem in satellite signals.

บทคัดย่อ - บทความนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ในชั้น F ซึ่งเป็นชั้นที่มีความแปรปรวนมากที่สุด โดยใช้การสังเกตแบบไอโอโนซอนเด สถานีตรวจวัดชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ที่ตำแหน่งเส้นแวง 99.3 องศาตะวันออก เส้นรุ้ง 10.7 องศาเหนือ ณ วิทยาเขตชุมพร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ไอโอโนแกรมในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการในการศึกษา เช่น ความสูงของชั้น F, ความถี่วิกฤติ และการเกิด spread F การเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหันที่มีผลกระทบต่อสัญญาณดาวเทียม

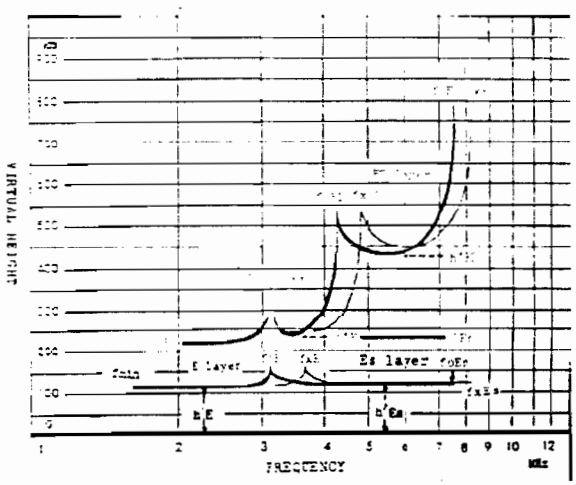
1. บทนำ

ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปประมาณ 90-1000 กิโลเมตร แบ่งเป็นชั้นย่อยๆ ได้ 3 ชั้นคือ ชั้น D E และ F ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นี้เมื่อได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์จะทำให้อนุภาคเกิดไอออไนซ์แตกตัวเป็นอิออนบวก และอิเล็กตรอนอิสระ จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ จุดดับบนดวงอาทิตย์สนามแม่เหล็กโลก พายุสุริยะและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ โดยปกติแล้วปริมาณอิเล็กตรอนอิสระจะมีจำนวนมากในเวลากลางวันและจะมีค่าน้อยลงในเวลากลางคืน ปริมาณอิเล็กตรอนในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะอยู่ในรูปของ Total Electron Content (TEC) ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นี้มีผลต่อสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียม ทำให้คลื่นสัญญาณเกิดการหน่วงเวลาที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของกลุ่มอิเล็กตรอนในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ บทความนี้นำเสนอการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นบรรยากาศโดยวิธีการไอโอโนซอนเด โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากไอโอโนแกรม และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางแอมปลิจูดอย่างกะทันหันของสัญญาณดาวเทียม

2. ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์

ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์มีค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนในชั้นไอโอโนสเฟียร์ประมาณ 1010-1012 อิเล็กตรอนต่อลูกบาศก์เมตร[1] และสามารถแบ่งเป็นชั้นย่อยๆได้ 3 ชั้น คือชั้น D E และ F ในชั้น D เป็นชั้นที่มีความสูงจากพื้นโลกต่ำที่สุดโดยที่ความสูงของชั้นนี้มีค่าประมาณ 70-90 กิโลเมตร ชั้น D จะปรากฏให้เห็นได้เฉพาะเวลากลางวันเท่านั้นเนื่องจากผลของปฏิกิริยาจากแสงของดวงอาทิตย์

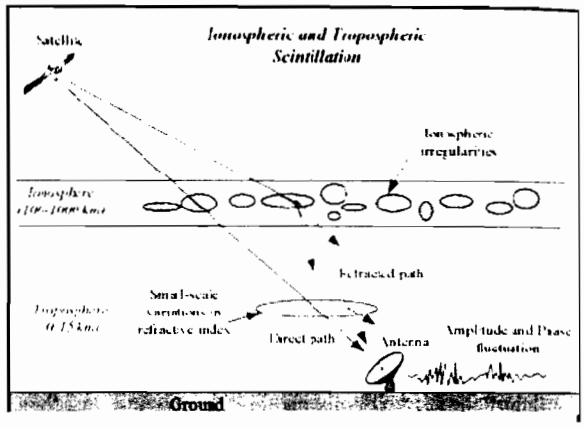
(ไอออไนเซชั่น)ในเวลากลางคืนจะจางหายไปจนไม่ปรากฏให้เห็น ชั้นสูงขึ้นไปคือชั้น E มีความสูงตั้งแต่ 100-150 กิโลเมตร จะสังเกตเห็นได้ในเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนจะไม่ปรากฏในไอโอโนแกรม ในบางครั้งในไอโอโนแกรมชั้น E จะถูกบังด้วย Sporadic-E (Es) ซึ่ง Sporadic-E (Es) นี้เกิดจากการแทรกสอดอย่างรุนแรงของคลื่นย่าน VHF ส่วนชั้น F มีระดับความสูง 230-400 กิโลเมตรจากพื้นดิน เป็นชั้นที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากมีผลต่อการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในระยะไกล และเป็นชั้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหัน (scintillation) ของสัญญาณดาวเทียม ในชั้น F จะประกอบไปด้วยชั้น F1 และ F2 ซึ่งสังเกตเห็นได้ทั้งสองชั้นในเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนจะรวมตัวกันเป็นชั้น F โดยความสูงของชั้น F นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในเวลากลางคืน[2] ในเวลากลางวันความสูงของชั้นที่อ่านได้จากไอโอโนแกรมคือความสูงของชั้น F1 ค่าความสูงจะมีค่าใกล้เคียงกันไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เราจึงสนใจที่จะศึกษาความสูงของชั้น F ในเวลากลางคืนแสดงดัง รูปที่ 1

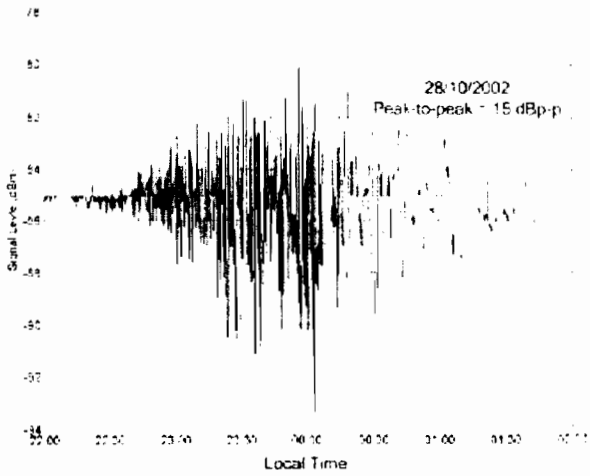


รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองของระดับความสูงของชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่ได้จากไอโอโนแกรม [3]

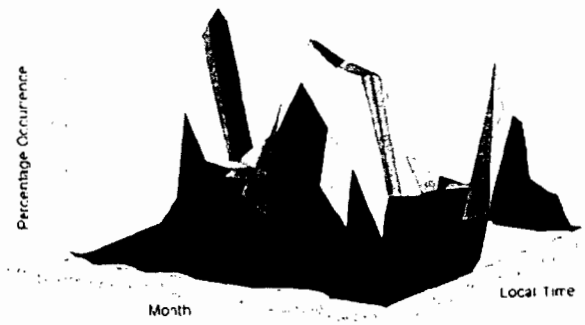
3. การเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหันของสัญญาณดาวเทียม

การเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหันอันเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์เกิดจากการที่สัญญาณเดินทางผ่านกลุ่มความไม่สม่ำเสมอเนื่องจากความแปรปรวนของปริมาณอิเล็กตรอนในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric Irregularities) ทำให้สัญญาณที่ผ่านกลุ่มความไม่สม่ำเสมอของชั้นบรรยากาศนี้ถูกหักเห ทำให้สัญญาณที่รับได้ที่เครื่องรับเกิดการเสริมหรือหักล้างกันของคลื่นทางตรงและคลื่นที่ถูกหักเห ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของแอมปลิจูดอย่างรวดเร็ว (Amplitude Scintillation) [4]

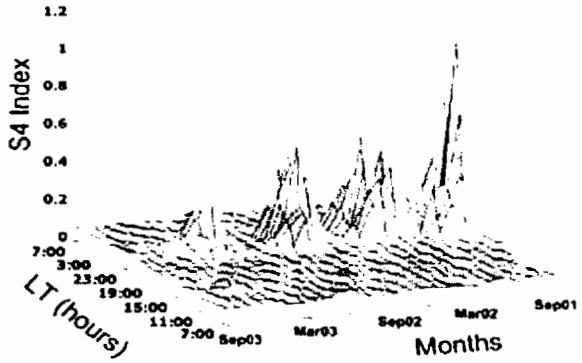




รูปที่ 2 แสดงผลกระทบของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ทำให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหัน



(ก)

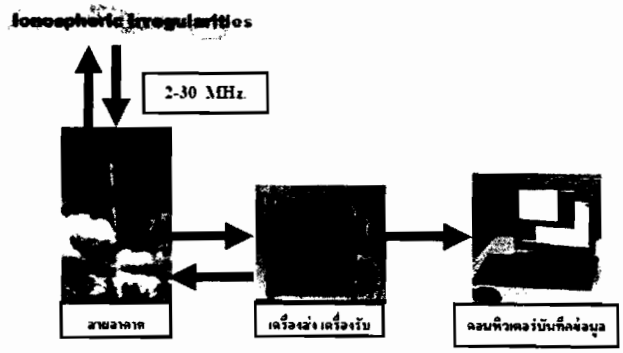


(ข)

รูปที่ 3 (ก) แสดงช่วงเวลาการเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหันที่ความถี่ 244 เมกกะเฮิรตซ์ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหันแสดงในรูปดัชนี S4 ที่ความถี่ 1575 เมกกะเฮิรตซ์

4. การศึกษาวิจัย

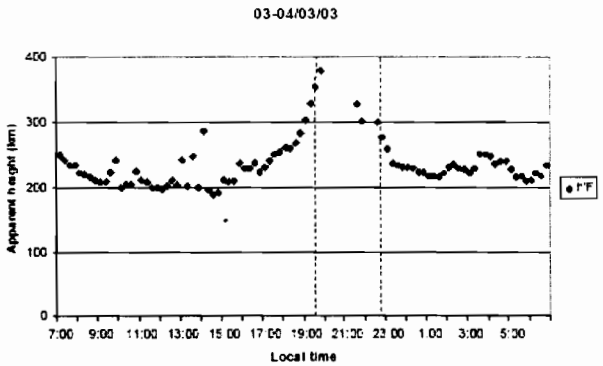
สถานีตรวจวัดชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง เส้นแวง 99.3 องศาตะวันออก เส้นรุ้ง 10.7 องศาเหนือ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์สังเกตการเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องส่งเครื่องรับ FM/CW Ionosonde เครื่องคอมพิวเตอร์เก็บข้อมูล เครื่องคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูล คลื่นวิทยุย่านความถี่ 2-30 เมกะเฮิรตซ์ จะถูกส่งผ่านสายอากาศขึ้นไปบนท้องฟ้า การส่งความถี่จะส่งตั้งแต่ 2 เมกะเฮิรตซ์ และจะทำการเพิ่มความถี่ขึ้นทีละ 100 กิโลเฮิรตซ์ ทุกๆ วินาทีจนถึงความถี่ 30 เมกะเฮิรตซ์ ใน 1 รอบที่ทำการส่ง การบันทึกค่าจะเริ่มทำการวัดใหม่ทุกๆ 15 นาที ความถี่แต่ละความถี่ที่ส่งขึ้นไปในชั้นบรรยากาศจะมีความยาวคลื่นต่างกัน ดัชนีหักเหต่างกัน ดังนั้นเมื่อถูกส่งขึ้นไปยังชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ความถี่บางช่วงจะสะท้อนกลับลงมา ความถี่บางช่วงจะทะลุผ่านชั้นไอโอโนสเฟียร์ขึ้นไป [5] ทำให้เราสามารถทราบค่าความสูงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ได้จากการสะท้อนของคลื่น โดยทำการคำนวณจากระยะเวลาที่เริ่มต้นส่งคลื่นขึ้นไปแล้วสะท้อนชั้นบรรยากาศกลับมา ข้อมูลที่ได้มาจะอยู่ในรูปของไอโอโนแกรม ต้องมาทำการวิเคราะห์โดยใช้คู่มือการอ่านค่าจากภาพที่ได้จากไอโอโนแกรมว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าเป็นเท่าไร โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะสนใจในพารามิเตอร์ของความสูงของชั้น F (h′ F) และ ความถี่วิกฤติ (foF2) ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์นี้มีความเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ในเวลากลางคืน



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

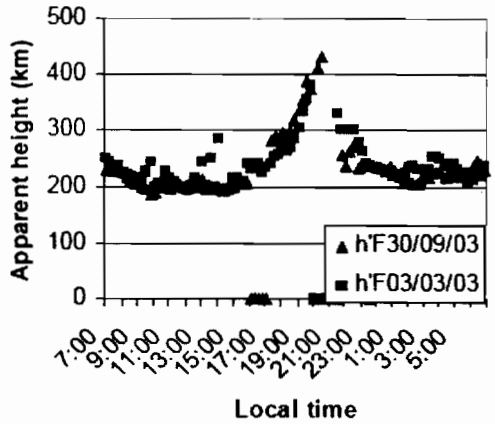
5. วิเคราะห์ผล

ผลการศึกษาวิจัยที่นำมาทำการวิเคราะห์นั้นได้มาจากการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2546 โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ คือการเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ในชั้น F ช่วงเวลาการเกิดของ spread F และความถี่วิกฤต



รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูง h′ F ในวันที่ 3 มีนาคม 2546

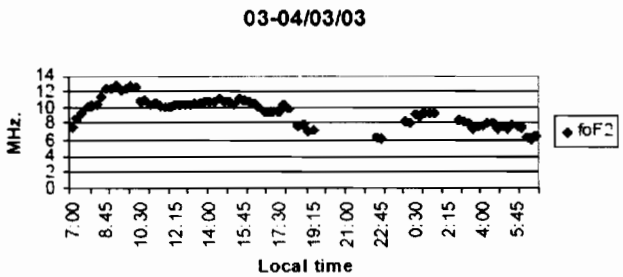
จากรูปที่ 5 ในวันที่ 3 มีนาคม 2546 มีการเกิดของ spread F ในเวลา 19.30-22.15 น. จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลานี้การเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้น F มีการเลื่อนขึ้นไปสูงมากกว่าปกติโดยความสูงที่สูงที่สุดคือ 380 กิโลเมตร เวลา 19.45 น.



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูง h ′ F ของวันที่ 3 มีนาคม 2546 กับวันที่ 30 กันยายน 2546

จากรูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความสูง h ′ F ของทั้งสองวันมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเนื่องจากทั้ง 2 วันนี้เป็นวันที่มีการเกิด spread F ในเวลากลางคืนและความสูงของ h ′ F มีความสูงใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งการเกิดของ spread F เกิดมาจากความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศในเวลากลางคืนและเป็นเหตุผลเดียวกันกับการเกิด scintillation ในเวลากลางคืนด้วย [6]

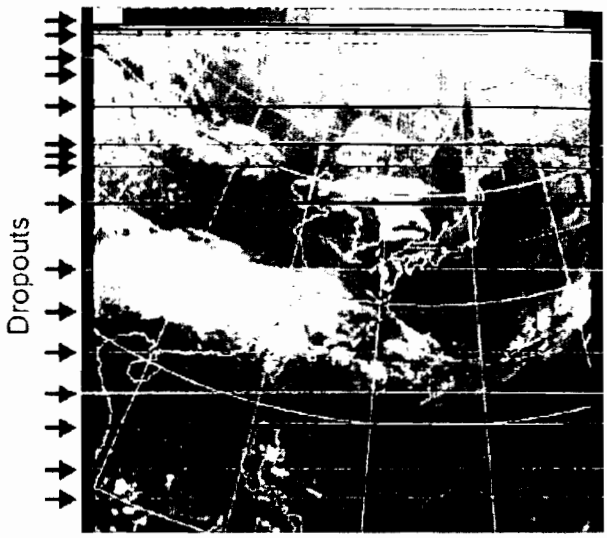
ค่าความถี่วิกฤต (foF2) ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ไอโอโนแกรมในช่วงเวลากลางวัน ค่าความถี่วิกฤตจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 6-13 MHz. ช่วงที่เกิด spread F ตั้งแต่เวลา 19.30-22.15 น. จะไม่สามารถอ่านค่า foF2 จากไอโอโนแกรมได้จึงไม่มีข้อมูลในการนำมาพล็อตกราฟ



รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความถี่วิกฤต(foF2) ในแต่ละช่วงเวลา

6. ผลกระทบของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ที่มีผลต่อระบบดาวเทียม GMS

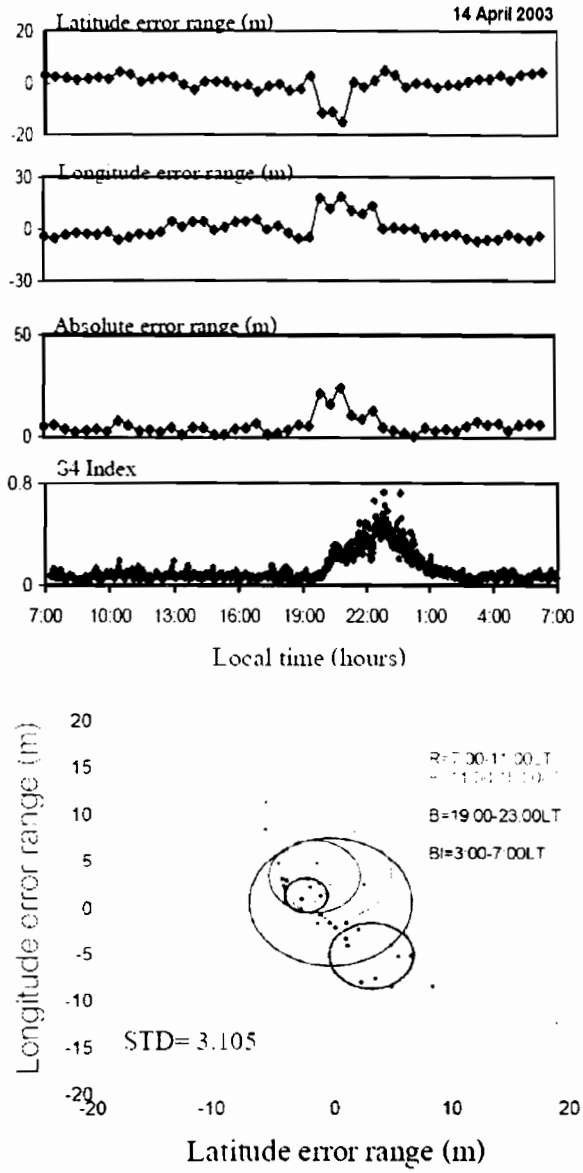
ดาวเทียม GMS (Geostationary Meteorological Satellite) เป็นดาวเทียมทางด้านอุตุนิยมวิทยา ภาพถ่ายจากดาวเทียม GMS จะถูกส่งลงมายังสถานีรับบนพื้นโลกโดยใช้ความถี่ 1.694 GHz. (S-band) ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ทำให้ภาพที่ส่งลงมาจากดาวเทียมมีการผิดพลาดเกิดขึ้นดังรูป



รูปที่ 8 แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียมในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหัน [7]

7. ผลกระทบของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ที่มีผลต่อระบบดาวเทียม GPS

ดาวเทียม GPS (Global Positioning System) เป็นดาวเทียมที่ใช้สำหรับการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลก ใช้สำหรับระบบการนำร่อง ความถี่ของดาวเทียม GPS อยู่ในย่าน L-band (L1=1575.42 MHz. L2=1227.6 MHz) ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์มีการแปรปรวน ในเรื่องความหนาแน่นของอิเล็กตรอน ความสูงของชั้นไอโอโนสเฟียร์ คลื่นที่ถูกส่งผ่านจะเกิดการหน่วงเวลาที่ไม่เท่ากัน การเกิดการเปลี่ยนแปลงทางแอมปลิจูดอย่างกะทันหันทำให้การกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกผิดพลาดไป [8]



รูปที่ 9 แสดงค่าพิกัดที่คลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งอ้างอิงที่ถูกต้อง [2]

8. บทสรุป

การเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ มีการเปลี่ยนแปลงเลื่อนขึ้นลง ตามวันเวลาที่แตกต่างกัน ปรากฏการณ์ spread F เกิดขึ้นประมาณช่วงเวลา 19.00-22.00 น. ในเวลากลางคืน ชั้นไอโอโนสเฟียร์มีความแปรปรวนมากที่สุดทั้งในเรื่องของความหนาแน่นอิเล็กตรอนและความสูง ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกะทันหัน มีผลกระทบต่อสัญญาณดาวเทียมทำให้ภาพถ่ายจากดาวเทียม GMS มีสัญญาณขาดหาย ทำให้การกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม GPS ผิดพลาดไป

เอกสารอ้างอิง

[1] R.E Collin. Antenna and Radiowave Propagation. MC-Graw-Hill , 1985.

[2] ปัทมา พุ่มชูศักดิ์. การศึกษาคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอย่างกระทันหันเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ของสัญญาณดาวเทียม GPS วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.

[3] N. Wakai, H. Ohyama and T. Koizumi, "Example of typical ionogram", MANUAL OF IONOGRAM SCALING Third Version ,1987

[4] อรอนงค์ เพชรนิ่ม. "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอิเล็คตรอนในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรที่มีผลกระทบต่อสัญญาณดาวเทียม." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

[5] Aarons J. "Global Morphology of Ionospheric Scintillations. " Proceedings of the IEEE, vol.70, no.4, April 1982.pp.360-378.

[6] Takashi Maruyama, "Ionosphere and Thermosphere", Journal of Communications Research Laboratory Vol. 49 No.3, 2002

[7] Takashi Maruyama, "Ionospheric Radio Propagations", Science of Space Environment,2001

[8] Jonathan Nichols, Andrew Hansen, Todd Walter and Per Enge. "High Latitude Measutements of Ionospheric Scintillation Using theNSTB.", Proceedings of ION GPS-99.,1999.

ณรงค์ เหมกรณ์ จบการศึกษา B.Eng และ M.S. in Eng ทางด้านการสื่อสารจากมหาวิทยาลัยโตไกประเทศญี่ปุ่น ในปี พ.ศ. 2511 และ พ.ศ. 2516 ตามลำดับ หลังจบการศึกษาได้ทำงานอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยที่สนใจได้แก่ การแพร่กระจายคลื่นสัญญาณดาวเทียม การลดทอนของสัญญาณดาวเทียมเนื่องจากฝน

รุ่งชัย อัตตวิริยะสุวร จบการศึกษา B.Eng โทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่กำลังศึกษาอยู่ได้แก่ การแพร่กระจายคลื่นสัญญาณดาวเทียมและศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่ผลกระทบต่อสัญญาณดาวเทียม

นิภา ลีลารุจิ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และปริญญาโท ด้านโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขณะนี้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยสื่อสารดาวเทียม ReCCIT งานวิจัยที่สนใจได้แก่ การแพร่กระจายคลื่นวิทยุโทรทัศน์ ปรากฏการณ์ Quasi-periodic fluctuation การแพร่กระจายคลื่นของสัญญาณดาวเทียม