

เทคโนโลยีวิทยุกระจายเสียงระบบ DAB+

๑. บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

เทคโนโลยี DAB มีต้นกำเนิดมาจากการเริ่มโครงการ Eureka Project 147 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี ออกอากาศวิทยุกระจายเสียงที่สามารถส่งได้ทั้งเสียงและข้อมูลในคราวเดียวกันเพื่อทดแทนเทคโนโลยีในระบบแอนะล็อกเดิม (วิทยุระบบ AM และ FM) การรับสัญญาณทำได้ทั้งในรูปแบบอยู่กับที่ (fixed), แบบพกพา (portable) และแบบเคลื่อนที่ (mobile) เทคโนโลยี DAB ซึ่งแต่เดิมใช้มาตรฐาน ISO/IEC 11172-3 และ ISO/IEC 13818-3 (เรียกโดยรวมว่า MPEG Audio Layer II) ในการบีบอัดสัญญาณเสียงและข้อมูลต้นทางซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการประมวลผลสัญญาณเพื่อส่งออกอากาศได้รับการพัฒนาปรับปรุงรูปแบบการบีบอัดสัญญาณเสียงใหม่โดยเปลี่ยนไปใช้มาตรฐาน MPEG-4 HE AAC v2 เกิดเป็น DAB+ ซึ่งถือเป็นการพัฒนาต่อยอดมาจากเทคโนโลยี DAB เดิม DAB+ จะมีจุดเด่นที่เหนือกว่า DAB อย่างชัดเจนในเรื่องประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณที่ดีขึ้น กล่าวคือ ใน ๑ ช่องความถี่ (๑ MUX) สามารถรองรับการส่งผ่านบริการต่างๆ (Service) ได้มากขึ้นกว่าเดิม (สูงสุดประมาณ ๓ เท่าเมื่อเทียบกับ DAB) นอกเหนือไปจากข้อดีด้านอื่นๆ เช่น ความทนทานต่อสัญญาณรบกวนที่ดีขึ้น, ค่า zapping delay ที่ต่ำของเครื่องรับ

คุณสมบัติเด่น ของ DAB+ เปรียบเทียบกับเทคโนโลยีวิทยุกระจายเสียงระบบแอนะล็อก แบ่งออกได้เป็น ๓ ประเด็นใหญ่ คือ เรื่องคุณภาพของเสียงที่ดีขึ้นกว่าเดิม การสนับสนุนการให้บริการข้อมูล (Data Service) นอกเหนือไปจากบริการเสียง เช่น บริการ EPG (Electronic Program Guide), บริการข้อมูลการจราจร และการเดินทาง (Traffic and Travel Information Service ; TTI) และคุณลักษณะใหม่ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการรับฟังรายการ เช่น บริการ service following ซึ่งทำให้ผู้ฟังรายการหนึ่งๆ อยู่บนยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่ยังสามารถรับฟังรายการนั้นไปได้ตลอดเส้นทางโดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนความถี่ของเครื่องรับ

หลักการทำงานในภาคส่งสัญญาณของ DAB+ จะประกอบด้วย ๖ ขั้นตอนไล่เรียงกันไปตามลำดับ คือ การบีบอัดสัญญาณต้นทางในแต่ละสาย (เสียง, ข้อมูล) ด้วยมาตรฐาน MPEG-4 HE AAC v2 , การทำ Conditional Access (CA) (option) ต่อจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการเข้ารหัสเพื่อสร้างความแข็งแกร่งและทนทานต่อสิ่งรบกวนให้กับสัญญาณก่อนส่งออกอากาศเรียกว่าการทำ Channel Encoding ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนที่ ๔ คือ Multiplex ข้อมูลในแต่ละสายรวมกันออกมาเป็นสตรีม (stream) เดียว สตรีมที่ผ่านการ multiplex แล้วจะถูกป้อนเข้าสู่ภาคของการสร้างสัญญาณ COFDM ในขั้นตอนที่ ๕ เพื่อส่งผ่านผลลัพธ์ที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ การยกระดับแถบคลื่นความถี่ (spectrum) ของสัญญาณ COFDM ดังกล่าวให้เข้าไปอยู่ในย่านความถี่วิทยุ (RF) ที่เหมาะสมพร้อมขยายกำลังสัญญาณให้แรงขึ้นพร้อมส่งออกอากาศ อนึ่ง การทำงานของภาครับจะเป็นในลักษณะย้อนทางกลับกับการทำงานของภาคส่งที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ขั้นตอนการทำ Channel Encoding ของภาคส่งในระบบ DAB+ ประกอบด้วย ๓ ขั้นตอนย่อยหนึ่งในขั้นตอนดังกล่าวคือการทำ Convolutional Encoding ซึ่งมีหลักการกล่าวโดยสรุปคือการเพิ่มชุดข้อมูลพิเศษเข้ามาอีก ๑ ชุดส่งไปพร้อมกับบริการเสียงและข้อมูล ชุดข้อมูลพิเศษดังกล่าวจะถูกใช้โดยเครื่องรับในการตรวจสอบและแก้ไขความผิดเพี้ยนไปจากข้อมูลต้นฉบับของบริการเสียงและข้อมูลที่ได้รับ ปริมาณของชุดข้อมูลพิเศษดังกล่าวถูกกำหนดในรูปสัดส่วนเทียบกับปริมาณข้อมูลทั้งหมดที่ส่งออกไป (ชุดข้อมูลพิเศษ + บริการเสียง

และข้อมูล) ยังมีสัดส่วนมากเท่าไรความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นแต่ก็จะลดเนื้อที่ว่างของระบบในการส่งผ่านบริการไปยังปลายทางทำให้มีจำนวนบริการที่สามารถส่งไปยังปลายทางได้ในคราวหนึ่งๆ ลดลงหรือมีคุณภาพด้อยลง ทั้งนี้ DAB+ ถูกออกแบบให้สนับสนุนระดับความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวได้หลายระดับเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมของการออกอากาศที่พิจารณา

DAB+ ถูกออกแบบให้ทำงานได้ทั้งในย่านความถี่ VHF (Band I-III) , UHF (Band IV-V) และ L-Band (๑,๔๕๒ - ๑,๔๙๒ MHz) โดยใช้ความกว้างแถบคลื่นความถี่ของสัญญาณ (Bandwidth) เท่ากับ ๑.๕๓๖ MHz (ยังไม่นับรวม guard band ทั้ง ๒ ฝั่งของช่องสัญญาณ) การออกอากาศสามารถทำได้ทั้งในรูปแบบโครงข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network ; SFN) และโครงข่ายหลายความถี่ (Multi Frequency Network ; MFN) ขณะที่เมื่อพิจารณาถึงเส้นทางการส่งออกอากาศพบว่าสามารถเลือกออกอากาศได้ทั้งในเส้นทางภาคพื้นดิน (Terrestrial) หรือผ่านทางสายเคเบิล การรับสัญญาณ DAB+ สามารถทำได้ทั้งในสถานะ fixed, portable หรือ mobile อย่างไรก็ตาม ความถี่ออกอากาศ รูปแบบโครงข่าย และลักษณะเส้นทางการส่งออกอากาศที่เหมาะสมขึ้นกับ Transmission Mode (TM) ที่เลือกใช้ โดย DAB+ ถูกออกแบบมาให้รองรับ TM ได้ทั้งสิ้น ๔ ประเภท (TM I – TM IV)¹ กล่าวคือ

- Transmission Mode I (TM I) : เหมาะสำหรับการส่งภาคพื้นดินในย่านความถี่ VHF โดยรองรับการสร้างโครงข่ายในลักษณะ SFN ได้
- Transmission Mode II (TM II) : เหมาะกับการส่งภาคพื้นดินในย่านความถี่ L-Band โดยสามารถทำเป็นโครงข่าย SFN ขนาดเล็ก/กลาง ได้
- Transmission Mode III (TM III) : เหมาะสมกับกรณีการส่งในรูปแบบผ่านดาวเทียมบนย่าน L-Band นอกจากนี้ยังเป็น TM ที่เหมาะสมในกรณีการส่งผ่านทางสายเคเบิลเนื่องจากรองรับช่วงความถี่ใช้งานที่กว้างกว่า TM I , II และ IV
- Transmission Mode IV (TM IV) : เหมาะกับการส่งภาคพื้นดินบนย่านความถี่ L-Band ในเขตพื้นที่เมือง (urban) ที่ผลกระทบจาก multipath effect จะมีมากกว่าในพื้นที่ชนบททั่วไป โดยรองรับการทำให้เป็นโครงข่าย SFN ได้

เมื่อพิจารณาถึงความจุของสัญญาณ DAB+ ที่ออกอากาศในรูปของ payload พบว่ากรณีใช้ EEP แบบ 3-A ระบบจะให้ค่าความจุในส่วน payload เท่ากับ ๑,๑๕๒ kbps ซึ่งจะถูกนำมาแบ่งและจัดสรรให้กับบริการต่างๆ ที่จะนำส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับปลายทาง

ในตลาดของเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงระบบ DAB+ ได้มีการผลิตเครื่องรับเพื่อจำหน่ายรองรับทั้งในรูปแบบอยู่กับที่ (fixed), แบบพกพา (portable/handheld) และแบบเคลื่อนที่ (Mobile) แต่ละแบบ/รุ่นจะมีคุณสมบัติในรายละเอียดทางเทคนิคที่แตกต่างกันไป เช่น บางรุ่นเป็นเครื่องรับในระบบ FM analog และ DAB+ ในเครื่องเดียวกัน บางรุ่นเป็นเครื่องรับในลักษณะ quad-band คือ ใน ๑ เครื่องสามารถรับได้ทั้ง FM analog , DAB+ บนย่าน VHF Band III, DAB+ บน L-Band รวมถึงวิทยุระบบ AM analog ด้วย เป็นต้น นอกจากนี้รูปแบบดังกล่าวแล้ว ตลาดยังมีการผลิตเครื่องรับในรูปแบบของ audio adapter สำหรับใช้งานคู่กับเครื่องรับวิทยุติด

¹ อย่างไรก็ตาม ตามเอกสาร ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01) ได้มีการปรับปรุงเนื้อหาโดยตัด TM II – TM IV ทิ้งไป คงเหลือเพียง TM I

รถยนต์ที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคสามารถรับบริการในระบบ DAB+ ได้โดยไม่ต้องจัดหาเครื่องรับใหม่
ในระบบดิจิทัล รวมถึงบริการ upgrade ระบบเครื่องรับวิทยุติดรถยนต์ให้สามารถใช้บริการ DAB+ ได้โดย
บริษัทผู้ผลิตรถยนต์

๒. เทคโนโลยีวิทยุกระจายเสียงระบบดิจิทัล DAB+

๒.๑ ความเป็นมาของเทคโนโลยี DAB+

ที่มาจากโครงการจัดตั้ง Eureka Project 147 ขึ้นในปี ค.ศ. ๑๙๘๗ โดยได้รับเงินสนับสนุนการดำเนินงานจาก European Commission จุดประสงค์โครงการเพื่อพัฒนาระบบออกอากาศที่ส่งได้ทั้งเสียงและข้อมูลโดยรองรับเครื่องรับทั้งแบบอยู่กับที่ (fixed), แบบพกพา (portable) และแบบเคลื่อนที่ (mobile) เกิดเป็นเทคโนโลยี DAB (Digital Audio Broadcasting) เพื่อทดแทนวิทยุกระจายเสียงระบบ AM, FM ที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานกับคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เหนือกว่าระบบแอนะล็อกเดิม เช่น ประสิทธิภาพการใช้งานความถี่, คุณภาพของเสียง, บริการเสริมต่างๆ ที่ระบบเดิมไม่มี (เช่น บริการข้อมูล – data service)

ผลลัพธ์ของการพัฒนาเกิดเป็นเทคโนโลยี “DAB” ที่ได้รับการแนะนำโดย ITU ให้เป็นเทคโนโลยีวิทยุกระจายเสียงสำหรับการส่งภาคพื้นดินและผ่านดาวเทียม (จะถูกเรียกว่าเป็น “Digital System A”)²

การประมวลผลสัญญาณของ DAB ก่อนส่งออกอากาศมีหลายขั้นตอน ขั้นตอนหนึ่งคือการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกไปเป็นดิจิทัลพร้อมบีบอัดซึ่ง DAB เลือกใช้มาตรฐาน ISO/IEC 11172-3 และ ISO/IEC 13818-3 (เรียกรวมๆ ว่า “MPEG Audio Layer II”)

DAB+ ก็คือ DAB ที่ถูกพัฒนาขึ้นไปอีกระดับในส่วนของการแปลงและบีบอัดสัญญาณดิจิทัล กล่าวคือ จากเดิมที่ใช้ ISO/IEC 11172-3 และ ISO/IEC 13818-3 ไปใช้เป็น MPEG-4 HE AAC v2 ข้อดีหลักๆ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงและบีบอัดสัญญาณให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงยังมีข้อดีอื่นๆ เช่น

- ใน 1 multiplex (MUX) จะรองรับสัญญาณออกอากาศจากสถานีต่างๆ (service) ได้มากยิ่งขึ้น (ได้สูงสุดถึง ๓ เท่าเมื่อเทียบกับ DAB)³ เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ฟังในการเลือกรับฟังรายการ แต่ถ้ามองในฝั่งผู้ให้บริการจะหมายถึงประสิทธิภาพการใช้ช่องความถี่ที่สูงขึ้นกว่าในระบบ DAB เดิม

- Transmission cost ต่ำกว่ากรณีส่งระบบ DAB
- เครื่องรับที่รองรับ DAB+ มี backward compatible รองรับกรณีทำการส่งด้วยระบบ DAB ด้วยรวมถึง feature scrolling text และ multimedia service

- การส่งออกอากาศจะให้ความทนทานของสัญญาณมากกว่า DAB รวมถึงให้พื้นที่บริการมากกว่าเล็กน้อย

- เครื่องรับมี zapping delay ที่ต่ำ⁴

- ทำให้การส่ง MPEG Surround มีความเป็นไปได้ โดยใช้ bit rate ต่ำกว่าการส่งด้วย DAB

๒.๒ คุณสมบัติ/จุดเด่นของ DAB+

- คุณภาพเสียงดีกว่าที่ได้ในระบบแอนะล็อก

² ดูเพิ่มเติมจาก Recommendation ITU-R BS.1114 Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3000 MHz

³ ข้อมูลจาก <http://www.worlddab.org>

⁴ หมายถึงเวลาที่เครื่องรับใช้ในการเปลี่ยนจากบริการหนึ่งไปเป็นอีกบริการหนึ่งใน DAB ensemble เดียวกัน รวมถึงเวลาที่เครื่องรับใช้ในการ tune เข้าหาบริการบน DAB ensemble ตัวอื่นๆ

- บริการข้อมูลเสริมซึ่งไม่มีในระบบแอนะล็อก เช่น ข้อมูลการจราจรและการเดินทาง (Traffic and Travel Information Service ; TTI Service) , EPG (Electronic Program Guide) , ข้อมูลสภาพอากาศ , Journaline (คล้ายกับบริการ electronic magazine หรือ teletext บนเครื่องรับโทรทัศน์), Broadcast Website (ดู website ฉบับสมบูรณ์แบบ offline บนเครื่องรับที่มีมาพร้อมกับโปรแกรม web browser โดยแสดงผลทั้งหน้า webpage และ multimedia elements อื่นๆ เช่น กราฟฟิก ไฟล์วิดีโอและ mp3) เป็นต้น

- บริการข้อมูลประเภท audio-related data เช่น ชื่อเพลง ชื่อคนแต่งเพลง แสดงบนเครื่องรับชนิดมีหน้าจอแสดงผล

- ทำให้ผู้ฟังในรูปแบบ mobile reception เช่น การรับฟังรายการขณะอยู่บนรถที่กำลังเคลื่อนที่ ยังสามารถรับฟังรายการนั้นๆ ได้ไปตลอดเส้นทางโดยไม่ต้องเปลี่ยนความถี่รับ

๒.๓ ประเทศไหนใช้ DAB+ บ้าง

เว็บไซต์ <http://www.worlddab.org>⁵ (ข้อมูล ณ วันที่ ๑๗ พฤษภาคม ๒๕๖๑) ระบุประเทศที่มีการใช้งาน DAB/DAB+ แล้วกว่า ๒๔ ประเทศ เช่น ออสเตรเลีย เบลเยียม เยอรมัน สเปน เกาหลีใต้ และอยู่ในระหว่างการทดสอบทดลองอีกกว่า ๒๗ ประเทศ เช่น นิวซีแลนด์ อินโดนีเซีย ประเทศไทย

๒.๔ หลักการทำงานของเทคโนโลยี DAB+

หลักการทำงานของภาคส่งเป็นไปตามรูปที่ ๑ ของภาคผนวก โดยเป็นการประมวลผลสัญญาณตั้งต้น (audio, data) ตั้งแต่ตอนเป็นบิตข้อมูลดิจิทัลผ่านขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งเกิดเป็นสัญญาณคลื่นวิทยุที่พร้อมส่งออกอากาศ โดยในส่วนของเครื่องรับการทำงานก็จะเป็นเหมือนภาคส่งแต่จะเป็นขั้นตอนที่ย้อนกลับ ถ้าจะแบ่งการทำงานของภาคส่งออกเป็น function ส่วนใหญ่ๆ จะแบ่งออกได้เป็น

- การบีบอัด (compress) สัญญาณเสียงด้วยมาตรฐานที่กำหนด (DAB+ ใช้ MPEG-4 HE AAC v2)
- การทำ Condition Access (CA) เพื่อจำกัดการเข้าถึง (เป็น option)
- การเพิ่มความแข็งแรงทนทานต่อสัญญาณรบกวน (Robustness) ของสัญญาณที่จะส่งออกไป (เรียกรวมๆ ว่าการทำ “Channel Encoding”) ผ่านทางภาคต่างๆ คือ
 - Energy dispersal scrambler
 - Convolutional encoder
 - Time interleaver
- การทำ Multiplexing ออกเป็นสตรีมข้อมูล
- การทำให้เป็นสัญญาณ COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)
- การแปลงให้เป็นสัญญาณในย่านความถี่วิทยุ (RF) ขยายกำลังส่งและพร้อมส่งออกอากาศ

⁵ ในเว็บไซต์จะปรับปรุงข้อมูลสถานะความคืบหน้าของแต่ละประเทศเกี่ยวกับการนำเอาเทคโนโลยี DAB+ ไปใช้งานเป็นระยะๆ เช่น ด้านการกำกับดูแล ด้านเครื่องรับ ด้านการตลาด

๒.๕ ช่องสัญญาณในระบบออกอากาศ DAB+

การทำงานของเทคโนโลยี DAB+ ในระบบส่งจะแบ่งการประมวลผลและส่งผ่านข้อมูลผ่านทาง ๓ ช่องทาง (ดูรูปที่ ๑ ของภาคผนวกประกอบ) คือ

- Main Service Channel (MSC) : เป็นช่องทางสำหรับบรรจุ digital audio service ต่างๆ รวมถึง data service
- Fast Information Channel (FIC) : บรรจุข้อมูลที่เป็นสำเนาสำหรับเครื่องรับปลายทางเพื่อใช้ในการประมวลผล ถอดรหัสสัญญาณที่รับได้ และแสดงผล service ออกมาให้ผู้รับชม/ฟังได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างของข้อมูลที่ถูกส่งไปใน FIC เช่น Multiplex Configuration Information (MCI) ที่จะบอกเครื่องรับว่า multiplexed stream ที่รับได้นั้นใช้รูปแบบการป้องกันความผิดพลาดของข้อมูล (Error Protection) แบบใด หรือจะเป็น service label ที่จะแสดงผลบนหน้าจอของเครื่องรับ เป็นต้น
- Synchronization Channel (SC) : จะบรรจุข้อมูลสำหรับเครื่องรับเพื่อใช้ในการทำ synchronization เช่น สัญญาณ phase reference

๒.๖ ย่านความถี่ใช้งาน

เทคโนโลยี DAB+ สามารถส่งออกอากาศได้ในย่านความถี่ดังนี้

- ย่าน VHF Band I
- ย่าน VHF Band II
- ย่าน VHF Band III

ทั้งนี้ รวมถึงอาจทำการส่งสัญญาณไปทางสายเคเบิลได้ด้วย⁶

๒.๗ ลักษณะโครงข่ายส่งสัญญาณ

DAB+ รองรับการส่งได้ในโครงข่าย ๒ รูปแบบ คือ

- โครงข่ายแบบภาคพื้นดิน (Terrestrial)
- โครงข่ายสายเคเบิล (Cable)

๒.๘ ความกว้างช่องสัญญาณ (Bandwidth) และผังการใช้ช่องความถี่

ช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่ออกอากาศภายใต้เทคโนโลยี DAB+ ๑ ช่อง กว้าง ๑.๕๓๖ MHz รายละเอียดผังการใช้ช่องปรากฏตามภาคผนวกรูปที่ ๒ - ๕⁷

⁶ รายละเอียดปรากฏตามหัวข้อ ๑๕.๑ ของเอกสาร ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01)

⁷ เป็นรายละเอียดการใช้ช่องความถี่สำหรับประเทศในยุโรป ในบางประเทศ เช่น แคนาดาจะมีรายละเอียดการจัดเรียงช่องที่แตกต่างจากนี้ สามารถศึกษาได้จากหน้า ๓๙๐ - ๓๙๑ ในเอกสารอ้างอิง [2] ตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม

๒.๙ รูปแบบการส่ง (Transmission Mode ; TM) ของเทคโนโลยี DAB+

เทคโนโลยี DAB+ มี Transmission Mode ให้เลือกใช้งาน ๔ mode แต่ละโหมดแตกต่างกันในปัจจัยต่างๆ เช่น เรื่องความถี่ที่ใช้ส่ง และรูปแบบการใช้งาน⁸

หัวข้อ	รูปแบบการส่ง (Transmission Mode; TM)			
	TM I	TM II	TM III	TM IV
ย่านความถี่ส่ง	VHF (Band I – III)	VHF (Band I – III), UHF (Band IV – V) L-Band (1452 – 1492 MHz)	ตั้งแต่ 3,000 MHz ลงมา	VHF (Band I – III), UHF (Band IV – V) L-Band (1452 – 1492 MHz)
รูปแบบการใช้งานทั่วไป	Terrestrial VHF	Terrestrial L-Band	Satellite L-Band	Terrestrial Urban L-Band
ความทนทานต่อสัญญาณสะท้อน (echo) ⁹ ที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นทางจากจุดส่งมายังเครื่องรับ	อันดับ ๑ (ดีที่สุด)	อันดับ ๓	อันดับ ๔	อันดับ ๒
หมายเหตุ	ออกแบบมาให้เหมาะสมกับการส่งแบบโครงข่ายความถี่เดียว (SFN)	สามารถส่งเป็น SFN ขนาดเล็ก/กลาง ในย่าน L-Band ได้	ในการส่งผ่านสายเคเบิลจะนิยมใช้ TM III เนื่องจากรองรับช่วงความถี่ใช้งานที่กว้างกว่าใน TM I, II และ IV	ส่งเป็น L-Band SFN ในพื้นที่เมือง (Urban Area) ได้
ความเร็วสูงสุดของยานพาหนะ** (รับสัญญาณในรูปแบบ mobile reception) (VHF-Band)	260/390 km/h	n.a	n.a	520/780 km/h
ความเร็วสูงสุดของยานพาหนะ** (รับสัญญาณในรูปแบบ mobile reception) (L-Band)	40/60 km/h	160/240 km/h	320/480 km/h	80/120 km/h

** ตัวเลขแรกหมายถึงกรณีพื้นที่ออกอากาศเป็นแบบเมือง (Urban) หรือชานเมือง (Suburban) ตัวเลขที่สองหมายถึงกรณีพื้นที่ออกอากาศเป็นแบบพื้นที่ชนบท (Rural) (ข้อมูลจาก ITU-R, DSB Handbook, Terrestrial and satellite sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the VHF/UHF bands)

⁸ ถ้าสุดจากการตรวจสอบเอกสาร ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01) ซึ่งเป็นฉบับ (version) ปัจจุบัน พบว่าได้มีการปรับปรุงเนื้อหาในส่วนนี้ไปแล้ว โดยตัด TM II – TM IV ทิ้งไป คงเหลือเพียง TM I

⁹ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “Multipath Effect” ส่งผลต่อคุณภาพของการรับสัญญาณ คล้ายกับกรณี Ghost Effect ในโทรทัศน์ระบบแอนะล็อก

๒.๑๐ รูปแบบการป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลของเทคโนโลยี DAB+

DAB+ มีหลักการทำงานคล้ายกับเทคโนโลยีการส่งผ่านข้อมูลในระบบดิจิทัลอื่นๆ ที่จะมีการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูล ณ ฝั่งเครื่องรับ (Forward Error Correction; FEC) เพื่อเป็นหลักประกันได้ว่า การรับสัญญาณที่ฝั่งเครื่องรับจะเกิดขึ้นอย่างถูกต้องตรงกันกับสัญญาณที่ออกมาจากฝั่งเครื่องส่ง

หลักการของ FEC (เกิดขึ้น ณ ภาค Convolutional Encoder ของระบบส่ง : ดูรูปที่ ๑ ของภาคผนวก ประกอบ) จะทำการประมวลผลและเพิ่มข้อมูลขึ้นมาอีก ๑ ชุด แล้วส่งข้อมูลดังกล่าวไปพร้อมกับข้อมูลที่ต้องการส่งจริงๆ ข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมาอีก ๑ ชุดดังกล่าวนี้ เครื่องรับจะใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ต้องการส่งจริงว่ามีหรือไม่หากมีเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งใดพร้อมกับดำเนินการแก้ไขความผิดพลาดดังกล่าวให้ถูกต้อง ข้อมูลชุดพิเศษที่เพิ่มเข้ามานี้ถ้ามียิ่งมากประสิทธิภาพในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลก็จะยิ่งมากขึ้นตามมาแต่ก็ต้องแลกมาด้วยปริมาณข้อมูลจริงที่สามารถส่งได้ในคราวหนึ่งๆ ที่ลดน้อยลงสะท้อนออกมาในรูปของจำนวน service หรือคุณภาพของ service ที่ส่งได้ในคราวหนึ่งๆ ที่จะลดน้อยถอยลง

ในทางเทคนิคได้มีการนิยามสัดส่วนระหว่างปริมาณข้อมูลจริงที่ส่งไปเทียบกับปริมาณข้อมูลทั้งหมดที่ส่งไป (ข้อมูลจริง + ข้อมูลชุดพิเศษสำหรับตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาด) ว่าเป็น “Code Rate” โดยมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการดังนี้

$$\text{Code Rate} = \frac{\text{ปริมาณข้อมูลจริง}}{\text{ปริมาณข้อมูลทั้งหมด (ข้อมูลจริง + ข้อมูลทำ FEC)}}$$

จากสมการจะพบว่าค่า Code Rate จะสวนทางกับความแข็งแรงทนทานต่อสัญญาณรบกวนของข้อมูล (ซึ่งก็คือความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูล) กล่าวคือ ถ้าข้อมูลส่วนใดมีค่า Code Rate ต่ำก็จะมี ความทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูง

เทคโนโลยี DAB+ จะเรียกสิ่งที่ว่านี้ว่า “Error Protection” จากเอกสาร ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01) Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers ได้ระบุว่าในการทำงานของระบบจะมี Error Protection ให้เลือกใช้ ๒ แบบ คือ

- Equal Error Protection (EEP) : โดยหลักแล้วออกแบบมาให้ใช้สำหรับการทำ FEC ข้อมูลได้ทั้งส่วนที่เป็น audio และ data หลักการทำงานของ EEP ก็คือ ข้อมูลที่จะถูกส่งออกอากาศทุกส่วนจะได้รับระดับความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (หรือค่า code rate) เท่ากันทั้งหมด

- Unequal Error Protection (UEP) : โดยหลักจะออกแบบมาสำหรับการทำ FEC ข้อมูลที่เป็น audio แต่ก็สามารถใช้กับข้อมูลชนิด data ได้เช่นเดียวกัน หลักการทำงานของ UEP ก็คือ ข้อมูลส่งออกอากาศในแต่ละส่วนนั้นจะได้รับระดับความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (หรือค่า code rate) ไม่เท่ากัน

อย่างไรก็ดี จากเอกสาร TR 025 Report on Frequency and Network Planning Parameters Related to DAB+ v1.1 (October 2013) ได้ระบุว่า วิศวกรของเทคโนโลยี DAB+ จะใช้ Error

Protection แบบ EEP ทั้งนี้ ค่า Code Rate ในระบบ DAB+ ภายใต้ Error Protection แบบ EEP แบ่งออกได้เป็น ๒ หมวด คือ “A-Profile” และ “B-Profile” โดยที่

- A-Profile แบ่งย่อยออกเป็น 1-A (code rate = 1/4), 2-A (code rate = 3/8), 3-A (code rate = 1/2), 4-A (code rate = 3/4) โดยที่ระดับ 1-A จะให้ระดับความแข็งแกร่งทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดในกลุ่ม (ในข้อมูลทั้งหมดที่ส่งไป ๑๐๐% จะมีข้อมูลจริงที่ต้องการใช้อยู่ ๒๕%) รองลงมาคือ 2-A และ 3-A ตามลำดับ โดย 4-A จะให้ระดับความแข็งแกร่งทนทานต่อสัญญาณรบกวนต่ำที่สุดในกลุ่ม (ในข้อมูลทั้งหมดที่ส่งไป ๑๐๐% จะมีข้อมูลจริงที่ต้องการใช้อยู่ ๗๕% โดยมีข้อมูลที่ใช้ตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดอยู่เพียง ๒๕%)

- B-Profile แบ่งย่อยออกได้เป็น 1-B (code rate = 4/9) , 2-B (code rate = 4/7) , 3-B (code rate = 4/6), 4-B (code rate = 4/5) ระดับ 1-B จะให้ระดับความแข็งแกร่งทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดในกลุ่ม รองลงมาคือ 2-B และ 3-B ตามลำดับ โดย 4-B จะให้ระดับความแข็งแกร่งทนทานต่อสัญญาณรบกวนต่ำที่สุดในกลุ่ม

ขณะที่ถ้าเป็นเทคโนโลยี DAB นอกจาก EEP แล้วยังสามารถใช้ Error Protection เป็นชนิด UEP ได้ด้วย ค่า Code Rate ที่เกิดขึ้น (กรณีของ UEP) จะแตกต่างกับกรณี EEP โดยแบ่งระดับการป้องกัน (Protection Level ; PL) ออกเป็น ๕ ระดับ (PL1- PL5) ดังตารางด้านล่าง¹⁰

Sub-channel bit rate (kbit/s)	Protection Level (PL)				
	1	2	3	4	5
32	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
48	0.35	0.43	0.51	0.62	0.75
56	n.a.	0.40	0.50	0.60	0.72
64	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
80	0.36	0.43	0.52	0.58	0.75
96	0.35	0.43	0.51	0.62	0.75
112	n.a.	0.40	0.50	0.60	0.72
128	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
160	0.36	0.43	0.52	0.58	0.75
192	0.35	0.43	0.51	0.62	0.75
224	0.36	0.40	0.50	0.60	0.72
256	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
320	n.a.	0.43	n.a.	0.58	0.75
384	0.35	n.a.	0.51	n.a.	0.75

ที่มา : ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01) Radio Broadcasting Systems ; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers หน้า ๙๔

¹⁰ เป็นค่า Code Rate เฉลี่ย (Averaged code rate)

๒.๑๑ ค่า payload ของเทคโนโลยี DAB+

เทคโนโลยี DAB+ จะให้ค่า gross bit rate (bit rate ของข้อมูลรวม คือ ข้อมูลจริงที่ต้องการส่งออกอากาศ + ข้อมูลเพื่อการทำ FEC) เท่ากับ ๒.๓๐๔ Mbps

หากระบบที่ใช้งานเลือกใช้ Error Protection แบบ EEP 3-A ที่ใช้ค่า Code Rate = 1/2 จะเหลือค่า bit rate สำหรับส่งข้อมูลจริง (useful bit rate) หรือ payload = 2.304 Mbps * 1/2 = 1.152 Mbps หรือเท่ากับ 1,152 kbps

๓. ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ DAB+ ในแง่มุมต่างๆ

๓.๑ ฝั่งภาคส่งสัญญาณ

(๑) มาตรฐานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง

ถ้าพูดถึงในเรื่องของมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบ DAB+ ได้มีการจัดทำและเผยแพร่มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงพร้อมวิธีการทดสอบโดย European Telecommunications Standard Institute (ETSI) รายละเอียดปรากฏตามเอกสารหมายเลข EN 302 077-1 v1.1.1 (2005-01) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM) ; Transmitting equipment for the Terrestrial – Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service; Part 1 : Technical characteristics and test methods และเอกสารหมายเลข EN 302 077-2 v1.1.1 (2005-01) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM) ; Transmitting equipment for the Terrestrial – Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service; Part 2 : Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE ครอบคลุมพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่อง เช่น frequency stability, out-of-band emission

๓.๒ ฝั่งภาครับสัญญาณ

WorldDMB โดยความร่วมมือกับ EBU, EICTA และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมการผลิตชิป consumer device รวมถึง broadcaster และผู้เชี่ยวชาญอื่นในอุตสาหกรรม ได้ร่วมมือพัฒนาชุดคุณสมบัติทางเทคนิคสำหรับเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงระบบดิจิทัลภายใต้ Eureka 147 family of standards (ซึ่งรวมถึง DAB และ DAB+ ด้วย) เรียกว่า “World DMB Digital Radio Receiver Profiles” เป็นชุดคุณสมบัติขั้นต่ำสุดที่กำหนดให้มีสำหรับเครื่องรับวิทยุระบบดิจิทัล Receiver Profile ดังกล่าวได้แบ่งคุณสมบัติออกไป ๒ ส่วน คือ คุณสมบัติส่วนที่จำเป็น (mandatory feature) และคุณสมบัติส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ (recommended feature) อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติดังกล่าวก็ไม่ได้เป็นข้อบังคับในการผลิตและทำตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ที่อาจไม่ได้มีคุณลักษณะตาม profile ดังกล่าว

World DMB Digital Radio Receiver Profiles แบ่งออกเป็น ๓ Profile คือ Standard Radio Receiver (Profile 1), Rich Media Radio Receiver (Profile 2), Multimedia Receiver (Profile 3) รายละเอียดปรากฏตามภาคผนวกหน้าที่ ๖ – ๘

(๑) ตัวอย่างเครื่องรับแบบอยู่กับที่ (Fixed)

ยี่ห้อ/รุ่น	ภาพประกอบ	คุณสมบัติ
ARCAM รุ่น T32		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB+/FM/AM - ภาค Tuner ของ DAB รองรับทั้ง VHF Band III และ L-Band - หน้าจอแสดงผล ๒ บรรทัด แสดงข้อมูลต่างๆ เช่น ชื่อ , คุณภาพสัญญาณ , ประเภทรายการ , ความถี่ออกอากาศ
Sony รุ่น CMT-G11P		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB+/FM - ต่อพ่วงกับอุปกรณ์ภายนอกได้ เช่น USB Flash Drive, iPod, iPhone

(๒) ตัวอย่างเครื่องรับแบบพกพา (Portable/Handheld)

ยี่ห้อ/รุ่น	ภาพประกอบ	คุณสมบัติ
AEG รุ่น DAB 4138		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB+/FM/FM-RDS - หน้าจอแสดงผล ๒ บรรทัด แสดงข้อมูลต่างๆ เช่น ชื่อ , คุณภาพสัญญาณ , ประเภทรายการ , ความถี่ออกอากาศ
Aves รุ่น jazz		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB/FM - ย่านความถี่ใช้งาน <ul style="list-style-type: none"> ○ DAB : Band III (174.928 MHz – 239.200 MHz) ○ FM : 87.5 – 108 MHz - หน้าจอแสดงผล : Multi-function dot matrix LCM (128x64 Dot) - น้ำหนัก : ประมาณ 733 กรัม
SONIQ รุ่น PA10		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องเล่นวิทยุ DAB+/FM ในตัว - ใช้แบตเตอรี่ขนาด AAA ๓ ก้อน - น้ำหนัก : ๐.๓ กก.

ยี่ห้อ/รุ่น	ภาพประกอบ	คุณสมบัติ
Aves รุ่น sugar		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิทยุพร้อมนาฬิกาปลุกในตัว - ยานความถี่ใช้งาน <ul style="list-style-type: none"> ○ DAB : Band III (174.928 MHz – 239.200 MHz) ○ FM : 87.5 – 108 MHz
Phillips รุ่น AE 5010		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB/FM - ใช้แบตเตอรี่ขนาด AA ๔ ก้อน - แหล่งจ่ายพลังงาน : ได้ทั้ง main supply และจากแบตเตอรี่

(๓) ตัวอย่างเครื่องรับแบบเคลื่อนที่/ติดรถยนต์ (Mobile)

ยี่ห้อ/รุ่น	ภาพประกอบ	คุณสมบัติ
Sony รุ่น DAB 700U		เป็นเครื่องรับ DAB+/FM พร้อมเครื่องเล่น CD และ MP3
Pure รุ่น Highway H240Di		<ul style="list-style-type: none"> - เป็นเครื่องรับ DAB/DAB+/FM/AM พร้อมเครื่องเล่น CD ในตัว - มีช่องต่อ USB สำหรับ iPod, iPhone, เครื่องเล่น MP3, USB - ยานความถี่ใช้งาน <ul style="list-style-type: none"> ○ VHF Band III (174-240 MHz) ○ L-Band (1,452 – 1,490 MHz) ○ FM (87.5-108 MHz) ○ AM (522-1,620 kHz)

(๔) In-car digital radio adapter

ในผู้ผลิตรถยนต์หลายๆ เจ้านอกจากจะติดตั้งเครื่องรับวิทยุระบบ DAB+ มาพร้อมกับรถยนต์แล้ว ยังเสนอรูปแบบการ upgrade เครื่องรับวิทยุติดรถยนต์ในระบบเดิมที่เป็น AM/FM ให้สามารถรับบริการ DAB ได้ด้วย เช่น กรณีของ Ford (<http://www.ford.co.uk>) โดยไม่มีการเจาะหรือติดตั้งชุดสายอากาศรับเพิ่มเติมสำหรับบริการ DAB

[Go Further](#)
[CARS](#)
[COMMERCIAL VEHICLES](#)
[FLEET](#)
[BUY & PROTECT](#)
[MOTABILITY](#)
[OWNERS](#)
[RENTAL](#)
[EXPERIENCE FORD](#)

[Configure a Vehicle](#)
[Book a Test Drive](#)
[Bookings & Prices](#)
[Keep Informed](#)
[Find a Dealer](#)
[Book a Service](#)
[Sign In](#)

[Home](#)
[Contact Us](#)
[Find a Dealer](#)
[Privacy Policy](#)

[Accessibility](#)
[Terms and Conditions](#)
[The News](#)
[Create Profile](#)
[©2014 Ford Motor Company](#)

[Home](#)
[CARS](#)
[COMMERCIAL VEHICLES](#)
[FLEET](#)
[BUY & PROTECT](#)
[MOTABILITY](#)
[OWNERS](#)
[RENTAL](#)
[EXPERIENCE FORD](#)

[Go Further](#)

- [CARS](#)
- [Ford Accessories](#)
- [Accessories promotions](#)
- [DAB Digital Radio Upgrade Pack](#)**
- [Bike Pack](#)
- [Pet Pack](#)
- [Protection Pack](#)
- [Protection Pack Plus](#)
- [TunTun Sat Nav Map Update](#)
- [Tow Bar Pack](#)



Share the love – Share digital radio

GREAT SOUND FOR YOU, YOUR FAMILY & FRIENDS

Only **£199.00** INCLUDING VAT AND FITTING

DAB Pack - Digital Radio Upgrade

DAB stands for Digital Audio Broadcasting. It's a way of listening to the radio using a digital signal sound, rather than analogue radio (FM/AM). AutoDAB* is a high quality kit which transforms your original factory-fitted FM radio into a digital receiver, so you can get DAB, as well as existing AM/FM/LV channels. It is fitted behind the radio and uses the steering wheel controls to select the digital channels. No drilling or new external aerials are required. The only sign of the system is the digital tin aerial, which is fitted in the top left hand corner of the windscreen.

Includes:

- Connect2 AutoDAB* Digital Radio Upgrade
- Fitting at your local Ford Dealer

Reasons to smile:

- More choice extra sport, speech and music stations such as Talksport, Planet Rock and Absolute Radio
- Great sound hiss and crackle-free digital quality sound
- Easy tuning find the station you want by name
- Digital features track and artist information

Promotional Price
£199.00 including fitting and VAT

If you love radio and a DAB upgrade sounds like music to your ears, contact your **Ford Dealer** today.

Available on selected Ford models only. Please contact your Ford Dealer for details.
 Not available on: Ka, Focus Studio 2011 onwards; Ranger 2006-2011 and Ranger XL 2011 onwards; Transit Custom Base and EcoVetic. Available at participating Dealers until 30 September 2014.

* This website shows both original Ford accessories as well as a range of carefully selected products from third party suppliers, which are identified under that third party supplier's brand name. Please note that third party supplier branded accessories do not come with a Ford warranty but are covered by the third party suppliers own warranty, the details of which can be obtained from your Ford Dealer.

CARS

- [View all Cars](#)
- [Car Promotions](#)
- [Ka](#)
- [New Fiesta](#)
- [New Fiesta ST](#)
- [B-MAX](#)
- [New EcoSport](#)
- [Focus](#)
- [Focus ST](#)
- [Focus Electric](#)
- [C-MAX & Grand C-MAX](#)
- [KUGA](#)
- [Mondeo](#)
- [S-MAX](#)
- [Galaxy](#)
- [Ranger](#)
- [Introducing the Tourneo Range](#)
- [Tourneo Custom](#)
- [All-New Tourneo Connect](#)
- [Future Vehicles](#)

COMMERCIAL VEHICLES

- [View all Commercial Vehicles](#)
- [Overview](#)
- [Commercial Promotions](#)
- [Fleets Van](#)
- [All-New Transit Range](#)
- [All-New Transit Courier](#)
- [All-New Transit Connect](#)
- [Transit Custom](#)
- [Ford Transit](#)
- [Transit Check Cab](#)
- [Transit Microtransit Chassis](#)
- [Transit Minibus](#)
- [All-New Transit](#)
- [Ranger](#)
- [Department for Transport Van fleet Practical Programme](#)

HOME

- [Car Promotions](#)
- [Commercial Promotions](#)
- [Contact Us](#)
- [DVLA Tax Disc Changes](#)
- [Careers](#)
- [Scholarships](#)
- [FAQs](#)
- [Car Servicing and Repair](#)
- [Find a Dealer](#)
- [Book a Scheduled Service](#)
- [Book Motocraft 4+](#)
- [Rental](#)
- [Ford Technologies in Action](#)

FOLLOW US

- [Facebook](#)
- [Twitter](#)
- [YouTube](#)
- [Ford Social](#)

I WANT TO...

- [Configure a vehicle](#)
- [Book a test drive](#)
- [Bookings & Prices](#)
- [Keep Informed](#)
- [Find a Dealer](#)

นอกจากนี้ ยังมีผู้ผลิตเครื่องรับในบางรายเช่น pure (<http://www.pure.com>) กับอุปกรณ์ in-car DAB Digital Radio and Audio Adapter รุ่น Highway 300Di ที่ทำให้สามารถรับฟังบริการ DAB บนรถยนต์โดยใช้เครื่องรับในระบบแอนะล็อกเดิมได้



บรรณานุกรม

- [1] European Telecommunications Standards Institute ; ETSI EN 300 401 v2.1.1 (2017-01) Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers
- [2] Wolfgang Hoeg & Thomas Lauterbach (Editors) ; Digital Audio Broadcasting – Principles and Applications of DAB, DAB+ and DMB (Third Edition) ; John Wiley & Sons , 2009
- [3] European Broadcasting Union ; TR 021 Technical Bases for T-DAB Services Network Planning and Compatibility with Existing Broadcasting Services ; Geneva ; October 2013
- [4] European Broadcasting Union ; TR 025 Report on Frequency and Network Planning Parameters Related to DAB+ ; version 1.1 ; Geneva ; October 2013
- [5] Australian Fact Sheet2 ; August 2010 ; Spectrum and Regulation
- [6] Website : <http://www.worlddab.org>
- [7] Website : <http://www.ford.co.uk>
- [8] Website : <http://www.pure.com>
-

ภาคผนวก

รูปที่ ๒

รายละเอียดของความถี่สำหรับใช้ออกอากาศระบบ DAB+ ภาคพื้นดิน ในยุโรป

T-DAB Block number	T-DAB Block label	Centre frequency (MHz)	Block corner frequencies (MHz)	Lower/upper guard distance (kHz)
Band I: 47,0 to 68,0 MHz				
(1)	2A	47,936	47,168 to 48,704	168/176
(2)	2B	49,648	48,880 to 50,416	176/176
(3)	2C	51,360	50,592 to 52,128	176/176
(4)	2D	53,072	52,304 to 53,840	176/320
(5)	3A	54,928	54,160 to 55,696	320/176
(6)	3B	56,640	55,872 to 57,408	176/176
(7)	3C	58,352	57,584 to 59,120	176/176
(8)	3D	60,064	59,296 to 60,832	176/336
(9)	4A	61,936	61,168 to 62,704	336/176
(10)	4B	63,648	62,880 to 64,416	176/176
(11)	4C	65,360	64,592 to 66,128	176/176
(12)	4D	67,072	66,304 to 67,840	176/160
Band III: 174,0 to 240,0 MHz				
13	5A	174,928	174,160 to 175,696	160/176
14	5B	176,640	175,872 to 177,408	176/176
15	5C	178,352	177,584 to 179,120	176/176
16	5D	180,064	179,296 to 180,832	176/336
17	6A	181,936	181,168 to 182,704	336/176
18	6B	183,648	182,880 to 184,416	176/176
19	6C	185,360	184,592 to 186,128	176/176
20	6D	187,072	186,304 to 187,840	176/320
21	7A	188,928	188,160 to 189,696	320/176
22	7B	190,640	189,872 to 191,408	176/176
23	7C	192,352	191,584 to 193,120	176/176
24	7D	194,064	193,296 to 194,832	176/336
25	8A	195,936	195,168 to 196,704	336/176
26	8B	197,648	196,880 to 198,416	176/176
27	8C	199,360	198,592 to 200,128	176/176
28	8D	201,072	200,304 to 201,840	176/320
29	9A	202,928	202,160 to 203,696	320/176
30	9B	204,640	203,872 to 205,408	176/176
31	9C	206,352	205,584 to 207,120	176/176
32	9D	208,064	207,296 to 208,832	176/336
33	10A	209,936	209,168 to 210,704	336/(176)
NOTE 1	10N	210,096	209,328 to 210,864	
34	10B	211,648	210,880 to 212,416	(176)/176
35	10C	213,360	212,592 to 214,128	176/176
36	10D	215,072	214,304 to 215,840	176/320
37	11A	216,928	216,160 to 217,696	320/(176)
NOTE 1	11N	217,088	216,320 to 217,856	
38	11B	218,640	217,872 to 219,408	(176)/176

รูปที่ ๓

รายละเอียดช่องความถี่สำหรับใช้ออกอากาศระบบ DAB+ ภาคพื้นดิน ในยุโรป (ต่อ)

T-DAB Block number	T-DAB Block label	Centre frequency (MHz)	Block corner frequencies (MHz)	Lower/upper guard distance (kHz)
39	11C	220,352	219,584 to 221,120	176/176
40	11D	222,064	221,296 to 222,832	176/336
41	12A	223,936	223,168 to 224,704	336/(176)
NOTE 1	12N	224,096	223,328 to 224,864	
42	12B	225,648	224,880 to 226,416	(176)/176
43	12C	227,360	226,592 to 228,128	176/176
44	12D	229,072	228,304 to 229,840	176/176
45	13A	230,784	230,016 to 231,552	176/176
46	13B	232,496	231,728 to 233,264	176/176
47	13C	234,208	233,440 to 234,976	176/32
48	13D	235,776	235,008 to 236,544	32/176
49	13E	237,488	236,720 to 238,256	176/176
50	13F	239,200	238,432 to 239,968	176/32
L-Band: 1452,0 to 1467,5 MHz				
51	LA	1452,960	1452,192 to 1453,728	192/176
52	LB	1454,672	1453,904 to 1455,440	176/176
53	LC	1456,384	1455,616 to 1457,152	176/176
54	LD	1458,096	1457,328 to 1458,864	176/176
55	LE	1459,808	1459,040 to 1460,576	176/176
56	LF	1461,520	1460,752 to 1462,288	176/176
57	LG	1463,232	1462,464 to 1464,000	176/176
58	LH	1464,944	1464,176 to 1465,712	176/176
59	LI	1466,656	1465,888 to 1467,424	176/-

รูปที่ ๔

รายละเอียดของความถี่สำหรับใช้ออกอากาศระบบ DAB+ ผ่านดาวเทียม ในยุโรป
ตามมาตรฐาน EN 50248

T-DAB Block number	T-DAB Block label	Centre frequency (MHz)	Block corner frequencies (MHz)
L-Band: 1452,0 to 1467,5 MHz			
60	LJ	1468,368	1476,600 to 1469,136
61	LK	1470,080	1469,312 to 1470,848

รูปที่ ๕

รายละเอียดของความถี่สำหรับใช้ออกอากาศระบบ DAB+ ผ่านดาวเทียม ในยุโรป
ตามมาตรฐาน EN 50248 (ต่อ)

T-DAB Block number	T-DAB Block label	Centre frequency (MHz)	Block corner frequencies (MHz)
62	LL	1471,792	1471,024 to 1472,560
63	LM	1473,504	1472,736 to 1474,272
64	LN	1475,216	1474,448 to 1475,984
65	LO	1476,928	1476,160 to 1477,696
66	LP	1478,640	1477,872 to 1479,408
67	LQ	1480,352	1479,584 to 1481,120
68	LR	1482,064	1481,296 to 1482,832
69	LS	1483,776	1483,008 to 1484,544
70	LT	1485,488	1484,720 to 1486,256
71	LU	1487,200	1486,432 to 1487,968
72	LV	1488,912	1488,144 to 1489,680
73	LW	1490,624	1489,856 to 1491,392

**ชุดคุณลักษณะทางเทคนิคขั้นต่ำของเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงระบบดิจิทัล
ภายใต้ Eureka 147 family of standard**

Receiver Profile 1 – Standard Radio Receiver

(เครื่องรับชนิดมีหน้าจอแสดงผลพื้นฐานเป็นตัวอักษรและตัวเลข)

แถบคลื่นความถี่ใช้งาน (Spectrum)	<ul style="list-style-type: none">- ใช้งาน VHF Band III (174 – 240 MHz) สำหรับทุกเขตพื้นที่ (mandatory)- ใช้งาน L-Band (1,452 – 1,492 MHz) สำหรับกรณีในรถยนต์รวมถึงเครื่องรับที่จำหน่ายในพื้นที่ซึ่งมีการให้อนุญาตและออกอากาศในย่าน L-Band (mandatory)
การถอดรหัสช่องสัญญาณ (Channel Decoding)	<ul style="list-style-type: none">- ถอดรหัสได้อย่างน้อย 1 sub-channel (mandatory)- ถอดรหัสได้อย่างน้อย 280 Capacity Unit (256 kbps@UEP1) สำหรับ sub-channel ที่บรรจุ DAB audio service (mandatory)- ถอดรหัสได้อย่างน้อย 144 Capacity Unit (256 kbps@EEP3B, 192 kbps@EEP3A, 96 kbps@EEP1A) สำหรับ sub-channel ที่บรรจุ DAB+ หรือ DMB service (mandatory)
สัญญาณเสียง (Audio)	<ul style="list-style-type: none">- ใช้การถอดรหัสชนิด MPEG layer 2 (mandatory)- ใช้การถอดรหัสชนิด MPEG-4 HE AACv2 (mandatory)
ตัวอักษร (Text)	<ul style="list-style-type: none">- ให้มีการแสดงผล service label (ชื่อสถานี) ได้ (mandatory)- สามารถแสดงผล Dynamic Label สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อหาแสดงผล 2 บรรทัดหรือดีกว่า (ยกเว้นในกรณีเครื่องรับติดรถยนต์) (mandatory)- สนับสนุนชุดอักขระ extended RDS บนผลิตภัณฑ์ที่มีภาคแสดงผลที่เหมาะสมรองรับ (recommended)
ผังรายการอิเล็กทรอนิกส์ (EPG)	<ul style="list-style-type: none">- สามารถแสดงผล EPG สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีภาคแสดงผลที่เหมาะสมรองรับ (recommended) เมื่อมีการผลิตขึ้น EPG อาจถูกใช้เพื่อเลือก service ที่ต้องการรับฟัง/รับชม
บริการระบบแอนะล็อก (Analogue services)	<ul style="list-style-type: none">- มีความสามารถในการถอดรหัสสัญญาณ FM-RDS รวมไปถึง MW (AM) (recommended)

ข้อมูลจราจรและการเดินทาง (Traffic & Travel)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้มีภาคถอดรหัสสัญญาณสำหรับบริการ TPEG และ TMC สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้ในรถยนต์ (recommended) - ให้มี announcement signaling and switching สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้ในรถยนต์ (recommended)
บริการ Service Following	<ul style="list-style-type: none"> - กรณีผลิตภัณฑ์ในรถยนต์ที่รวมภาคถอดรหัสสัญญาณ FM-RDS เข้าไว้ด้วย : ให้มีคุณสมบัติ service following ระหว่างบริการ DAB, DAB+ และ DMB และบรรทุก signalled simulcast ไปบน FM-RDS (mandatory) - กรณีผลิตภัณฑ์ในรถยนต์ : ให้มีคุณสมบัติ service following ระหว่างบริการ DAB, DAB+ และ DMB และบรรทุก signalled simulcast ไปบน DAB ensemble ตัวถัดไป (recommended)

Receiver Profile 2 – Rich Media Radio Receiver

(เครื่องรับชนิดชนิดมีหน้าจอแสดงผลแบบสี่ความละเอียดอย่างน้อย 320x240 pixels)

ให้มีความสัมพันธ์ทั้งหมดที่ระบุไว้ใน Profile 1 รวมถึง

การถอดรหัสช่องสัญญาณ (Channel Decoding)	<ul style="list-style-type: none"> - ถอดรหัสได้อย่างน้อย 4 sub-channel ในเวลาเดียวกัน (mandatory) - ถอดรหัสได้อย่างน้อย 288 Capacity Unit (รวม) (mandatory)
ตัวอักษร (Text)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้มีการแสดงผล DL+ (ตามที่นิยามใน ETSI TS 102 980) และ Intellitext (ตามที่นิยามใน ETSI TS 102 652) ได้ (mandatory) - ให้มีการแสดงผล Journaline (recommended) - ให้มีการสนับสนุนชุดอักขระชนิด extended RDS (mandatory)
ผังรายการอิเล็กทรอนิกส์ (EPG)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้มีการแสดงผล EPG ได้ (mandatory) - ให้มีความสามารถในการถอดรหัสบริการ EPG ใน profile ที่สูงกว่าได้ (recommended) <p><u>หมายเหตุ</u> : การเลือกและบันทึกบริการสามารถทำได้ผ่านทาง EPG</p>
SlideShow	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถแสดงผล Slideshow ได้ (mandatory)
BIFS	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถแสดงผล MPEG-4 BIFS ได้ (mandatory)
Broadcast Website	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถแสดงผล BWS (ตามที่นิยามใน ETSI TS 102 498) ได้เมื่อมี browser และ navigation method ที่เหมาะสม (recommended)

- | | |
|--|---|
| ข้อมูลจราจรและการเดินทาง
(Traffic & Travel) | - สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในรถยนต์ที่รวมเอาระบบนำทาง (navigation system) เข้าไว้ด้วย ให้มีภาคถอดรหัสสัญญาณเพื่อให้บริการ TPEG และ TMC (mandatory) |
| บริการ Service Following | - กรณีผลิตภัณฑ์ส่วนบุคคล (เช่น อุปกรณ์แบบพกพา) ให้มีคุณสมบัติ service following ระหว่างบริการ DAB, DAB+ และ DMB และบรรทุก signalled simulcast ไปบน FM-RDS และ DAB ensemble ตัวถัดไป (recommended) |

Receiver Profile 3 – Multimedia Receiver

(เครื่องรับเอนกประสงค์ชนิดมีหน้าจอแสดงผลแบบสีที่ render สัญญาณวีดีโอได้)

ให้มีความสัมพันธ์ทั้งหมดที่ระบุไว้ใน Profile 2 รวมถึง

- | | |
|--|---|
| การถอดรหัสช่องสัญญาณ
(Channel Decoding) | - ถอดรหัสได้อย่างน้อย 432 Capacity Unit (รวม) (mandatory) |
| สัญญาณภาพ
(Video) | - สามารถถอดรหัสสัญญาณตามรูปแบบ H.264 ได้ (mandatory) |
