เทคโนโลยีการนำวิถี: ความจำเป็นสำหรับอาวุธในยุคปัจจุบัน ข้อพิจารณาและขีดจำกัด

นาวาอากาศเอก อนุชา เครือประดับ
นักวิเคราะห์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ 4

"สงครามเป็นสิ่งน่าขยะแขยง เป็นสาเหตุของความทุกข์ยาก ความเสียหาย และความตาย และเราจะเห็นสิ่งเหล่านี้ได้ทุกๆวัน แต่ขอให้ชัดเจนว่า ไม่มีชาติในในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติที่จะหลีกเลี่ยงความเสียหายต่อพลเรือนได้เท่าสหรัฐอเมริกาในสงครามอัฟกานิสถาน" – โดนัลด์ รัมส์เฟลด์ อดีตรัฐมนตรีกลาโหมสหรัฐอเมริกา

"การพัฒนาเทคโนโลยี จะนำมาซึ่งการปรับปรุงในด้านความเร็วของการตอบโต้, ระยะยิง และความสามารถที่จะใช้อำนาจยิงปริมาณมหาศาลด้วยความแม่นยำสูงมาก การปรับปรุงทั้งหมดนี้สามารถช่วยให้กำลังทางอากาศ ชดเชยขีดจำกัดที่ผู้บัญชาการการรบต้องถูกบังคับด้วยปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ภูมิศาสตร์ และการเมือง" - General William Momyer

ในความขัดแย้งของประชาคมโลกทุกครั้งที่ผ่านมา นับตั้งแต่สงครามอ่าวเปอร์เซีย การเสียชีวิตและบาดเจ็บ และความเสียหายของทรัพย์สินของพลเรือน เนื่องมาจากการโจมตีเป้าหมายทางการทหาร หรือที่เรียกว่า"ความเสียหายข้างเคียง(Collateral Damage)" เป็นประเด็นสำคัญที่ได้ถูกหยิบยกขึ้นมาทั้งเพื่อที่จะแสวงหาความชอบธรรมในโจมตีของฝ่ายที่ใช้กำลัง และการกล่าวหาในความไร้มนุษยธรรมของฝ่ายตรงกันข้าม ประเทศต่างๆ จำเป็นต้องสร้างศักยภาพในการโจมตีให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความเสียหายข้างเคียง อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการโจมตีจึงได้ถูกนำใช้งานอย่างแพร่หลายในกองทัพที่มีประสิทธิภาพสูงและทันสมัย นักการทหารที่มีความเชี่ยวชาญสูงได้คาดการณ์ว่า อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูงจะเป็นองค์ประกอบหลักในการโจมตีต่อไปในอนาคต

การใช้อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูง นับตั้งแต่สงครามอ่าวเปอร์เซีย มีแนวโน้มการใช้งานเป็นเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางด้านล่าง แนวโน้มอย่างอื่นๆก็เช่นเดียวกัน เช่น จำนวนที่เพิ่มขึ้นของอาวุธนำวิถีที่สามารถใช้ในสภาพอากาศที่แปรปรวน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 13% ในสงครามอ่าวเปอร์เซีย เป็น 90% ในอัฟกานิสถานและอิรัก

ตารางที่ 1 อาวุธที่ใช้ในสงครามต่างๆ

สงคราม	อาวุธนำวิถี	อาวุธไม่นำวิถี	รวม	% อาวุธนำวิถี
อ่าวเปอร์เซีย(1991)[1]	20,520	210,435	230,955	8
โคโซโว(1999) [2]	6,728	16,587	23,315	29
อัฟกานิสถาน(2001) [3]	12,001	11,201	23,202	56
อิรัก(2003) [4]	18,365	10,383	28,748	64

[1] Eliot Cohen et al., Gulf War Air Power Survey (GWAPS), Vol V.A Statistical Compendium & Chronology, Part 1, A Statistical Compendium, (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1993), 549.

[2] "Air War Over Serbia (AWOS) Fact Sheet," Headquarters United States Air Forces in Europe (USAFE)/SA, December 7, 1999.

[3] William Arkin, "Weapons Totals From Afghanistan Includes Large Amount of Cannon Fire," Defense Daily, Vol. 213, No. 42, March 2002.

[4] Lt General T. Michael Moseley, Operation Iraqi Freedom – By the Numbers, CENTAF, Assessment & Analysis Division, 30 April 2003, 11.

ความเสียหายข้างเคียง (Collateral Damage)

ความเสียหายข้างเคียง หมายถึง ความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจหรือโดยบังเอิญต่ออาคารสถานที่ อุปกรณ์เครื่องใช้ หรือบุคคล เนื่องมาจากการโจมตีกองกำลังหรืออาคารสถานที่ของฝ่ายศัตรู ความเสียหายนั้นอาจจะเกิดกับฝ่ายพันธมิตร ฝ่ายเป็นกลาง หรือกองกำลังของศัตรู [5] การบาดเจ็บหรือล้มตายของพลเรือน หรือบุคคลที่ไม่ใช่กำลังรบ และความเสียหายข้างเคียงต่อสิ่งปลูกสร้างของพลเรือนเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องเผชิญในระหว่างการโจมตีเป้าหมายทางทหาร ความเสี่ยงจากผลกระทบในความเสียหายในเรื่องดังกล่าว เป็นสิ่งที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติการทางทหารใดๆ และแทบจะเป็นไปไม่ได้ที่จะหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นเลย

ความเสียหายข้างเคียง มักจะเกิดขึ้นถ้าเป้าหมายในการโจมตีตามวัตถุประสงค์ทางการทหาร เช่น อุปกรณ์ทางทหาร หรือกำลังทหาร ตั้งอยู่ในเขตเมือง หมู่บ้านหรือใกล้กับที่ตั้งพลเรือน การโจมตีที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายข้างเคียงไม่ได้ถูกห้ามโดยตรง แต่กฎหมายของความขัดแย้งที่ใช้อาวุธจำกัดการโจมตีที่ขาดการพิจารณา ในข้อ 57 ของสนธิสัญญาเพิ่มเติมฉบับที่ 1 ในปี 1977 ของสนธิสัญญาเจนีวาระบุว่าในความขัดแย้งระหว่างชาติ จะต้องทำการดูแลโดยตลอดเพื่อรักษาชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนพลเรือน นอกจากนั้นภายใต้ข้อ 51 ยังระบุ การทิ้งระเบิดแบบปูพรม เป็นสิ่งต้องห้าม เนื่องจากเป็นการโจมตีซึ่งใช้วิธีการและเครื่องมือที่ทำให้ผลการโจมตีไม่สามารถควบคุมได้ และสุดท้าย ห้ามทำการโจมตีถ้าความเสียหายข้างเคียงที่คาดหมายได้จากการโจมตีใดๆไม่เป็นสัดส่วนต่อ ความได้เปรียบทางการทหารที่คาดหวัง ผู้บัญชาการทางทหารที่ตัดสินใจทำการโจมตี ต้องตระหนักในกฎต่างๆเหล่านี้ และละเว้น ชะลอ หรือวางแผนใหม่ เพื่อให้การโจมตีเป็นไปตามกฎหมายความขัดแย้งที่มีการใช้อาวุธ นอกจากนี้สนธิสัญญาเพิ่มเติมฉบับที่ 2 กำหนดไว้ว่าตราบเท่าที่ไม่ได้มีส่วนในการเป็นศัตรู ประชาชนพลเรือน “จะต้องได้รับประโยชน์ในการปกป้องจากอันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติการทางทหาร ”และ“จะต้องไม่เป็นเป้าหมายของการโจมตี ” และสนธิสัญญาฉบับที่ 2 ยังห้ามการกระทำหรือการคุกคามซึ่งวัตถุประสงค์หลัก คือ “การแผ่ขยายความรุนแรงต่อประชาชนพลเรือน” [6]

ภายใต้กฎหมายสิทธิมนุษยชนระหว่างประเทศและธรรมนูญกรุงโรม การเสียชีวิตของพลเรือนระหว่างความขัดแย้งที่มีการใช้อาวุธไม่ได้รับการพิจารณาว่าเป็น อาชญากรรมสงคราม ประเทศคู่สงครามสามารถโจมตีอย่างมีสัดส่วนต่อเป้าหมายทางทหาร แม้จะรู้ว่าการเสียชีวิตหรือการบาดเจ็บของพลเรือนจะต้องเกิดขึ้น อาชญากรรมสงครามจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการตั้งใจโจมตีที่มุ่งตรงไปยังพลเรือน (หลักการแยกแยะพลรบออกจากพลเรือน) (ข้อ 8(2) (b) (i)) หรือการโจมตีกับเป้าหมายทางทหาร โดยที่มีการรับรู้ว่าความบาดเจ็บของพลเรือนโดยบังเอิญจะมีจำนวนมากอย่างเห็นได้ชัด เปรียบเทียบกับประโยชน์ทางทหารที่คาดการณ์ไว้ (หลักสัดส่วน) (ข้อ 8(2) (b) (iv)) [7]

---

[5] "USAF Intelligence Targeting Guide — AIR FORCE PAMPHLET 14- 210 Intelligence". 1998-02-01. p. 180. Retrieved 2007-10-06.

[6] Horst Fischer, Collateral Damage http://www.crimesofwar.org/ [Accessed: December 16,2011]

[7] Luis Moreno-Ocampo OTP letter to senders re Iraq 9 February 2006. "Allegations concerning War Crimes" Pages 4,5

ที่มา:www.rebellenation.blogspot.com

ที่มา: libertariansocialist.blogspot.com

ที่มา: imranwrites.blogspot.com

ความเสียหายข้างเคียง (Collateral Damage)

ความเสียหายข้างเคียงต่อการบาดเจ็บล้มตายของพลเรือนไม่เป็นที่ยอมรับในสังคมโลก ดังเช่นผลการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งรัฐแมสซาชูเซตส์แสดงว่า ประชาชนสหรัฐอเมริกาไม่ยอมรับต่อการบาดเจ็บจากการรบของกองทัพสหรัฐอเมริกาและพันธมิตร และเพิ่มมากขึ้นในการไม่ยอมรับต่อการบาดเจ็บของศัตรูที่ส่วนใหญ่เป็นประชาชนพลเรือน [8]

คู่กรณีในสงครามหลักที่ผ่านมาเร็วๆนี้ เช่น สงครามอ่าวและสงครามโคโซโว ได้ใช้ความเสียหายข้างเคียงในการพยายามที่จะแสดงให้เห็นว่าการโจมตีนั้นชอบด้วยกฎหมาย การกล่าวอ้างเป็นทั้งไม่มีความเสียหายข้างเคียงเกิดขึ้นและมีความเสียหายเพียงเล็กน้อยหรือเป็นสัดส่วน ความตายของพลเรือนมากมายในอิรักระหว่างสงครามอ่าวเนื่องจากการขาดแคลนกระแสไฟฟ้าในโรงพยาบาล มีผลมาจากการทำลายโรงผลิตกระแสไฟฟ้าเกือบทั้งหมดโดยการโจมตีของพันธมิตร ได้ถูกกล่าวหาว่าเป็นความเสียหายข้างเคียงที่ไม่ได้สัดส่วน ในทางกลับกันพันธมิตรนาโต้ได้รายงานสรุปผลอย่างเป็นทางการว่า การโจมตีเป้าหมายทางทหารในบอสเนียเฮอร์เซโกวินาไม่ได้สังหารพลเรือนในลักษณะไม่เป็นสัดส่วน และดังนั้นความเสียหายข้างเคียงจึงมีสัดส่วนเหมาะสม ด้วยเหตุนี้ นอกเหนือข้อบังคับด้านกฎหมายแล้ว ความเสียหายข้างเคียงมักจะถูกใช้เพื่อที่จะได้รับการสนับสนุนทางการเมืองซึ่งเป็นวิธีพิเศษของสงครามยุคปัจจุบัน หรือเพื่อตอบโต้การกล่าวหาการละเมิดกฎหมายสิทธิมนุษยชน นักสังเกตการณ์ได้เตือนว่า ข้ออ้างใดๆของรัฐบาลและกองทัพในการโจมตีโดยตรงต่อเป้าหมายที่เป็นประชาชนพลเรือน เป็นการละเมิดหลักการแยกแยะพลรบออกจากพลเรือนและไม่อาจกล่าวอ้างว่าเป็นความเสียหายข้างเคียง[9]

มีแนวทางที่เป็นไปได้หลายแนวทางเพื่อขจัดปัญหาความเสียหายข้างเคียงต่อประชาชนพลเรือนและอาคารสถานที่ของพลเรือนที่ไม่ต้องการทำลาย แนวทางแรกได้แก่ กระบวนการในการคัดเลือกเป้าหมายต้องการการดำเนินการด้านการข่าวและการเฝ้าตรวจ และต้องทำการวิเคราะห์ในด้านต่างๆทั้ง การทหาร, การเมือง, มนุษยธรรม, เศรษฐกิจ และความสัมพันธ์อื่นๆ แนวทางที่สอง วิธีการโจมตีเป้าหมายที่เลือก ถ้าเป้าหมายที่เป็นไปตามกฎหมายแวดล้อมด้วยสิ่งปลูกสร้างของพลเรือน จะต้องคัดเลือกอาวุธที่เหมาะสมในการโจมตี เพื่อที่ทำให้ผลของการโจมตีทำให้เป้าหมายถูกทำลายหรือทำให้หมดความสำคัญ โดยที่ไม่มีความเสี่ยงต่อประชาชนพลเรือนหรืออาคารสถานที่ โดยทั่วไปแล้ว อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูงจะถูกนำมาใช้ในภารกิจนี้ [10]

---

[8] LTC Dipl. Eng. Ivo Pikner “Precision Guided Weapons And Side-Effect Risk”p.129

[9] Horst Fischer

[10] Ivo Pikner, p.130

อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูง เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับสงครามยุคใหม่ เนื่องจากประสิทธิภาพและการลดการขยายผลทางการเมืองระหว่างประเทศซึ่งมีสาเหตุจากความบาดเจ็บล้มตายของประชาชน จึงมีความต้องการใช้งานเพิ่มขึ้น การพัฒนาอาวุธนำวิถีแม่นยำสูงซึ่งยิงเข้าเป้าหมายในทุกครั้งไม่มีที่สิ้นสุด อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ที่แท้จริงไม่ได้เพื่อทำให้แน่ใจ 100% ในความแม่นยำ แต่เพื่อให้แน่ใจว่าเป้าหมายจะถูกทำลายหรือเสียหาย, เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้อาวุธ และลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บล้มตายของประชาชน แม้ว่าราคาของอาวุธนำวิถีแม่นยำสูงจะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาวุธไม่นำวิถี แต่ประเทศต่างๆทั่วโลกก็มีการลงทุนในด้านนี้อย่างมาก รวมทั้งมีความต้องการในการจัดหาสำหรับกองทัพต่างๆ อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูงไม่สามารถทดแทนอาวุธทั้งหมด แต่การเลือกใช้อาวุธนำวิถีจะมีความต้องการเพิ่มขึ้นในอนาคต

เทคโนโลยีการนำวิถี

ความแม่นยำของอาวุธยุคใหม่ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการนำวิถีหลายๆแบบ ระบบนำวิถีของอาวุธ จะทำหน้าที่ตรวจจับและติดตามเป้าหมายที่กำหนด แปลค่าข้อมูลการบินของอาวุธ เทียบเคียงกับข้อมูลเป้าหมาย แล้วกำหนดเส้นทางการบินที่ต้องการ รวมทั้งทำการสั่งการที่จำเป็นให้กับระบบควบคุมการบินของอาวุธ เพื่อให้อาวุธนำวิถีบินเข้าหาเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ เทคโนโลยีการนำวิถีที่นำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย แบ่งเป็นระบบต่างๆได้ดังนี้

ระบบนำวิถีแบบควบคุมสั่งการ (Command Systems) เป็นระบบตรวจจับและนำวิถีเข้าหาเป้าหมายโดยการควบคุมสั่งการจากฐานยิง เช่น ระบบนำวิถีแบบ Radio Command, Wire Command, Laser Beam Riding

ระบบนำวิถีแบบ Homing เป็นระบบที่ติดตั้งชุดนำวิถีอยู่ภายในตัวอาวุธ แบ่งเป็น

ระบบนำวิถีเชิงรุก (Active Homing Systems) เป็นระบบที่ใช้สัญญาณที่ติดตั้งกับอาวุธ เช่น สัญญาณเรดาร์ ส่งสัญญาณออกเพื่อค้นหา ตรวจจับ และติดตามเป้าหมาย ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณที่ถูกต้องให้อาวุธวิ่งเข้าหาเป้าหมาย

ระบบนำวิถีแบบกึ่งรุก (Semi Active Homing System) เป็นระบบที่เข้าหาเป้าหมายโดยใช้สัญญาณสะท้อนจากเป้าหมายที่สร้างโดยระบบอื่น เช่น Semi-Active LASER (SAL)

ระบบนำวิถีเชิงรับ (Passive Homing Systems) เป็นระบบที่ใช้สัญญาณที่สร้างขึ้นจากเป้าหมายเอง ในการวิ่งเข้าหาเป้าหมาย เช่น การตรวจจับสัญญาณเสียงของตอร์ปิโด, การตรวจจับความร้อนจากเป้าหมาย (รังสีอินฟราเรด) ของอาวุธนำวิถีอากาศสู่อากาศ และการตรวจจับสัญญาณเรดาร์ของอาวุธนำวิถีต่อต้านเรดาร์

ระบบนำวิถีในอาวุธสมัยใหม่หลายแบบ ใช้ระบบนำวิถีมากกว่า 2 แบบ เพื่อเสริมการทำงานกัน โดยแบ่งใช้การนำวิถีในแต่ละช่วงการบิน เช่น การนำวิถีในช่วงกลาง (Mid-Course Phase) ใช้การนำวิถีด้วย INS/GPS ในขณะที่การนำวิถีในช่วงปลาย (Terminal Phase) ใช้การนำวีถีแบบ EO/IR หรือ Active Radar เทคโนโลยีการนำวิถีที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นบางระบบที่นิยมใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีการนำวิถีด้วยภาพ (Imaging Guidance Technology)

อุปกรณ์ตรวจจับเป้าหมายด้วยภาพจำนวนมาก กำลังพัฒนาขึ้นเพื่อให้บรรลุความท้าทายในการกำหนดและโจมตีเป้าหมายเคลื่อนที่ เทคโนโลยีเหล่านี้ได้แก่ การนำวิถีแบบ Electro-Optical ;EO [ย่านอินฟราเรด (Infrared: IR), แสง (Visual Light) และอัลตราไวโอเลต(Ultraviolet)], Radio Frequency (RF), Synthetic Aperture Radar(SAR), Active Millimeter Wave (MMW), Radar Laser Radar (LADAR) และระบบตรวจจับหลายย่านความถี่ (Multi-Spectrum Seeker) ระบบการนำวิถีด้วยภาพ แต่ละระบบมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันไป เช่น ระบบ IR จะให้ภาพความละเอียดสูงแต่จะถูกจำกัดในสภาพอากาศที่แปรปรวน ระบบ RF มีขีดความสามารถในทุกกาลอากาศ แต่ความคมชัดจะน้อย ระบบ Active MMW จะให้ภาพความคมชัดสูงแต่สัญญาณจะเบาบางมากในขณะมีความชื้นสูง ระบบ Passive ไม่ต้องการค้นหาและแพร่กระจายสัญญาณ แต่สมรรถนะจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเป้าหมายเป็นสำคัญ ในขณะที่เทคโนโลยี Multi-Spectrum Seeker ซึ่งมีระบบตรวจจับหลายแบบทำให้มีประสิทธิภาพกับเป้าหมาย , พื้นหลัง และสภาพอากาศในหลายรูปแบบ แต่จะมีขนาดใหญ่และราคาสูง[11]

การนำวิถีแบบ Electro-Optical (EO) ด้วยกล้อง TV และ IIR

ระบบนำวิถีแบบ EO ด้วย TV และ IIR มีหลักการทำงานที่คล้ายกัน เป็นการใช้อุปกรณ์สร้างภาพเป้าหมาย และนำวิถีเข้าหาเป้าหมายนั้น เป็นระบบ Passive จึงไม่มีปัญหาในเรื่องการก่อกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบ TV ใช้กล้องตรวจจับภาพที่มองเห็นด้วยสายตา ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี Charge-coupled device (CCD) มาใช้งานอย่างแพร่หลาย ระบบนี้จะมีขีดจำกัดเมื่อสภาพอากาศไม่ดี เช่น มีเมฆหมอก ฝน หรือหิมะ ในขณะที่ทัศนวิสัยต่ำและเวลากลางคืน และเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในมุมต่ำ

สำหรับระบบ IIR จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ Focal Plane Array (FPA) ในการกวาดบริเวณเป้าหมาย เพื่อตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่แพร่ออกจากเป้าหมายและสร้างเป็นภาพ ปัจจุบันระบบ IIR จะทำงานในย่าน 3-5 ไมครอน และ 8-12 ไมครอน ระบบนี้มีข้อดีในการใช้งานทั้งกลางวันและกลางคืน แต่มีขีดจำกัดเมื่อเมฆหรือหมอกหนา และเมื่อความชื้นสูงสำหรับย่าน Far IR

การตรวจจับด้วยวิธีการสร้างภาพทำให้อาวุธนำวิถีทำงานอย่างอัตโนมัติ สามารถยิงแล้วหลบหนีได้ในทันที (Fire and Forget) การนำวิถีแบบนี้ทำให้เกิดขีดความสามารถในการประเมินผลความเสียหายในพื้นที่สนามรบ ซึ่งไม่สามารถทำได้โดยอาวุธนำวิถีด้วยระบบ GPS, SAL และ Radar ยิ่งไปกว่านั้นอุปกรณ์ตรวจจับแบบ EO ยังสามารถทำหน้าที่ซึ่งจำเป็นสำหรับสงครามสมัยใหม่ เช่น การพิสูจน์ทราบเป้าหมายที่ถูกต้องในแบบอัตโนมัติหรือจากบุคคล การครอบครองเป้าหมายเคลื่อนที่ หรือการเลือกจุดเล็งเป้าหมายเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติด้วยอาวุธโดยใช้ระบบการครอบครองหรือจำเป้าหมาย(ATA/ATR) และขีดความสามารถในการใช้บุคคลร่วมปฏิบัติการ (Man in the Loop) ในการเลือกเป้าหมายหลังจากยิง (Lock-On After Launch)

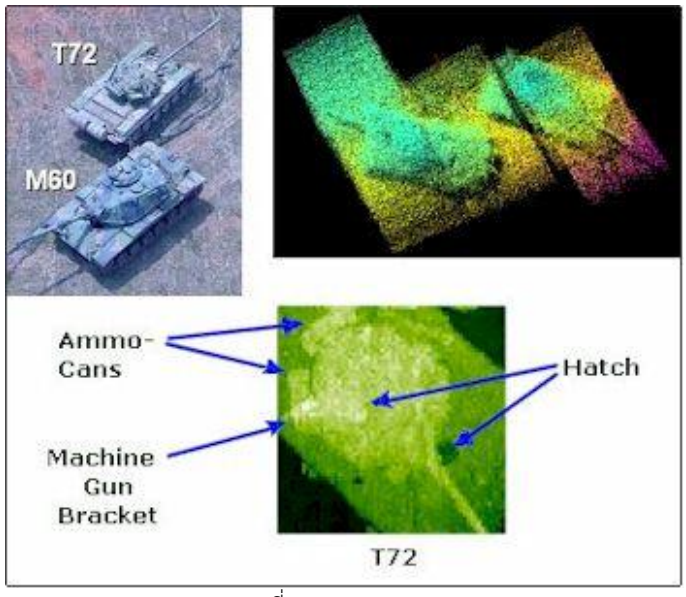
[11] KEITH J. KOSAN, Major, United States Air Force Precision Engagement against Mobile Targets Is Man In or Out?, Air University Press, November 2001, p.37

การนำวิถีแบบ Millimeter Wave (MMW)

เทคโนโลยีการนำวิถีแบบ MMW แก้ไขขีดจำกัดบางประการของ Passive IR ย่านความถี่ของ MMW อยู่ระหว่าง 30 ถึง 300 GHz ทำให้สามารถทะลุทะลวงผ่านสภาพอากาศหลายแบบ ทำให้มีขีดความสามารถในการทะลุผ่านย่านความชื้น แม้ว่าระบบนำวิถี MMW อาจจะอ่อนไหวต่อการเบาบางของสัญญาณอย่างมากในขณะฝนตกหนัก แต่ก็ยังได้รับการพิจารณาว่าเป็นขีดความสามารถในทุกกาลอากาศ ระบบ MMW ส่วนใหญ่จะเป็นระบบเชิงรุกซึ่งส่วนนำวิถีจะส่งออกสัญญาณและวัดสัญญาณสะท้อนกลับจากวัตถุในบริเวณเป้าหมายด้วยการผสมคลื่นที่เหมาะสม สัญญาณสะท้อนจากเป้าหมายที่กวาดในแต่ละครั้งในสภาพแวดล้อมเป้าหมายได้รับการประมวลผลเพื่อที่จะสามารถวัดระยะเป้าหมาย ข้อมูลระยะใช้สำหรับสร้างภาพเป้าหมายความคมชัด 1 เมตร ที่กำลังกวาดเป้าด้วยส่วนค้นหาเป้าหมาย อุปสรรคต่างๆของระบบนำวิถี Active MMW รวมถึงขีดความสามารถทางภาพที่ลดลงในสภาพแวดล้อมเป้าหมายที่มีสัญญาณรบกวนจากพื้นหลัง (Ground Clutter) ซึ่งสร้างระดับสัญญาณรบกวนสูงทำให้ความเข้มของภาพและความคมชัดลดลง นอกจากนี้ Active MMW ยังอ่อนไหวต่อการต่อต้านทางอิเล็กทรอนิกส์ [12]

การนำวิถีแบบ Laser Radar (LADAR หรือ LIDAR)

เลเซอร์เรดาร์มีลักษณะคล้ายกับเรดาร์ MMW แต่ใช้ลำแสงเลเซอร์ในการกวาดและประมวลผลสัญญาณสะท้อนกลับจากเป้าหมาย เพื่อนำมาสร้างเป็นภาพเสมือนของพื้นที่เป้าหมาย ชุดประมวลผลจะมองหารูปแบบที่คุ้นเคยในจอภาพและเปรียบเทียบกับแฟ้มข้อมูลเป้าหมาย 3 มิติที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำของอาวุธ เนื่องจากขีดความสามารถในการกวาดพื้นที่กว้างด้วยความแม่นยำสูง และความสามารถในการสร้างภาพพื้นที่เฝ้าตรวจอย่างละเอียด LADAR จึงมักจะนำมาใช้กับระบบบินวนเหนือเป้าหมาย ซึ่งสามารถมองเป้าหมายได้ในมุมที่ต่างๆ พิสูจน์ทราบเป้าหมาย และเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดในการโจมตี



LADAR (ที่มา: www.arete.com)

[12] KEITH J. KOSAN,p.38

LADAR สามารถตรวจจับและพิสูจน์ทราบวัตถุที่มีลักษณะเฉพาะด้วยความละเอียดสูง ให้ความคมชัดได้ถึง 15 เซนติเมตร ที่ระยะ 1,000 เมตร ระบบครอบครองเป้าหมายอัตโนมัติ (ATA) จะประมวลผลภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะพิสูจน์ทราบและครอบครองเป้าหมายตามภาพ 3 มิติ ที่บรรจุภายในอาวุธไว้ก่อนปฏิบัติภารกิจ ถ้าเป้าหมายปรากฏในพื้นที่ อาวุธจะถูกสั่งให้บินวนเหนือเป้าหมายเพื่อที่จะรับข้อมูลเพิ่มเติม จากนั้นภาพ 3 มิติของเป้าหมายจะค่อยๆถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะยืนยันหรือปฏิเสธเป้าหมาย เมื่อเป้าหมายได้รับการยืนยันและกำหนดทำการโจมตี อาวุธจะสั่งตัวเองให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่จะทำให้เกิดผลในการโจมตีสูงสุด[13]

ความสามารถในการสร้างภาพเป้าหมายของ LADAR ไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล, เวลา หรือสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับอุณหภูมิอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ความชื้นสูงมากอาจทำให้ความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกและสะท้อนกลับเบาบางจนถึงระดับที่ไม่สามารถแยกเป้าหมายจากภาพได้ LADAR แสดงให้เห็นขีดความสามารถในการพิสูจน์ทราบเป้าหมายเคลื่อนที่ จนได้รับการกล่าวขานว่าเป็นเทคโนโลยีนำวิถีในการพิสูจน์ทราบเป้าหมายและแม่นยำที่อาจจะดีที่สุด[14]

การนำวิถีด้วยระบบ INS/GPS

ระบบนำวิถีด้วย Inertial Navigation System (INS)/Global Positioning Satellite (GPS) เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนอาวุธที่สามารถใช้งานในขณะที่มีควัน หมอก ฝุ่น หรือเมฆ ปกคลุมเป้าหมาย โครงการพัฒนาอาวุธความแม่นยำสูงสำหรับสภาพอากาศแปรปรวนจึงเริ่มต้นขึ้น ระบบ INS/GPS ประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS และอุปกรณ์วัดค่าการเคลื่อนที่ด้วยแรงเฉื่อยที่มีความเร็วสูง ทำหน้าที่หาค่าตำแหน่งและท่าทางการบินเพื่อที่จะคำนวณตำแหน่งของอาวุธ และปรับเปลี่ยนเส้นทางการบินให้เข้าหาเป้าหมายด้วยความแม่นยำภายหลังจากที่ปล่อยจากตำแหน่งที่ทราบพิกัดแน่นอน ในเบื้องต้นระบบนี้ไม่ค่อยแม่นยำและต้องการอุปกรณ์ภายนอกในการปรับให้อาวุธ แม่นยำขึ้น สำหรับระบบที่ทันสมัยใช้ Solid State Ring gyros ซึ่งมีความแม่นยำไม่กี่เมตรในระยะยิงมากกว่า 10,000 กิโลเมตร

ระบบนี้เหมาะสมกับเป้าหมายอยู่กับที่ ซึ่งตำแหน่งของเป้าหมายได้รับการคาดหมายว่าจะอยู่กับที่ในช่วงเวลาตั้งแต่การวางแผนจนถึงการโจมตีเป้าหมาย ในอาวุธที่ไม่ใช้แรงขับเคลื่อนและราคาต่ำ ระบบนำวิถีจะบังคับให้การตกอย่างอิสระของอาวุธ ตกลงสู่เป้าหมายที่ได้เลือกไว้ก่อนหน้าอย่างแม่นยำ

ระบบนำวิถีด้วย INS/GPS ไม่ได้ออกแบบมาสำหรับเป้าหมายเคลื่อนที่ แต่เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับเป้าหมายระบุพิกัดเนื่องจากไม่มีผลกระทบจากสภาพอากาศ การพรางเป้าหมาย หรือการลวงเป้าหมาย ระบบอาวุธที่ทันสมัยจะปลอดจากการก่อกวนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยการใช้ระบบ GPS ที่มีอุปกรณ์ต่อต้านการก่อกวน ระบบนี้ยังนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอาวุธนำวิถีและจรวดร่อนในการนำวิถีช่วงกลาง ทำให้อาวุธสามารถบินไปยังเป้าหมายในระยะไกลและปรับเปลี่ยนเป็นการนำวิถีแบบอื่น เช่น Radar, SAL, IIR ในช่วงท้าย โดยทั่วไปแล้ว GPS มีความแม่นยำประมาณ 1-10 เมตร แต่สามารถทำให้มีความแม่นยำสูงกว่าโดยการใช้งานรวมกับระบบนำวิถีอื่นๆ เช่น GPS และ SAL หรือ GPS และ IIR

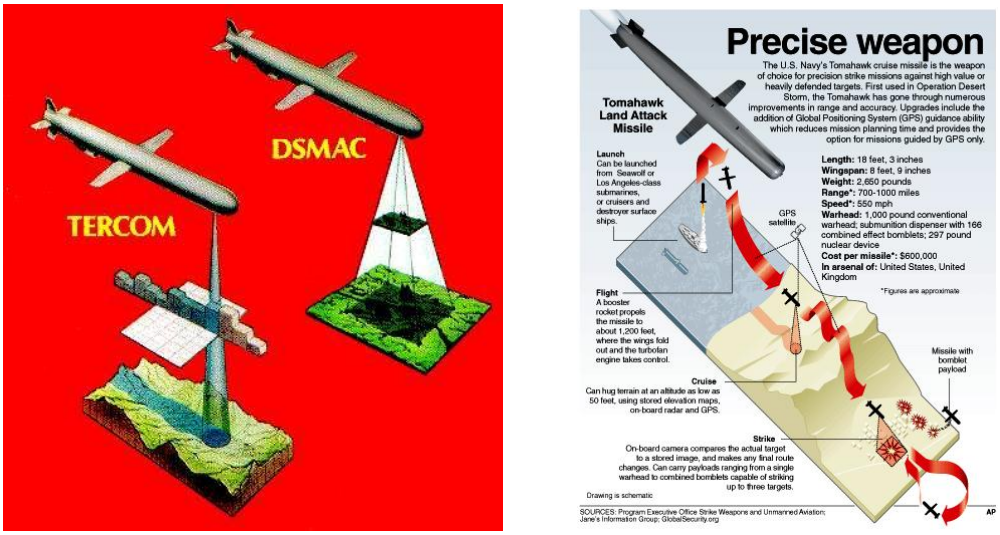
---

[13] Defence Update International Online Magazine, Laser radar (LADAR) Guidance System, http://defense-update.com/products/l/ladar.htm[Accessed: December 16,2011]

[14] KEITH J. KOSAN,p.39

ระบบนำวิถีแบบ TERrain COntour Matching (TERCOM)

ระบบ TERCOM เป็นระบบนำร่องหลักของจรวดร่อน ระบบนี้ใช้แผนที่ความสูงต่ำของเส้นทางการบินจากจุดปล่อยไปยังเป้าหมายที่บันทึกไว้ เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้รับจากเรดาร์วัดความสูงที่ติ ดตั้งกับอาวุธ ระบบ TERCOM ที่ทันสมัยมากกว่า สามารถให้อาวุธบินในเส้นทางที่ซับซ้อนบนแผนที่สามมิติแทนที่จะบินตรงไปยังเป้าหมาย การทำงานร่วมกับระบบ GPS และ Digital Scene-Matching Area Correlator (DSMAC) ซึ่งใช้กล้องเพื่อถ่ายภาพพื้นดิน แปลงเป็นระบบดิจิตอล และเปรียบเทียบกับภาพที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ของอาวุธ เพื่อที่จะนำอาวุธไปยังเป้าหมาย ทำให้อาวุธมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

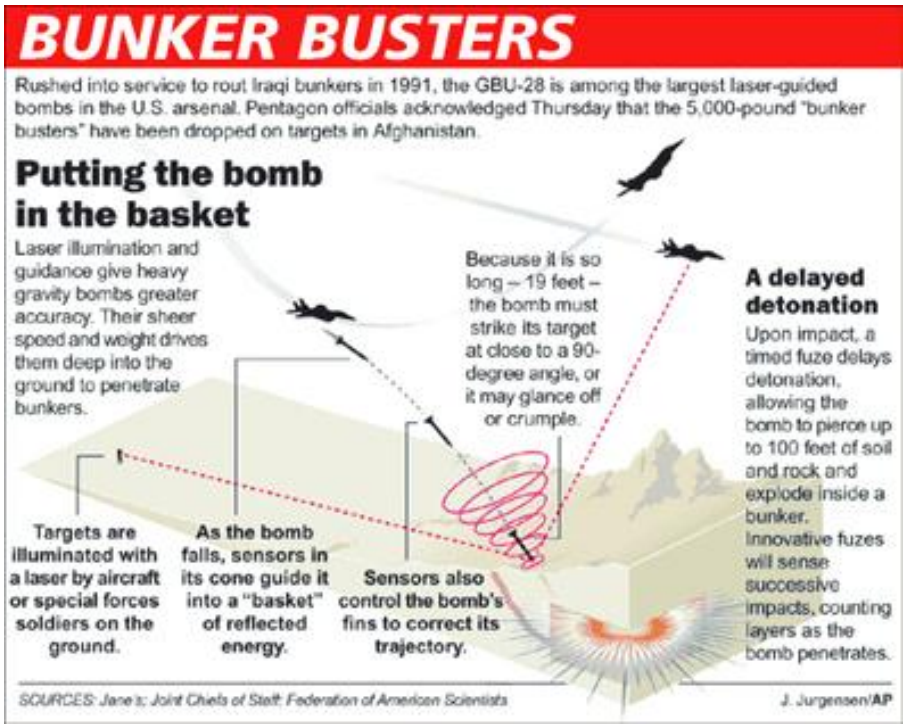


Tomahawk Missile Guidance System

การนำวิถีแบบกึ่งรุกด้วยแสงเลเซอร์ (Semi-Active Laser - SAL)

การนำวิถีแบบ SAL เริ่มนำมาใช้งานตั้งแต่สงครามเวียดนาม การนำวิถีแบบนี้เป็นการผสมผสานความแม่นยำสูงของอาวุธเข้ากับขีดความสามารถของบุคคลที่ร่วมปฏิบัติการ (Man-in-the-Loop) ระบบตรวจจับแบบ SAL จะตรวจจับแสงเลเซอร์ที่ผ่านการเข้ารหัสและสะท้อนจากเป้าหมาย ซึ่งสร้างขึ้นโดยอุปกรณ์ชี้เป้า ที่ส่องไปยังเป้าหมาย แสงเลเซอร์จะบอกตำแหน่งพิกัดเป้าหมายให้กับผู้โจมตีทางอากาศหรืออาวุธนำวิถี ด้วยความเร็วของแสง อาวุธนำวิถีด้วยแสงเลเซอร์สามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพในเขตเมือง อย่างไรก็ตามแนวเล็ง (Line-Of-Sight) ระหว่างเป้าหมาย อุปกรณ์ชี้เป้า และอาวุธต้องไม่เปลี่ยนแปลง ระบบชี้เป้าจากภาคพื้นและอากาศยานไร้นักบิน สามารถสนับสนุนการชี้เป้าได้เป็นอย่างดี ระบบชี้เป้าภาคพื้นใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพกับเป้าหมายในแนวดิ่งเช่น กำแพง ประตู หรือหน้าต่างของอาคาร ในขณะที่การชี้เป้าจากอากาศยานไร้นักบิน หรืออากาศยาน สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กับเป้าหมายที่ปรากฏชัดต่อสายตา เป้าหมายเคลื่อนที่หรือกองกำลังภาคพื้นซึ่งซ่อนตัวหลังสิ่งป้องกัน

การใช้งานระบบ SAL จะไม่เกิดขีดจำกัด ถ้าปฏิบัติการในทัศนวิสัยที่ดีทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการตรวจจับเป้าหมายสำหรับการสนับสนุนทางอากาศอย่างใกล้ชิด ปัจจุบันอาวุธนำวิถีด้วยแสงเลเซอร์ที่ทันสมัยได้รวมขีดความสามารถของ Laser และ GPS เข้าด้วยกันทำให้มีขีดความสามารถในการโจมตีทุกกาลอากาศอย่างแม่นยำ



SAL Guidance System

ปัจจัยสำคัญที่จะลดความเสียหายข้างเคียงต่อเป้าหมายทั้งบุคคลและสถานที่ที่ไม่ใช่เป้าหมายทางการทหาร คือ การพิจารณาใช้อาวุธนำวิถีความแม่นยำสูงโจมตีต่อเป้าหมาย อาวุธดังกล่าวอาจมีการนำวิถีทั้งตลอดเส้นทางการบิน หรือเฉพาะในช่วงสุดท้าย อาวุธดังกล่าวสามารถใช้ยิงได้จากบนบก ทะเล และอากาศ นำวิถีด้วยระบบทั้งภายในและภายนอกไปยังเป้าหมาย และทำลายเป้าหมายอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

เทคโนโลยีการนำวิถีแต่ละแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน การเลือกรูปแบบการนำวิถีของอาวุธแต่ละแบบ จึงต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่จะนำอาวุธนำวิถีนั้นไปใช้งานเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น กองทัพจำเป็นต้องใช้งานอาวุธนำวิถีและควรจะมีระบบนำวิถี(โดยเฉพาะในส่วนของการนำวิถีช่วงปลาย)ที่แตกต่างกันหลายแบบ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนใช้งานให้เหมาะสมกับภารกิจทางยุทธการ ปัญหาสำคัญของอาวุธนำวิถีสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาคือ ใช้งบประมาณในการจัดหาค่อนข้างสูง อาวุธนำวิถีมีอายุการใช้งานค่อนข้างจำกัด และไม่อาจจัดหาได้ตรงตามความต้องการที่แท้จริง เนื่องจากประเทศผู้เป็นเจ้าของเทคโนโลยี อาจมีการควบคุมการเผยแพร่เทคโนโลยี หรือจำกัดการใช้งาน การพัฒนาให้สามารถผลิตอาวุธนำวิถีขึ้นใช้เองภายในประเทศจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและท้าทายสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา ถึงแม้ว่าอาจต้องทุ่มเททรัพยากรด้านต่างๆ เป็นจำนวนมากทั้งบุคลากร , เวลา และงบประมาณ แต่ก็จะเป็นสิ่งคุ้มค่าในการลงทุนในระยะยาว เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเอง เป็นการเสริมสร้างศักยภาพในการป้องกันประเทศ รวมทั้งอาจจะนำรายได้เข้าสู่ประเทศ ถ้าสามารถพัฒนาจนสามารถส่งออกไปขายยังประเทศต่างๆ ได้

****