

บทที่ 2

หลักการของระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิง

ระบบวัดเพื่อใช้ในการสำรวจและแยกประเภทเป้าหมายมีอยู่มากมาย แบ่งได้เป็นระบบวัดบนภาคพื้นดิน บนเครื่องบิน และบนดาวเทียม วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิงซึ่งเป็นระบบวัดบนภาคพื้นดิน เพราะออกแบบง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ของระบบได้ จึงเหมาะแก่การศึกษาเพื่อพัฒนา ก่อนนำไปใช้เป็นระบบวัดบนเครื่องบิน หรือพัฒนาเป็นระบบวัดบนดาวเทียมต่อไป การวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิง คือการวัดคลื่นที่กระเจิงกลับจากเป้าหมายในทั้งสองแนวโพลาไรเซชันซึ่งตั้งฉากกัน ด้วยการปรับสายอากาศส่งและรับ การออกแบบและสร้างระบบวัดขึ้นมาใช้งานจริง ต้องศึกษากลไกการทำงานของระบบคุณสมบัติโพลาไรเซชันของคลื่น และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ บทนี้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของระบบวัดการกระเจิง ประเภทของระบบวัดการกระเจิงของคลื่น ลักษณะของเป้าหมายแบบต่าง ๆ คุณสมบัติโพลาไรเซชันของคลื่น วงรีของการโพลาไรซ์ (polarization ellipse) ระดับชั้นการโพลาไรซ์ (degree of polarization) และท้ายที่สุดจะกล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิง

หลักการของระบบวัดการกระเจิง

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบกับวัตถุใด ๆ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีพฤติกรรมตามสมบัติของความเป็นคลื่น คือจะมีคลื่นส่วนหนึ่งแผ่กระจายไปในเนื้อวัตถุ หรืออาจถูกดูดกลืนไป และอีกส่วนหนึ่งเกิดการกระเจิงออกไปจากวัตถุ ดังแสดงในรูป 2.1 ซึ่งขนาดและทิศทางขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ สมมุติว่ามีคลื่นตกกระทบกับวัตถุ (\vec{E}^i) ทำให้เกิดคลื่นที่ถูกดูดกลืนทั้งหมด n ทิศทาง ($\vec{E}^{a1} \vec{E}^{a2} \dots \vec{E}^{an}$) และคลื่นที่กระเจิงออกจากวัตถุทั้งหมด m ทิศทาง ($\vec{E}^{s1} \vec{E}^{s2} \dots \vec{E}^{sm}$) ดังนั้นสมการแสดงความสัมพันธ์ของคลื่นตกกระทบกับคลื่นที่ถูกดูดกลืนและกระเจิงสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.1)

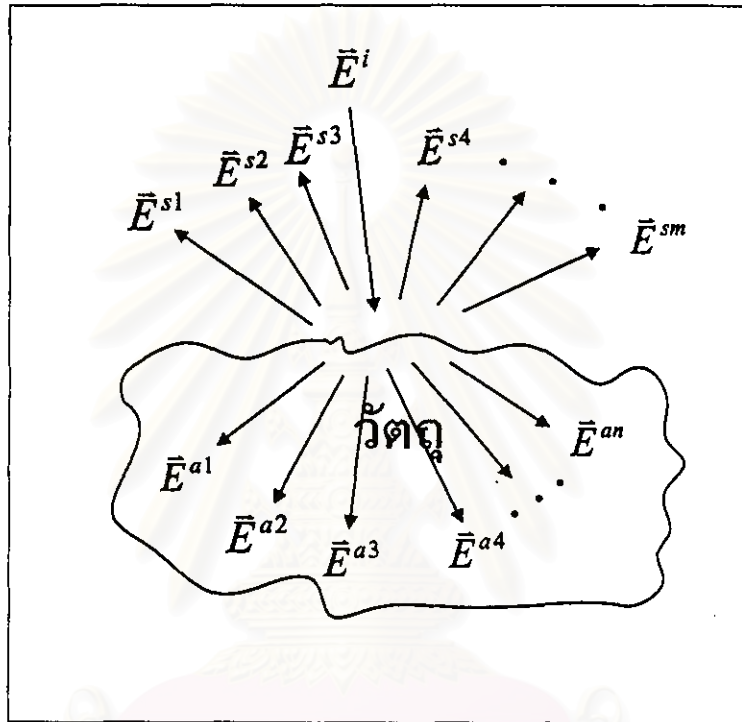
$$\vec{E}^i = \vec{E}^{a1} + \vec{E}^{a2} + \dots + \vec{E}^{an} + \vec{E}^{s1} + \vec{E}^{s2} + \dots + \vec{E}^{sm} \dots\dots\dots(2.1)$$

โดยที่

\vec{E}^i คือ สนามไฟฟ้าที่ตกกระทบ (incident wave)

$\vec{E}^{a1}, \vec{E}^{a2}, \dots, \vec{E}^{an}$ คือ สนามไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนในเนื้อวัตถุ (absorbed wave)

$\vec{E}^{s1}, \vec{E}^{s2}, \dots, \vec{E}^{sm}$ คือ สนามไฟฟ้าที่กระเจิงออกจากวัตถุ (scattered wave)



รูป 2.1 ปฏิกิริยาของคลื่นเมื่อตกกระทบกับวัตถุ

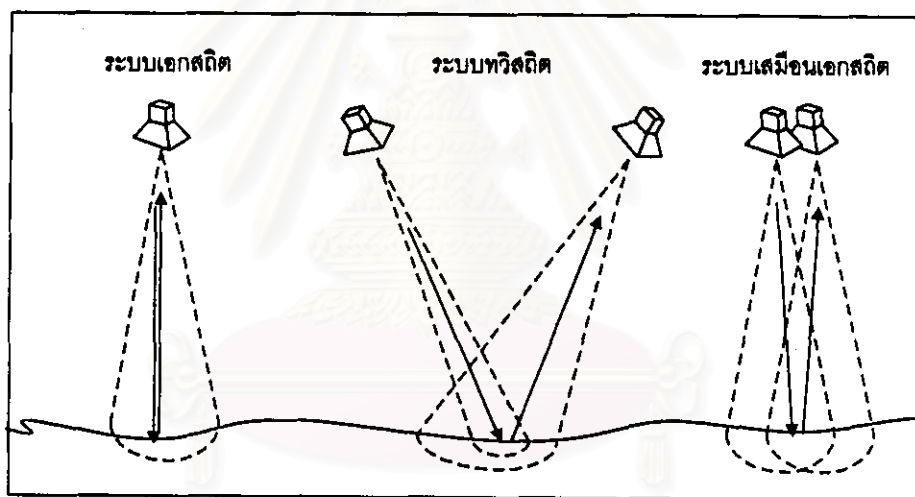
คลื่นที่ถูกดูดกลืนและคลื่นกระเจิงที่เกิดขึ้นในแต่ละทิศทางขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของลักษณะภายนอกและสมบัติภายใน เช่น รูปทรง ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก ความขรุขระผิวของวัตถุ ดังนั้นคลื่นกระเจิงในแต่ละทิศทางจะนำข้อมูลของวัตถุในทิศทางนั้นกลับออกมา จึงสามารถเลือกตำแหน่งของสายอากาศรับได้หลายตำแหน่ง ขึ้นกับว่าต้องการทราบข้อมูลของคลื่นกระเจิงในทิศทางใด ระบบวัดการกระเจิงสามารถแบ่งตามตำแหน่งของสายอากาศส่งและรับ ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ระบบเอกสถิต (monostatic system) คือระบบวัดการกระเจิงที่ใช้สายอากาศตัวเดียวเป็นทั้งสายอากาศส่งและรับ โดยการใช้ตัวแยกโดดเดี่ยว (isolator) ช่วยสลับสัญญาณระหว่างคลื่นที่ส่งและคลื่นที่รับ ข้อดีของระบบนี้คือสามารถใช้สายอากาศตัวเดียวในการวัด ประหยัด และ

สะดวกในการออกแบบ แต่จะมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่ที่ความสามารถในการสลับสัญญาณของตัวแยกโดดเดี่ยว และไม่สามารถแยกมุมส่งและรับคลื่นได้

2. ระบบทวิสถิต (bistatic system) เป็นระบบที่ใช้สายอากาศส่งและรับแยกกัน สามารถเปลี่ยนตำแหน่งของการส่งและรับได้อิสระ ส่วนมากจะออกแบบให้สายอากาศส่งมีความกว้างลำ (beamwidth) แคบกว่าสายอากาศรับ แต่มีข้อเสียที่ยากในการออกแบบและติดตั้ง

3. ระบบเสมือนเอกสถิต (quasi-monostatic system) ระบบนี้เป็นการผสมระหว่างระบบเอกสถิต และระบบทวิสถิต ใช้สายอากาศส่งและรับแยกกัน แต่สายอากาศทั้งสองเหมือนกันทุกประการ วางอยู่ ณ ตำแหน่งเดียวกัน ออกแบบและสร้างได้ง่าย รูป 2.2 แสดงระบบทั้งสาม



รูป 2.2 ระบบวัดการกระเจิงทั้งสามประเภท

ในระบบเรดาร์จะอธิบายสมบัติของการกระเจิงของเป้าหมายในรูปของพื้นที่ซึ่งมีพลังงานของคลื่นกระเจิงกลับต่อพื้นที่นั้นเท่ากับ ความเข้มของพลังงานของคลื่นที่กระเจิงแบบไอโซทรอปิก หรือเรียกพื้นที่นี้ว่าภาคตัดขวางเรดาร์ (radar cross section: RCS) ใช้สัญลักษณ์ σ [9]

$$\sigma = \lim_{r \rightarrow \infty} 4\pi r^2 \frac{|E^s|^2}{|E^i|^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

โดยที่ r คือ ระยะจากวัตถุถึงสายอากาศรับ

ระบบวัดการกระเจิงจึงใช้ค่า RCS เป็นพารามิเตอร์เบื้องต้นสำหรับการบอกถึงสมบัติการกระเจิงของเป้าหมายเพราะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคลื่นกระเจิงและคลื่นตกกระทบ ซึ่งบอกความแตกต่างของสมบัติของเป้าหมายต่างชนิดกันได้

การกระเจิงของคลื่นจากเป้าหมาย

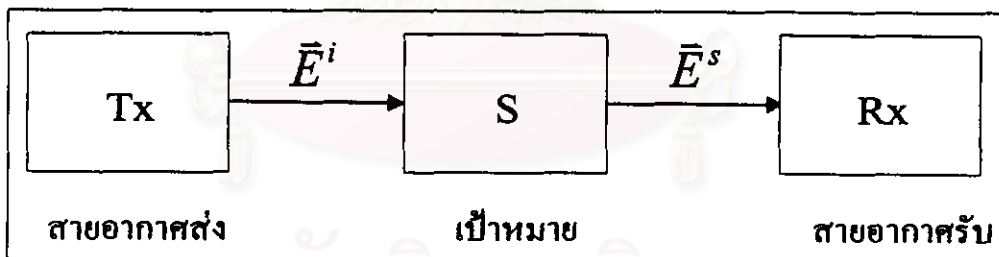
คลื่นกระเจิงมีความสัมพันธ์กับสมบัติเฉพาะตัวของเป้าหมายและคลื่นที่ตกกระทบ เสมือนว่าเป้าหมายเป็นระบบที่สามารถแปลงคลื่นตกกระทบไปเป็นคลื่นกระเจิงกลับ โดยมีฟังก์ชันถ่ายโอน (transfer function) ของระบบคือ เมทริกซ์การกระเจิง (scattering matrix:[S]) ดังสมการที่ (2.3) และสามารถอธิบายได้โดยง่ายดังรูป 2.3

$$\vec{E}^s = [S] * \vec{E}^i \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

โดยที่

\vec{E}^s คือ สนามไฟฟ้าของคลื่นกระเจิงกลับจากเป้าหมาย

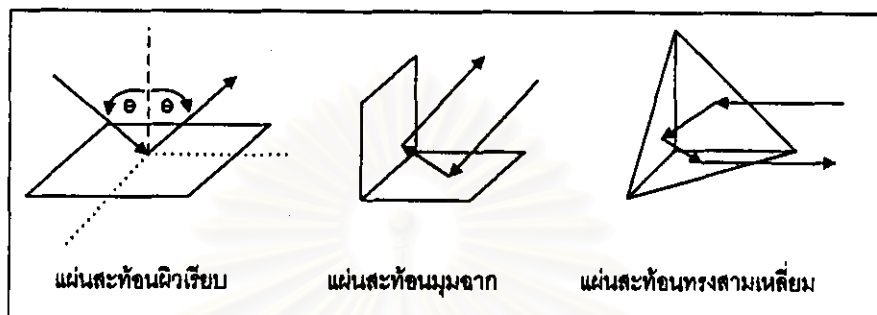
[S] คือ เมทริกซ์การกระเจิงของเป้าหมาย



รูป 2.3 ระบบการกระเจิงของเป้าหมาย

ขนาดและทิศทางของคลื่นที่กระเจิงกลับมากหรือน้อยขึ้นกับสมบัติภายในของเป้าหมายและลักษณะพื้นผิว เช่น พื้นผิวเรียบมีการกระเจิงที่แน่นอนด้วยกฎการสะท้อน พื้นผิวหยาบมีการกระเจิงอิสระ ไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นการทราบถึงทิศทางและการกระจายของคลื่นที่กระเจิงจากเป้าหมายจะช่วยให้การออกแบบและสร้างระบบวัดการกระเจิงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป้าหมายของระบบวัดการกระเจิงแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ [7 8 9] คือ

1. เป้าแบบจุด (point target) เป็นเป้าหมายที่มีโครงสร้างอย่างง่าย มีการสะท้อนที่แน่นอน และกำลังของคลื่นที่สะท้อนไม่ขึ้นกับขนาดของเป้าหมาย ทิศทางของคลื่นสะท้อนเป็นไปตามกฎของการสะท้อน เหมือนว่าคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนเกิดจากผิวของเป้าหมายที่จุดเดียว

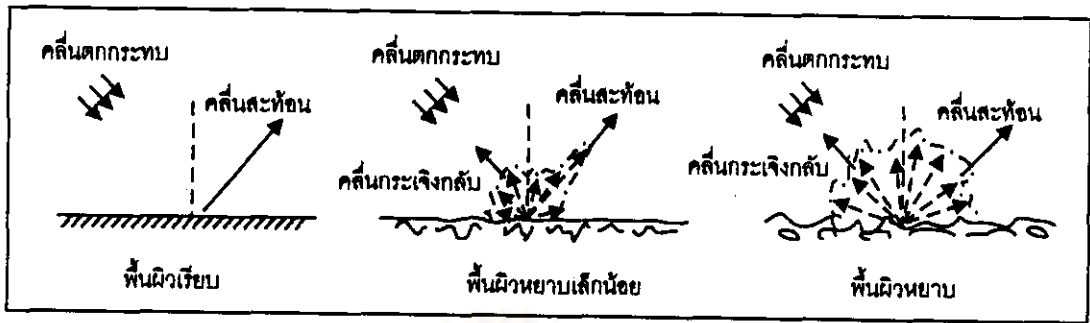


รูป 2.4 เป้าแบบจุดชนิดต่างๆ

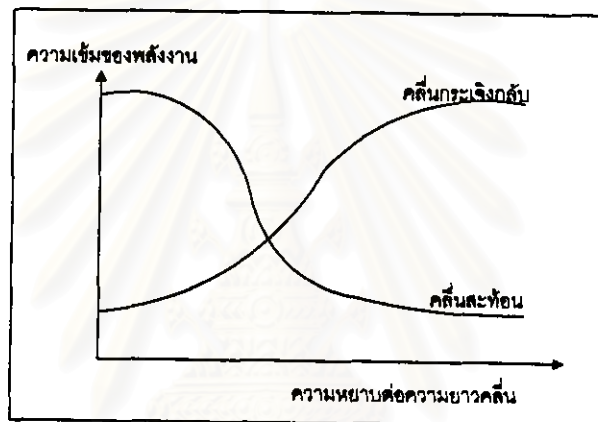
โดยทั่วไปเรานิยมใช้เป้าหมายแบบจุดในการปรับเทียบ เพราะสามารถคำนวณคลื่นกระเจิงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ และทราบทิศทางการสะท้อนกลับที่แน่นอน

2. เป้ากระจาย (distributed target) เป็นเป้าหมายที่มีการกระจายไม่เป็นระเบียบ ไม่สามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายมาแทนได้ ขนาดและทิศทางของคลื่นกระเจิงขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิว และเนื้อสารภายใน สามารถแบ่งการกระจายได้สองลักษณะ คือ

2.1 การกระเจิงบนพื้นผิว (surface scattering) คลื่นที่กระเจิงจะมีทิศทางและปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นกับความเรียบของพื้นผิวและเนื้อสารชั้นบน รูป 2.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อพื้นผิวมีความหยาบมากขึ้นการกระเจิงจะมีความไม่เป็นระเบียบมากขึ้น และความเข้มของพลังงานในทิศที่สะท้อน (ตามกฎการสะท้อน) จะลดลงแต่ความเข้มของพลังงานที่กระเจิงกลับจะมากขึ้นดังแสดงในรูป 2.6

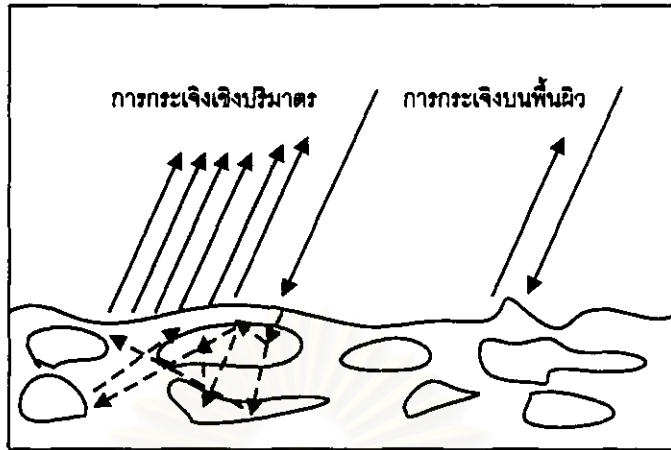


รูป 2.5 การกระเจิงจากพื้นผิวต่าง ๆ ของเป้ากระจาย



รูป 2.6 ความสัมพันธ์ของความหยาบต่อความยาวคลื่น กับความเข้มของพลังงาน จากคลื่นกระเจิงกลับและคลื่นสะท้อน

2.2 การกระเจิงเชิงปริมาตร (volume scattering) เป็นการกระเจิงเนื่องจากสมบัติของเนื้อสารภายใน เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเป้าหมาย เช่น พืชไร่ที่แต่ละชนิดมีความหนาแน่น ความสูง ขนาดลำต้นและใบไม่เท่ากัน ไม่สามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาแทนได้เพราะมีกลไกของการกระเจิงที่ซับซ้อนกว่าการศึกษาเป้าหมายประเภทนี้ จึงทำการทดลองเท่านั้น รูป 2.7 แสดงลักษณะการกระเจิงอย่างง่ายของการกระเจิงบนพื้นผิวและการกระเจิงเชิงปริมาตร



รูป 2.7 การกระเจิงบนพื้นผิวและการกระเจิงเชิงปริมาตร

ส่วนมากเป้าหมายในระบบวัดการกระเจิงเป็นเป้ากระจายซึ่งมีรูปแบบการกระเจิงที่อิสระ การใช้ภาคตัดขวางเรดาร์ หรือเมทริกซ์การกระเจิงเป็นตัวแทนของข้อมูลเพื่ออธิบายถึงสมบัติของ เป้าหมายจะใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติ ดังสมการที่ (2.4) และ (2.5)

$$\bar{\sigma} = \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{4\pi r^2}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|E^{s_k}|^2}{|E^{i_k}|^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$[\bar{S}] = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [S_k] \dots\dots\dots(2.5)$$

โดยที่ N คือ จำนวนของตำแหน่งทั้งหมดของการวัด

$\bar{\sigma}$ คือ ภาคตัดขวางเป้าเรดาร์เฉลี่ย

$[\bar{S}]$ คือ เมทริกซ์การกระเจิงเฉลี่ย

โพลาริเซชันของคลื่นกระเจิง

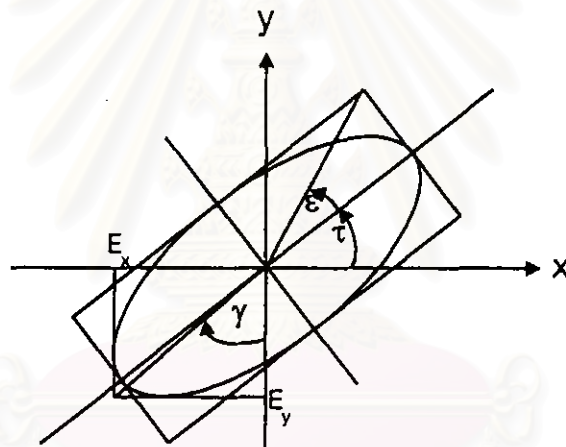
เมื่อพิจารณาสนามไฟฟ้าของคลื่นระนาบใด ๆ E ที่มีองค์ประกอบสององค์ประกอบของแนวโพลาริเซชันที่ตั้งฉากกัน และตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ E_x และ E_y เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของ E ตาม สมการที่ (2.6ก) และ (2.6ข)

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y \quad \dots\dots\dots(2.6ก)$$

$$\vec{E} = E_x e^{j(\omega t + \delta_x)} \hat{x} + E_y e^{j(\omega t + \delta_y)} \hat{y} \quad \dots\dots\dots(2.6ข)$$

โดยที่ E_x, E_y คือ ขนาดสนามไฟฟ้าของคลื่นในแนวโพลาริเซชัน x และ y ตามลำดับ
 δ_x, δ_y คือ มุมเฟสสนามไฟฟ้าของคลื่นในแนวโพลาริเซชัน x และ y ตามลำดับ
 \hat{x}, \hat{y} คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยของแนวโพลาริเซชัน x และ y ตามลำดับ

การอธิบายโพลาริเซชันของคลื่น E สามารถอธิบายด้วยเส้นทางเดินของปลายยอดคลื่นเวกเตอร์สนามในระนาบ xy ซึ่งโดยทั่วๆ ไปจะมีลักษณะเป็นวงรี เรียกว่า วงรีของการโพลาริเซชัน (polarization ellipse) ซึ่งอ้างอิงจาก[11] สัดส่วนของวงรีนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดและมุมเฟสขององค์ประกอบทั้งสอง ดังแสดงในรูป 2.8



รูป 2.8 ความสัมพันธ์ของมุม ϵ , τ และ γ บนวงรีของการโพลาริเซชัน

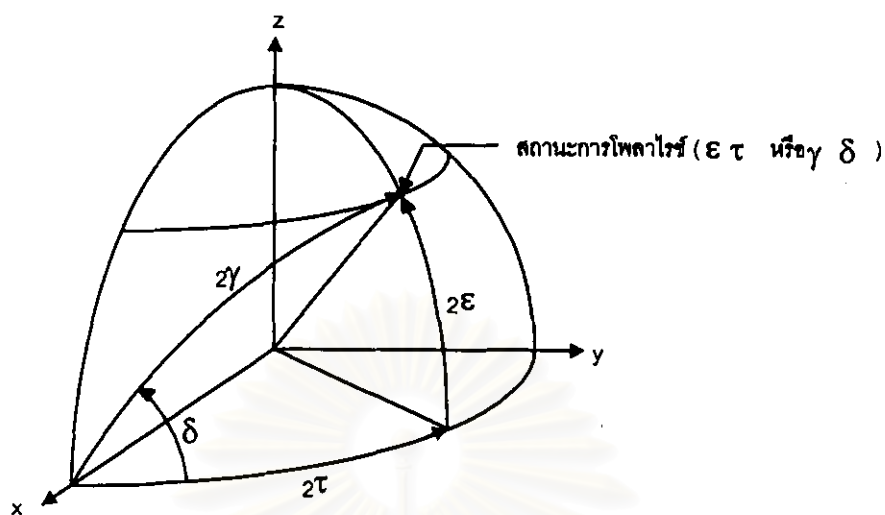
$$\text{โดยที่ } \gamma = \tan^{-1}(E_x/E_y) \quad ; 0^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ$$

$$\delta = \text{มุมเฟสระหว่าง } E_x \text{ และ } E_y = \delta_x - \delta_y \quad ; -180^\circ \leq \delta \leq +180^\circ$$

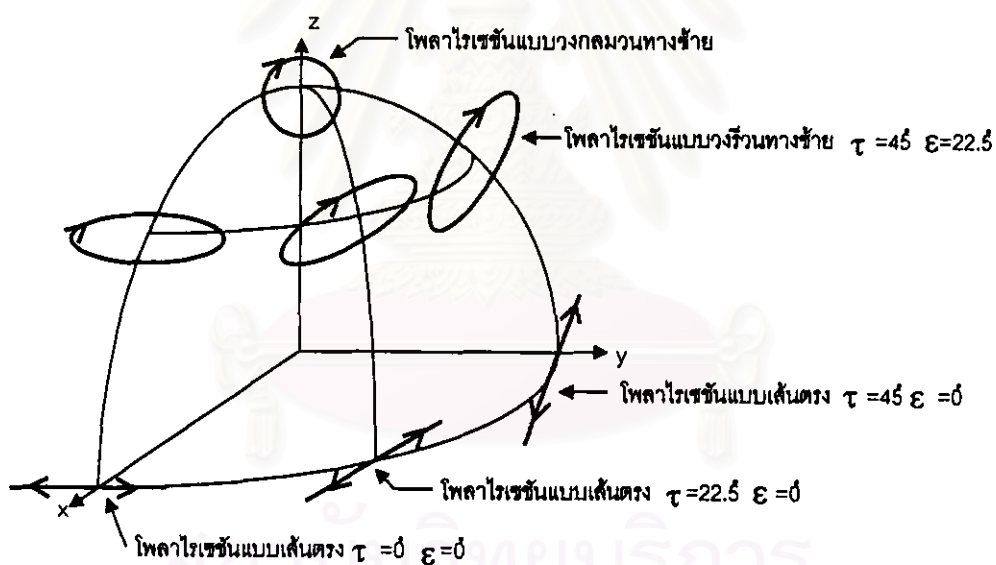
$$\epsilon = \frac{1}{2} \sin^{-1}(\sin 2\gamma \sin \delta) \quad ; -45^\circ \leq \epsilon \leq +45^\circ$$

$$\tau = \frac{1}{2} \tan^{-1}(\tan 2\gamma \cos \delta) \quad ; 0^\circ \leq \tau \leq +180^\circ$$

การอธิบายถึงสถานะการโพลาริเซชัน (polarization state) ของคลื่นใดๆ สามารถแสดงด้วยตำแหน่งบนทรงกลมปวงกาเร (Poincaré Sphere) และขึ้นอยู่กับมุม ϵ และ τ หรือมุม γ และ δ ดังแสดงในรูป 2.9ก และแสดงความสัมพันธ์ของวงรีการโพลาริเซชันบนทรงกลมปวงกาเรในรูป 2.9ข



รูป 2.9ก ความสัมพันธ์ของสถานะการโพลาไรซ์กับมุม E τ γ และ δ บนทรงกลมปวงกาเร



รูป 2.9ข ความสัมพันธ์ของวงรีการโพลาไรซ์บนทรงกลมปวงกาเร

ค่า E_x E_y δ_x และ δ_y ที่พิจารณาในสมการที่ (2.6ข) เป็นค่าคงที่ แต่ในทางปฏิบัติจะขึ้นกับเวลาจึงทำให้คลื่นส่วนมากเป็นคลื่นแบบที่ถูกโพลาไรซ์บางส่วน (partially polarized) สามารถบอกถึงระดับขั้นการโพลาไรซ์ (degree of polarization:d) ได้ด้วยการใช้ สโตกส์พารามิเตอร์ (Stokes' parameters) อธิบายตามสมการที่ (2.7)

$$d = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}}{I} \quad ; 0 \leq d \leq 1 \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

โดยที่

$$I = \frac{\langle E_x^2 \rangle}{Z} + \frac{\langle E_y^2 \rangle}{Z} \quad \text{และ} \quad Q = \frac{\langle E_x^2 \rangle}{Z} - \frac{\langle E_y^2 \rangle}{Z}$$

$$U = \frac{2}{Z} \langle E_x E_y \cos \delta \rangle \quad \text{และ} \quad V = \frac{2}{Z} \langle E_x E_y \sin \delta \rangle$$

(...) คือ การหาค่าเฉลี่ยทางเวลา

จากสมการที่ (2.1) ถ้าพิจารณาคลื่นที่ตกกระทบและคลื่นที่กระเจิงกลับเป็นคลื่นระนาบที่มีองค์ประกอบของแนวโพลาไรเซชันสองแนวที่ตั้งฉากกัน H และ V (horizontal และ vertical) จะได้ว่า

$$\bar{E}^i = E_v^i \bar{v}_i + E_h^i \bar{h}_i = \begin{bmatrix} E_v^i \\ E_h^i \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.8ก)$$

$$\bar{E}^s = E_v^s \bar{v}_s + E_h^s \bar{h}_s = \begin{bmatrix} E_v^s \\ E_h^s \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.8ข)$$

$$\begin{bmatrix} E_v^s \\ E_h^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{vv} & S_{vh} \\ S_{hv} & S_{hh} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_v^i \\ E_h^i \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.8ค)$$

$$E_v^s = E_v^i S_{vv} + E_h^i S_{vh} \quad \dots\dots\dots(2.8ง)$$

$$E_h^s = E_v^i S_{hv} + E_h^i S_{hh} \quad \dots\dots\dots(2.8จ)$$

โดยที่ E_v^i, E_h^i คือ องค์ประกอบสนามไฟฟ้าของคลื่นตกกระทบในแนวโพลาไรเซชัน V และ H ตามลำดับ

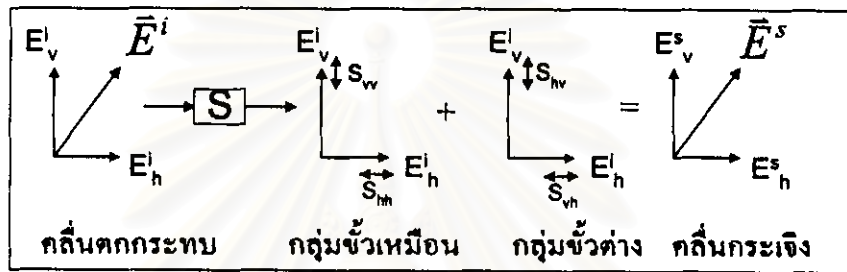
E_v^s, E_h^s คือ องค์ประกอบสนามไฟฟ้าของคลื่นกระเจิงกลับในแนวโพลาไรเซชัน V และ H ตามลำดับ

$S_{vv}, S_{vh}, S_{hv}, S_{hh}$ คือ องค์ประกอบทั้ง 4 ของเมทริกซ์การกระเจิงของวัตถุ

\bar{v}_i, \bar{h}_i คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (unit vector) ของคลื่นตกกระทบในทิศตามแนวโพลาไรเซชัน V และ H ตามลำดับ

\bar{v}_s, \bar{h}_s คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (unit vector) ของคลื่นกระเจิงในทิศตามแนวโพลาไรเซชัน V และ H ตามลำดับ

จากสมการที่ (2.8) และ (2.8๑) เห็นว่าองค์ประกอบทั้งสี่ของเมทริกซ์การกระเจิงของวัตถุ มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของคลื่นตกกระทบและคลื่นกระเจิง แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มขั้วเหมือน (co-polarization) และกลุ่มขั้วต่าง (cross-polarization) กลุ่มขั้วเหมือน (S_{vv}, S_{hh}) กลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงคลื่นตกกระทบไปเป็นคลื่นกระเจิงแนวโพลาไรเซชันเดียวกัน กลุ่มขั้วต่าง (S_{vh}, S_{hv}) กลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงคลื่นตกกระทบไปเป็นคลื่นกระเจิงแนวโพลาไรเซชันที่ตั้งฉากกัน จึงพิจารณาได้ว่าคลื่นที่กระเจิงออกจากวัตถุเกิดจากการรวมกันของสองกลุ่มนี้ แสดงในรูป 2.9



รูป 2.10 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของเมทริกซ์การกระเจิง กับคลื่นตกกระทบและคลื่นกระเจิง

ค่าองค์ประกอบทั้งสี่ของเมทริกซ์การกระเจิง สามารถบอกสมบัติของเป้าหมายที่ทำให้เกิดคลื่นกระเจิงในลักษณะที่เปลี่ยนวงรีของการโพลาไรซ์ของคลื่นตกกระทบ ไปเป็นวงรีของการโพลาไรซ์ของคลื่นกระเจิงกลับ ดังนั้นการวัดโพลาไรเซชันจึงใช้ในการแยกประเภทของเป้าหมายได้

ปัจจัยในการออกแบบระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิง

1. ความถี่

คลื่นไมโครเวฟที่ใช้งานในระบบวัดการกระเจิง อยู่ในช่วงความถี่ 0.3 ถึง 40 GHz ถูกแบ่งเป็นย่านความถี่ต่าง ๆ คือ ความถี่ย่าน P (0.3 GHz ถึง 1 GHz) ความถี่ย่าน L (1 GHz ถึง 2 GHz) ความถี่ย่าน S (2 GHz ถึง 4 GHz) ความถี่ย่าน C (4 GHz ถึง 8 GHz) ความถี่ย่าน X (8 GHz ถึง 12.5 GHz) ความถี่ย่าน K (12.5 GHz ถึง 40 GHz) แต่ที่นิยมใช้ในระบบวัดการกระเจิงคือ ย่านความถี่ X C และ L เพราะขนาดของความยาวคลื่นไม่มาก หรือน้อยจนเกินไปเมื่อเทียบกับลักษณะของเป้าหมาย ถ้ามีความยาวคลื่นน้อยไปข้อมูลที่ได้จะมีผลเนื่องจากสัญญาณรบกวนมาก แต่ถ้ามีความยาวคลื่นมากไปคลื่นจะทะลุเป้าหมายไปถึงผิวดินทำให้มีผลของดินมากกว่าของเป้าหมาย

จาก [4 6] พบว่าในการทำแผนที่เมืองที่มีอาคาร ถนน และสิ่งก่อสร้างมากๆ ความถี่ย่าน L ให้ผลที่ดีกว่า แต่ถ้าเป็นแผนที่ชนบท แผลงเพาะปลูก ความถี่ย่าน C และ X จะให้ผลที่ดีกว่า

2. โพลาริเซชัน

ระบบวัดโพลาริเซชันของคลื่นกระเจิงจะพิจารณาข้อมูลจากคลื่นกระเจิงทั้งสองแนวโพลาริเซชันที่ตั้งฉากกัน จากสมการที่ (2.8ก) ถึง (2.8จ) พบว่าถ้าต้องการข้อมูลของเมทริกซ์การกระเจิงครบทั้งสี่องค์ประกอบจะต้องวัดคลื่นโดยการเปลี่ยนสายอากาศส่งและรับในแนวที่ตั้งฉากกับแนวเดิมสลับไปมา 4 กรณี คือ HH HV VH และ VV

3. มุมในการส่งและรับคลื่น

ระบบวัดการกระเจิงที่เลือกใช้คือระบบเสมือนเอกสถิต (quasi-monostatic) เพราะสามารถออกแบบและสร้างได้ง่าย สามารถประยุกต์เป็นระบบวัดบนเครื่องบินได้ โดยที่มีมุมของคลื่นตกกระทบทำมุม 90° กับแนวระดับ คลื่นที่สะท้อนหรือกระเจิงกลับจะทำมุม 90° ด้วย ทำให้ความเข้มของพลังงานในทิศนี้มีมากที่สุด

4. เป้าหมาย

งานวิจัยนี้ศึกษาปัญหาการแยกประเภทของพืชไร่ ฉะนั้นเป้าหมายของระบบจัดเป็นเป้าหมายประเภทเป้าหมายกระจาย ที่มีทิศการกระเจิงอิสระ ในการวัดจึงวัดหลายๆ ตำแหน่งและใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติเป็นตัวแทนของข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลกับสมบัติของพืชไร่ในการแยกประเภท และเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย