วารสารวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม – ธันวาคม 2563

Journal of Science and Technology
Vol. 3 No. 1 January – December 2020

ระบบ Link 22 Super Network และการประยุกต์ใช้งาน

Link 22 Super Network System and Applications

อริยพล ธีระชุติกุล[1]

Ariyaphon Teerachutikul[1]

Received: March 14, 2020
Revised: June 16, 2020
Accepted: July 1, 2020

บทคัดย่อ

ระบบเชื่อมโยงข้อมูลทางยุทธวิธี (Tactical Data Link :TDL) เป็นมาตรฐานในการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุหรือสายเคเบิลของกองทัพสหรัฐและพันธมิตรทางทหารระหว่างรัฐบาลตามองค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือ (North Atlantic Treaty Organization : NATO) โดยระบบการควบคุม บังคับบัญชา การสื่อสาร คอมพิวเตอร์ และการข่าวกรอง (C4I) ทางการทหารทั้งหมดจะใช้ TDL ที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยเพื่อถ่ายทอดและรับข้อมูลทางยุทธวิธีต่อกัน ระบบ Link 22 เป็นระบบวิทยุล่าสุดที่องค์การ NATO ให้การรับรองโดยมีความสามารถในการสื่อสารแบบนอกเหนือจากการมองเห็น (Beyond Line-Of-Sight) ทำให้ระบบอำนวยการยุทธสามารถเชื่อมต่อข้อมูลไม่ว่าจะเป็นหน่วยบก หน่วยเรือ หน่วยทางอากาศ รวมถึงการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลยุทธวิธีบนพื้นดิน อีกทั้งยังสามารถใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลยุทธวิธีระหว่างหน่วยทหารของประเทศที่เข้าร่วมเครือข่ายอีกด้วย ในปัจจุบันระบบ Link 22 ได้ถูกนำไปใช้ในยามสงบวิกฤตและสงครามเพื่อสนับสนุนภารกิจขององค์การ NATO และประเทศพันธมิตรอย่างเป็นรูปธรรมเรียบร้อยแล้ว

คำสำคัญ : ระบบเชื่อมโยงข้อมูลทางยุทธวิธี แลกเปลี่ยนข้อมูลยุทธวิธี

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กองวิชาการเรือและเดินเรือ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ
Assistant Professor, Department of Seamanship and Navigation, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy Email: tit44101@hotmail.com

Abstract

"Tactical Data Link (TDL) is a standard in radio or cable communications that the US military and allied military intergovernmental government according to the North Atlantic Treaty (NATO). Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence (C4I) will use standard TDLs to transmit and receive tactical information with each other. Link 22 is the latest radio system certified by NATO with In addition to the visual communication (Beyond Line-Of-Sight) allows The Combat operations to connect data such as land units, air units, ships Including connection to the tactical database system on the ground It can also be used to exchange tactical information between military units of the countries that join the Network. The Link 22 system is currently being used in times of peace, crisis and war in solid support of NATO and its allies.

Keywords : Tactical Data Link, TDL, Link 22

1. บทนำ

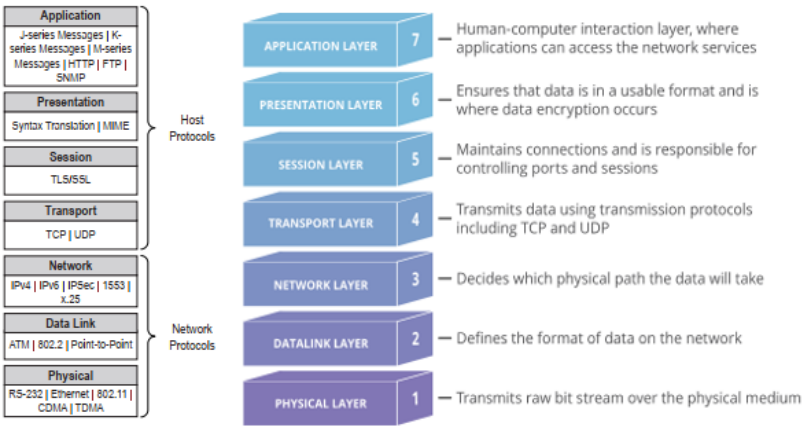
ในช่วงปลายพุทธทศวรรษที่ 2520 องค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือ (North Atlantic Treaty Organization : NATO) ได้ก่อตั้งโปรแกรมปรับปรุง Link 11 (NATO Improved Link Eleven: NILE) ซึ่งในโปรแกรมดังกล่าวระบุถึงการสร้างมาตรฐานของข้อความทางยุทธวิธีแบบใหม่ เพื่อปรับปรุงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยและจัดหาสถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบเลเยอร์ (Layer) เชื่อมต่อข้อมูลแบบใหม่ โดยกำหนดชื่อว่า Link 22 ต่อมาเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2533 องค์การ NATO ได้กำหนดคุณลักษณะของระบบเบื้องต้นจนได้ข้อกำหนดของระบบการใช้งานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และก่อตั้งโปรแกรม NILE ที่ได้รับเงินทุนและดำเนินการร่วมกัน 7 ประเทศได้แก่ แคนาดา, ฝรั่งเศส, เยอรมัน, อิตาลี, เนเธอร์แลนด์, สหราชอาณาจักร และสหรัฐอเมริกา ภายใต้การสนับสนุนของบันทึกความเข้าใจ (MOU) ของคณะกรรมการกำกับดูแลควบคุมโปรแกรม NILE และได้รับการบริหารจัดการจากคณะกรรมการบริหารโครงการ Program Management Warfare (PMW) ประกอบด้วยตัวแทนจากแต่ละประเทศที่เข้าร่วมและผู้จัดการโครงการจากสหรัฐอเมริกาตั้งอยู่ที่ Space and Naval Warfare Command (SPAWAR) ในซานดิเอโกรัฐแคลิฟอร์เนีย [1] สาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงจาก Link 11 มาเป็น Link 22 นั้นมาจากข้อกำจัดของเทคโนโลยีที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของการรบร่วมต่างๆ เช่น ด้านการตรวจการณ์ทางบก การตรวจการทางอากาศ การควบคุมทางอากาศยาน และขาดความสามารถในการจัดการโครงข่ายได้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบขีดความสามารถของเครือข่าย Link 11 และ Link 22 [2]

ขีดความสามารถ	Link 11	Link 22
การติดตามยุทโธปกรณ์	✓	✓
การตรวจการณ์ทางอากาศ	✓	✓
การตรวจการณ์ทางบก	-	✓
การตรวจการณ์ผิวน้ำ	✓	✓
การตรวจการณ์ใต้น้ำ	✓	✓
การตรวจการทางอวกาศ	-	✓
สงครามอิเล็กทรอนิกส์	✓	✓
การประสานงานของอาวุธ	✓	✓
การบังคับบัญชา	✓	✓
การควบคุมทางอากาศ	-	✓
การจัดการโครงข่าย	-	✓

2. แนวทางการปรับปรุงและพัฒนา

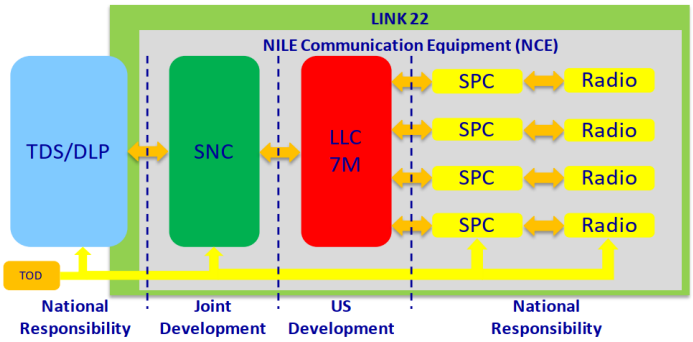
การพัฒนาระบบ Data Links สามารถแบ่งได้เป็น 2 ยุคได้แก่ ยุคแรก เริ่มต้นตั้งแต่ พ.ศ. 2493 – 2513 ซึ่งใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์แบบ 8 บิต ทำให้ความสามารถในการส่งข้อมูลมีจำกัดเพียง 600 – 2,400 บิตต่อวินาที เท่านั้น ตัวอย่าง Link ที่ได้รับการพัฒนาในยุคนี้ได้แก่ Link 1, Link 4, Link 11, Link 11B และ Link 14 ต่อมายุคที่ 2 เริ่มตั้งแต่หลัง พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา จะใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิต ดังนั้นจะทำให้ Link ในยุคที่ 2 นี้สามารถทำงานได้หลากหลายและมีความเร็วในการส่งข้อมูลอยู่ที่ 2,400 บิตต่อวินาที - 1 เมกะบิตต่อวินาที ตัวอย่าง Link ที่ได้รับการพัฒนาในยุคที่สองนี้ได้แก่ Link 16 และ Link 22 [3] ดังนั้นเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน Link22 จึงออกแบบโดยใช้สถาปัตยกรรมแบบเลเยอร์คล้ายกับรูปแบบมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบเปิด (Open System Interconnection Model: OSI Model) ที่กำหนดโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (The International Organization for Standardization: ISO) ซึ่งแยกฟังก์ชั่นภายในเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีการทำงานที่เฉพาะเจาะจงวิธีการนี้จะสามารถเชื่อมต่อส่วนขยาย (Extension) ได้สูงสุดและเปิดให้ผู้ใช้บริการหลายรายพร้อมกันได้



รูปที่ 1 เปรียบเทียบสถาปัตยกรรม Link 22 [4] กับแบบจำลอง OSI Model [5]

อีกทั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุดโครงการจึงใช้วิธีการพัฒนาแบบ OSI Model ภายใต้นโยบายการนำวิทยุและอุปกรณ์ Link 11 ที่มีอยู่เดิมกลับมาใช้ใหม่ การใช้คอมพิวเตอร์พาณิชย์ทั่วไป (Commercial Off-The-Shelf : COTS) ใช้ระบบการทำงานอัตโนมัติเพื่อลดการตอบสนองของมนุษย์กับเครื่องจักร และใช้มาตรฐานข้อความให้ใกล้เคียงกับ Link 16 ให้มากที่สุด

เพื่อการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ระบบ Link 22 จึงถูกออกแบบประกอบด้วย NILE Communication Equipment (NCE) และ Data Link Processor (DLP) ภายใต้การเชื่อมต่อ DLP นั้น ระบบ Link 22 ประกอบด้วยอินเทอร์เฟซที่เชื่อมต่อไปยังระบบควบคุมเครือข่าย (SNC) และมีการจัดการข้อความทางยุทธวิธี (Tactical Messages) ที่ถูกกำหนดคุณสมบัติไว้ใน ATDLP-5.22 โดยระบบจะส่งและรับข้อมูล (Data Link) ในส่วนของ DLP เชื่อมต่อกับหรือเป็นส่วนหนึ่งของระบบข้อมูลทางยุทธวิธี (Tactical Data System: TDS) หรือที่เรียกว่าระบบโฮสต์ของ NILE Unit (NU) ซึ่งประมวลผลข้อความทางยุทธวิธีที่ได้รับและสร้างข้อความทางยุทธวิธีสำหรับการส่งผ่านตามข้อกำหนดระดับชาติของหน่วย ผ่านการใช้เวลาของวัน (Time of Day: TOD) ที่ตรงตามข้อกำหนดของ Link 22 [6] อีกทั้งมาตรฐานคุณลักษณะอินเตอร์เฟส NILE และ SNC ทั้งหมดได้รับการกำหนด ออกแบบและพัฒนาร่วมกันโดย NILE Nations ซึ่งหลังจากประเทศสหรัฐอเมริกาพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยใหม่ชื่อว่า LLC 7M เสร็จสิ้นแล้วได้ให้หน่วยงานความมั่นคงแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Security Agency :NSA) รับรองระบบความปลอดภัยดังกล่าวในเดือนกุมภาพันธ์ 2559 [7]



รูปที่ 2 ระบบ Link 22 เชื่อม NILE Communication Equipment [8]

จากกรอบสีเทาด้านในภาพที่ 2 เป็นอุปกรณ์สื่อสารของ NILE (NILE Communications Equipment: NCE) ซึ่งประกอบด้วย ระบบควบคุมเครือข่าย (System Network Controller: SNC) มาตรการรักษาความปลอดภัยการติดต่อสื่อสาร (Communication Security: COMSEC) (LLC 7M) ตัวควบคุมการประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing Controllers: SPCs) ระบบวิทยุ และความปลอดภัยของการสื่อสาร (Communications Security)

ด้านการเพิ่มความสามารถในการรักษาความปลอดภัย Link 22 มีระบบการรักษาความปลอดภัย (Communication Security :COMSEC) ที่น่าเชื่อถือซึ่งมีอุปกรณ์เข้ารหัสและถอดรหัสภายในระบบเครื่องอุปกรณ์เข้ารหัส (Crypto) นี้ติดตั้งในเลเยอร์ลิงค์ข้อมูลเรียกว่า Link Level COMSEC (LLC) ซึ่งใช้ชิปอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการรับรองความปลอดภัยจาก NATO [9] อีกทั้งเป็นยังเป็นชนิดเดียวกันกับ Link 16 และ LLC มีขีดความสามารถในการตรวจจับความพยายามในการทำลายเครือข่ายได้อีกด้วย ในอนาคตโปรแกรม

NILE จะทำการพัฒนากลายเป็น Modernized LLC (MLLC) เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานตามแผน Crypto Modernization Roadmap ของหน่วยงานความมั่นคงแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาอีกด้วย

จากการพัฒนาที่กล่าวมานั้นสามารถนำคุณลักษณะของ Link 11 และ Link 22 มาเปรียบเทียบโดยสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของ Link 11 และ Link 22 [10]

คุณลักษณะ	**Link 11**	**Link 22**
ความถี่	HF / UHF	HF / UHF Spread
ความเร็ว (บิตต่อวินาที)	1,800	-
การป้องกันสงครามอิเล็กทรอนิกส์	-	✓
การเข้ารหัส	✓	✓
การใช้ Node ในการเชื่อมต่อ	✓	-
ระยะส่งที่มากกว่า LOS	-	✓
จำนวนข้อมูล (กิโลบิตต่อวินาที)	1.2	✓
ลักษณะของข้อความ	S-series	✓
สถาปัตยกรรมในการส่ง	Duplex digital	DTDMA

3. คุณลักษณะของ Link 22

3.1 ระบบโครงข่าย (Link 22 Network)

ระบบเครือข่ายของ Link 22 เรียกว่า Link 22 Super Network สามารถเชื่อมอุปกรณ์ตั้งแต่ 2 ถึง 125 หน่วย (Unit) ในเครือข่าย NILE เดียวกัน และยังสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย NILE Networks ได้สูงสุด 8 เครือข่าย NILE Networks โดยหน่วยที่เข้าร่วมใน Link 22 Super Network สามารถเป็นสมาชิกได้สูงสุด 4 เครือข่าย NILE Networks และเพื่อให้เกิดการสื่อสารที่ราบรื่นระหว่างหน่วย แม้ว่าจะใช้ตัวกลางการส่ง (Media) ที่แตกต่างกันเพื่อตอบสนองความต้องการสื่อสารภายใต้เงื่อนไขของการแพร่กระจายคลื่นของแต่ละหน่วย และในเครือข่าย Link 22 หน่วย NILE ทุกหน่วยสามารถสื่อสารกับหน่วย NILE ได้ทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงเครือข่าย NILE ที่เข้าร่วม อีกทั้งหน่วยต่างๆ ยังสามารถส่งต่อข้อความเพื่อขยายความครอบคลุมการสื่อสาร (Coverage) เรียกว่า รีเลย์ (Relay) โดยอัตโนมัติ

3.2 การสื่อสารแบบนอกเหนือจากการมองเห็น (Beyond Line-Of-Sight : BLOS)

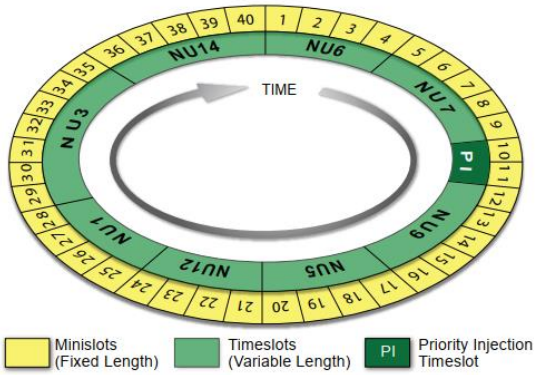
ภายใต้เครือข่าย NILE สามารถใช้การสื่อสารข่ายความถี่สูง (HF) หรือข่ายความถี่สูงพิเศษ (UHF) คู่กันได้ โดยการสื่อสารแบบ HF ในช่วงความถี่ 2-30 MHz ซึ่งให้การสื่อสารที่นอกเหนือจากการมองเห็นในข่ายความถี่สูงจะเรียกว่า HF Sky Wave นั้น ระบบส่งสัญญาณจะทำการปรับกำลังและมุมของเสาส่งให้เหมาะสำหรับการส่ง โดยปกติแล้ว HF Sky Wave สามารถส่งสัญญาณได้สูงสุดได้ถึง 300 ไมล์ทะเล ทั้งนี้ข่าย HF ยังสามารถให้การสื่อสารแบบการมองเห็น (Line-Of-Sight : LOS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย ส่วนการสื่อสารข่ายความถี่สูงพิเศษหรือ UHF นั้นจะอยู่ในช่วงความถี่ 225-400 MHz ซึ่งด้วยความถี่ที่สูงจะให้การสื่อสารแบบ LOS เท่านั้น ระบบ Link 22 จะเลือกใช้ย่านความถี่ที่เหมาะสมร่วมกับการเลือกรูปแบบการส่งด้วยความถี่คงที่หรือมีความถี่แบบ Hopping ได้ผ่านการคำนวณอัตราการครอบคลุม

3.3 การเชื่อมต่อแบบและการบริหารข้อมูล

ระบบ Link 22 จะมีการเข้าถึงข้อมูลแบบ Time Division Multiple Access (TDMA) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถกระจายข้อมูลระหว่างสมาชิกในเครือข่ายทั้งหมด โดยการใช้ระยะเวลาของวงรอบใหญ่และถูกแบ่งออกเป็นช่วงเวลา (Timeslots) ที่มีระยะเวลาที่แตกต่างกัน [11] แต่ระบบจะจัดสรรให้กับหน่วยเฉพาะที่มีความจำเป็นเร่งด่วนในเครือข่ายก่อนต่อมาจึงจัดให้กับหน่วยส่งสัญญาณให้ทำการส่งในช่วงเวลาของตนเองและหน่วยอื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมดเฝ้าฟังในช่วงเวลาดังกล่าว แต่อาจมีช่วงเวลาในการให้ลำดับความสำคัญกับบางหน่วยส่งซึ่งระบบสามารถลดระยะเวลาที่หน่วยส่งต้องรอได้เพื่อให้สามารถส่งข้อความที่มีลำดับความสำคัญสูงก่อน และถ้าหากหลายหน่วยต้องการส่งสัญญาณในช่วงเวลาที่มีความสำคัญในเวลาเดียวกัน ระบบจะจัดสรรการส่งสัญญาณซ้ำในช่วงเวลาของหน่วยอีกครั้งเพื่อป้องการส่งที่ทับซ้อนกันจนหน่วยต่าง ๆ ไม่ได้รับข้อความ

3.4 โครงสร้างของวงจรเครือข่าย (Network Cycle Structure)

เครือข่าย NILE ใช้โปรโตคอล TDMA ผ่านโครงสร้างของวงจรเครือข่าย (Network Cycle Structure: NCS) โดยกำหนดให้แต่ละเครือข่ายแบ่งเวลาเป็นช่วงความยาวคงที่เรียกว่า Minislots ที่มีระยะเวลาแตกต่างกันไปตามประเภทของรูปแบบการส่ง และยังมีช่วงเวลาที่เรียกว่า Timeslots ที่ประกอบด้วย Minislots ซึ่งเพื่อความยืดหยุ่นทำให้ Timeslots ของแต่ละ NCS มีขนาดแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เครือข่าย NILE จะกำหนดช่วงเวลาได้รับการจัดสรรให้กับหน่วยต่างๆ เท่ากันหรือปรับเปลี่ยนช่วงเวลาตามลำดับความสำคัญของหน่วยส่งโดยให้หน่วยส่งข้อความที่มีลำดับความสำคัญสูงส่งผ่านในช่วงเวลาเพิ่มเติม (Priority Inject Timeslot) ได้อีกทั้งระบบจะตรวจสอบว่าแต่ละหน่วยมีโอกาสส่งสัญญาณอย่างน้อยหนึ่งครั้งภายในระยะเวลาที่กำหนดตามวงรอบ (Network Cycle Time :NCT) ซึ่ง NCT จะประกอบด้วยจำนวนของ Minislots ที่เป็นสร้างวงจรเครือข่าย โดย NCT สามารถมีผลรวมของความยาวของช่วงเวลาสูงสุดถึง 1,024 Minislots ขึ้นอยู่กับจำนวนของกองกำลัง เมื่อเครือข่ายโครงสร้างของวงจรเครือข่ายทำงานจะเรียกว่า Operational NCS (ONCS) โดยระบบ Link 22 มีความสามารถในการแก้ไข ONCS และให้ระบบควบคุมเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยน ONCS ได้



รูปที่ 3 โครงสร้างของวงจรเครือข่ายของ Link 22 [12]

ดังนั้นผู้วางโครงข่ายการสื่อสารต้องคำนึงถึงจำนวนข้อความทางยุทธวิธีต่อวินาทีที่หน่วยจะต้องส่ง (Capacity Need) รวมถึงปริมาณการใช้รีเลย์และระยะเวลาที่สามารถรอระหว่างการส่งสัญญาณ (Access Delay) ก่อนการเริ่มต้นเครือข่าย

4. สรุป

การปฏิบัติการทางทหารในปัจจุบันมีความซับซ้อนกองทัพจึงได้พัฒนาระบบอำนวยการรบที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง เพื่อให้ข้อมูลข่าวสาร ภาพสถานการณ์ และคำสั่งผ่านการสื่อสารได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ ผ่านระบบเชื่อมโยงข้อมูลทางยุทธวิธี (TDL) ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลในพื้นที่การรบแบบบูรณาการ ซึ่งระบบ Link 22 เป็นระบบที่ถูกพัฒนาล่าสุดโดยประเทศในกลุ่มองค์การ NATOเพื่อทดแทนข้อจำกัดของ Link 11 โดยข้อได้เปรียบหลักนั้นคือ การสื่อสารแบบนอกเหนือจากการมองเห็น ทำให้สามารถแสดงภาพการรบผ่านการเฝ้าตรวจของหน่วยทางอากาศ ทางบก และทางทะเลได้ทันทีแบบไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยี DTDMA ดังนั้นการศึกษาระบบ Link 22 จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบอำนวยการรบของกองทัพไทยทั้งในระดับยุทธการและยุทธวิธีให้มีความสามารถเทียบเท่ากับองค์การ NATO

เอกสารอ้างอิง

[1] Project Management Office. Customer Information Guide (CIG), NATO Improved Link Eleven (NILE), 2019. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.link22.org/ [สืบค้นเมื่อ: 8 พฤศจิกายน 2562]

[2] Anca STOICA.Diana MILITARU.Dan MOLDOVEANU &Alina POPA. TACTICAL DATA LINK – FROM LINK 1 TO LINK 22. Naval Academy Scientific Bulletin Volume XIX, no.2, pp. 317, 2016.

[3] North Atlantic Treaty Organization. NATO Standardization Agreement: STANAG 5522 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://standards.globalspec.com/std/1308592/STANAG%205522. [สืบค้นเมื่อ: 9 พฤศจิกายน 2562]

[4] Northrop Grumman, Understanding Voice and Data Link Networking, Virginia, pp. 1-6, 2014.

[5] Cloudflare. What is Layer 7? | How Layer 7 of the Internet Works. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.cloudflare.com/learning/ddos/what-is-layer-7/ [สืบค้นเมื่อ: 5 พฤศจิกายน 2562]

[6] C3B Interoperability Profiles Capability Team. NATO Interoperability Standards and Profiles Volume 3, 2018. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://nhqc3s.hq.nato.int/ [สืบค้นเมื่อ: 9 พฤศจิกายน 2562]

[7] North Atlantic Treaty Organization. Link Level COMSEC (LLC) 7M [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:https://www.ia.nato.int/niapc/Product/Link-Level-COMSEC--LLC--7M_648.

[8] Customer Information Guide (CIG), NATO Improved Link Eleven (NILE) Project Management Office (PMO), San Diego, pp. 8/39, 2019.

[9] Raytheon. Link Level COMSEC (LLC) 7M, 2017. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.ia.nato.int/niapc/Product/Link-Level-COMSEC--LLC--7M_648 [สืบค้นเมื่อ: 8 พฤศจิกายน 2562]

[10] Anca STOICA.Diana MILITARU.Dan MOLDOVEANU &Alina POPA. TACTICAL DATA LINK – FROM LINK 1 TO LINK 22. Naval Academy Scientific Bulletin Volume XIX, no.2, pp. 319, 2016.

[11] Elsevier B.V..Time Division Multiple Access [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/time-division-multiple-access. [สืบค้นเมื่อ: 10 พฤศจิกายน 2562]

[12] Northrop Grumman Understanding Voice and Data Link Networking. San Diego, pp. 4-25, 2014