

ผลงานประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล  
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งประเภทวิชาการ

ตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้าชำนาญการ  
(ด้านอำนวยการใช้และบำรุงรักษา)

เรื่องที่เสนอให้ประเมิน

๑. ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา  
เรื่อง งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร
๒. ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น  
เรื่อง โครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

เสนอโดย

นายธนาศักดิ์ ธนะจินดา  
ตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้าปฏิบัติการ  
(ตำแหน่งเลขที่ กสน. ๒๖)  
กลุ่มงานระบบโทรมาตร  
กองสารสนเทศระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

## ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

๑. ชื่อผลงาน งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

๒. ระยะเวลาที่ดำเนินการ พฤศจิกายน ๒๕๖๔ - กันยายน ๒๕๖๕

### ๓. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

๓.๑ สำนักการระบายน้ำ เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักในการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วม ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ในแต่ละปีกรุงเทพมหานครเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากปัญหาน้ำท่วม โดยมูลค่าความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วมกรุงเทพมหานครมีมูลค่าสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก

ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครอันเนื่องจากฝนตกในพื้นที่เป็นปัญหาใหญ่ และก่อให้เกิดปัญหาด้านอื่น ๆ ตามมา เช่น ด้านการจราจร ด้านความปลอดภัย ซึ่งปัญหาน้ำรอการระบายในหลายพื้นที่เกิดบ่อยครั้ง แม้ปริมาณฝนไม่มากจนกลายเป็นจุดเสี่ยงที่ต้องมีการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เพื่อบรรเทาปัญหาด้านต่าง ๆ จำเป็นต้องเร่งการแก้ไขปัญหาให้คลี่คลายให้รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ ซึ่งศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร มีระบบตรวจวัดข้อมูลอัตโนมัติต่างๆ ทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลที่จำเป็นในการสนับสนุนการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วม รวมทั้งเพื่อสนับสนุนข้อมูลเพื่อวางแผน ออกแบบระบบระบายน้ำ ระบบป้องกันน้ำท่วมแบบถาวรหรือระยะยาว

ระบบตรวจวัดข้อมูลต่างๆ เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ และมีจำนวนมากกระจายอยู่ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย ระบบตรวจวัดสถานีสูบน้ำ ประตูระบายน้ำ ระบบตรวจวัดระดับน้ำ ระบบตรวจวัดน้ำท่วมถนน ระบบตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ ระบบตรวจวัดปริมาณฝน ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้ทำงานแบบอัตโนมัติตลอดเวลา ในการตรวจวัดข้อมูล และส่งข้อมูลมายังสถานีแม่ข่าย เพื่อให้ระบบทุกระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดเวลา จำเป็นต้องมีการดูแล บำรุงรักษา อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์สูงสุดของทางราชการ

ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยสถานีแม่ข่ายตั้งอยู่ที่สำนักการระบายน้ำ และสถานีเครือข่าย กระจายอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สถานีเครือข่ายทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลและส่งข้อมูล มาที่สถานีแม่ข่ายโดยอัตโนมัติ ตลอดเวลา เพื่อให้สถานีแม่ข่ายและสถานีเครือข่ายทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรวจวัดข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องทำการตรวจสอบ ดูแล บำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสำนักการระบายน้ำมีระบบตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ ประกอบด้วย

๓.๑.๑ ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำในคลองสายหลัก ติดตั้งตามแนวคลองสายหลักในการระบายน้ำ จำนวน ๒๕๕ แห่ง

๓.๑.๒ ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำท่วมบนถนน และอุโมงค์ทางลอด ติดตั้งตามถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วมและในอุโมงค์ทางลอด จำนวน ๑๐๘ แห่ง

๓.๑.๓ ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำฝน ติดตั้งที่สำนักงานเขตและถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วม จำนวน ๑๓๐ แห่ง

๓.๑.๔ ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และคลองสายหลัก จำนวน ๓๐ แห่ง

จากเหตุผลข้างต้น สำนักการระบายน้ำ โดยกองสารสนเทศระบายน้ำ จึงได้ดำเนินการบำรุงรักษาระบบตรวจวัดข้อมูล เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้ผู้บริหารศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร หรือหน่วยงานอื่น ๆ มีข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วมได้ทันที่ว่ามีประสิทธิภาพ

๓.๒ พระราชบัญญัติ...

### ๓.๒ พระราชบัญญัติหรือระเบียบกระทรวงในการจัดซื้อจัดจ้าง

๓.๒.๑ พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. ๒๕๖๐

### ๓.๓ ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์

ในการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครของโครงการให้มีความเสถียรในเรื่องการรับ-ส่งข้อมูล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีความรู้ด้านวิศวกรรมในแขนงต่าง ๆ ดังนี้

๓.๓.๑ ความรู้ด้านงานไฟฟ้าสื่อสาร ใช้ในการทำการรับส่งข้อมูลของระบบเครื่องวัดต่างๆในงานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม และเป็นไปตามหลักวิชาการ (รายละเอียดตามภาคผนวก ก)

๓.๔ ความรู้ด้านการวางแผนงานและแผนกำหนดเวลางานบำรุงรักษา (Construction planning and scheduling)

ใช้ในการวางแผนงานให้ประสบความสำเร็จโดยมุ่งแก้ปัญหาภายในพื้นที่ โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ทางสังคมและสิ่งแวดล้อม และกำหนดโครงการให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยใช้หลักการวางแผนโครงการดังนี้

#### ๓.๔.๑ การวางแผนงานบำรุงรักษา (Planning)

งานบำรุงรักษาที่จะประสบผลสำเร็จจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อได้รับการบริหารและจัดการให้แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์ของงานโดย

๑) ได้คุณภาพที่กำหนด

๒) ระยะเวลาที่ต้องการใช้

๓) มีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นอยู่ภายใต้งบประมาณที่ได้จัดเตรียมไว้ได้คุณภาพตามที่กำหนดหมายถึงคุณภาพของงาน เช่น ความเรียบร้อย ความแข็งแรงตามที่วิศวกรกำหนด ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น

แผนงานบำรุงรักษา จะกำหนดเป้าหมายของงาน กำหนดบทบาทของบุคคลต่าง ๆ กำหนดลำดับก่อน - หลังของกิจกรรม กำหนดระยะเวลาเริ่มต้นและเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม ดังนั้น นอกจากจะใช้แผนงานในการดำเนินงานแล้ว ยังใช้แผนงานในการติดตามประเมินความก้าวหน้าของงาน รวมทั้งการควบคุมคุณภาพในการปฏิบัติงาน ผู้ที่เกี่ยวข้องในงานก่อสร้างที่กำลังจะดำเนินการ จะต้องศึกษาแผนงานก่อสร้างให้เข้าใจในรายละเอียดก่อนงานก่อสร้างจะเริ่มต้น เพื่อให้การทำงานประสานสอดคล้องกันและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

#### ๓.๔.๒ ขั้นตอนและวิธีในการจัดทำแผนงานบำรุงรักษา

การจัดทำแผนงานบำรุงรักษาจะต้องเริ่มตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการรวมถึงขอบเขตของงาน โดยอาศัยประสบการณ์การทำงานประกอบกับความคิดสร้างสรรค์ วิธีการใหม่ ๆ เข้าไปบางส่วนเพื่อตอบปัญหาพื้นฐานเหล่านี้ คือ

๑) ทำอะไร

๒) ทำอย่างไร

๓) ทำเมื่อไร

๔) ทำโดยใคร

๕) ทำที่ไหน

๖) ต้องการอะไรบ้างในการทำ

### ๓.๔.๓ การทำแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตหรือบาร์ชาร์ต (Bar Chart)

การทำแผนงานแบบแกนต์ชาร์ตหรือบาร์ชาร์ต (Bar Chart) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยชาวอเมริกันชื่อ Mr. Henry L. Gantt ตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ ๑ แผนงานแบบนี้ยังคงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันทั้งในงานก่อสร้างขนาดใหญ่หรือเล็กก็ตาม สาเหตุความนิยมมาจากความไม่ซับซ้อนของแผนงาน จัดทำได้สะดวก และเข้าใจง่าย

ในแผนกำหนดเวลา Bar Chart จะต้องมียรายละเอียดที่เกี่ยวกับงานบำรุงรักษา เช่น ผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้าง ผู้ควบคุมงาน และเวลาโครงการ การสร้างแผนกำหนดเวลาจะเริ่มจากการกำหนดวันที่เริ่มต้นของการทำงาน ใส่กิจกรรมที่ต้องทำลงในตารางรายละเอียด กำหนดเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละกิจกรรม ลากเส้นแถบสี (Bar) ซึ่งแสดงงานที่ทำและเวลาที่ใช้ ทำต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงงานสุดท้ายที่ต้องทำ อาจทำการปรับแต่งเวลาและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม จนพอใจจึงผลิตแผนกำหนดเวลาออกใช้งานต่อไป แผนกำหนดเวลาที่สร้างเสร็จจะถูกใช้เป็นแนวปฏิบัติงานก่อสร้างในโครงการรวมถึงใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เส้นความคืบหน้าหรือเส้นโค้งรูปตัวเอส

### ๓.๔.๔ ประโยชน์ของการวางแผนงาน

การที่ทีมบริหารงานโครงการให้เวลาและความพยายามกับการวางแผนโครงการล่วงหน้าก่อนจะดำเนินการใดๆ ย่อมเกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าตามมาในด้านต่าง ๆ ได้แก่

๑) ทำให้รู้ว่ามีงานอะไรบ้างที่ต้องทำ โดยในแผนงานจะมีการจัดทำรายการงานย่อยตั้งแต่เริ่มงานจนงานเสร็จสมบูรณ์

๒) ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้ศึกษางานที่จะทำล่วงหน้า และมีเวลาในการระดมความคิดในด้านการเลือกเทคนิควิธีการบำรุงรักษาที่ดีที่สุด

๓) ทำให้สามารถคาดเดาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้และหาวิธีในการป้องกันหรือแก้ไขทั้งปัญหาด้านวัสดุ ปัญหาด้านเทคนิคการก่อสร้าง ปัญหาด้านบุคลากร และปัญหาด้านความปลอดภัย

๔) ทำให้สามารถจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ แรงงาน เพื่อการใช้งานได้ตามเวลาอย่างเหมาะสม รวมถึงสิ่งสนับสนุนอื่น ๆ

๕) ทำให้สามารถติดตามประเมินผลการปฏิบัติงานได้ตลอดเวลา รวมทั้งสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบผลงานที่ปฏิบัติจริงกับแผนงานที่วางไว้ทั้งในด้านปริมาณงาน วัสดุ งบประมาณ เวลา และคุณภาพงาน และหากไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ จะต้องทำการปรับปรุงหรือปรับแก้แผนงานโดยทันที โดยที่ผลสำเร็จของงานบำรุงรักษาจะต้องบรรลุตามเป้าหมายสามประการ คือ เสร็จตามเวลา ภายในวงเงินงบประมาณที่ตั้งไว้ และมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖) ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลการปฏิบัติโครงการ โดยเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนวางแผนทั้งด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพ จะถูกนำไปใช้เป็นฐานสำหรับเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการปฏิบัติจริงระหว่างการดำเนินการโครงการ

### ๓.๕ ด้านเศรษฐศาสตร์และสังคม

ในการวางแผนงานการบำรุงรักษาใดๆ จะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ต่อการลงทุนและการลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ เพื่อแก้ไขปัญหาที่ท่วมท้นให้กับประชาชน โดยแบ่งออกเป็น ๒ ประเภท คือ

๓.๕.๑ ผลประโยชน์ทางตรง ได้แก่ การลดความเสียหาย และความเดือดร้อนจากปัญหาน้ำท่วม

๓.๕.๒ ผลประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน

## ๔. สรุปสาระสำคัญของเรื่องและขั้นตอนการดำเนินการ

### ๔.๑ สาระสำคัญของโครงการ

ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครอันเนื่องจากฝนตกในพื้นที่เป็นปัญหาใหญ่ และก่อให้เกิดปัญหาด้านอื่น ๆ ตามมา เช่น ด้านการจราจร ด้านความปลอดภัย ซึ่งปัญหาน้ำรอการระบายในหลายพื้นที่เกิดบ่อยครั้งแม้ปริมาณฝนไม่มากจนกลายเป็นจุดเสี่ยงที่ต้องมีการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เพื่อบรรเทาปัญหาด้านต่าง ๆ จำเป็นต้องเร่งการแก้ไขปัญหาลดผลกระทบให้รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์

ซึ่งศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ควบคุมสถานีแม่ข่ายและสถานีเครือข่ายทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรวจสอบข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องทำการตรวจสอบ ดูแล บำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง

โดยปริมาณงานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครที่ต้องดำเนินการ (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

### ๔.๒ ขั้นตอนการดำเนินการ

ในการวางแผนงานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ได้ดำเนินการตามหลักการวางแผนโครงการภายใต้ขอบเขตและระเบียบขั้นตอนของกรุงเทพมหานคร ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ของจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

๔.๒.๑ วางแผนเพื่อสำรวจจุดที่จะทำการปรับปรุงเครื่องวัดต่างๆ โดยคำนึงถึงสภาพพื้นที่ของจุดติดตั้งของเครื่องมือวัดเพื่อไม่ให้เกิดการกีดขวางการทำงานของงานอื่นๆ เป็นจุดติดตั้งที่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงตลอดทั้งวัน เนื่องจากเครื่องมือวัดบางระบบต้องใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

๔.๒.๒ วางแผนการติดต่อประสานงานจากสภาพทางกายภาพโดยรวมของพื้นที่ดังกล่าวว่า หากมีการดำเนินโครงการแล้วจะต้องทำการประสานหน่วยงานสาธารณูปโภคใดบ้างที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทางหลวง สำนักงานโยธา หรือหน่วยงานภายในสำนักงานการระบายน้ำ เป็นต้น

๔.๒.๓ วางแผนการพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลระบบตรวจวัดและการมอนิเตอร์ ตรวจสอบระบบการแสดงผลของระบบตรวจวัดต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

### ๔.๒.๔ วางแผนงบประมาณ (Budget planning)

๑) วางแผนในการดำเนินการจัดทำโครงการประมาณราคาค่าบำรุงรักษาโดยจะต้องแสดงถึงรายละเอียดปริมาณงานในโครงการและสืบทอดราคาวัสดุ และค่าแรงจากราคาตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ให้ถูกต้องตามประเภทของงาน โดยรายละเอียดปรากฏตามเอกสารใบประมาณราคา (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค)

๒) วางแผนในการดำเนินการจัดเตรียมเอกสารเพื่อการขออนุมัติประกาศขายแบบยื่นซองประกวดราคา โดยจัดเตรียมแบบรายการข้อกำหนดเฉพาะงาน สำหรับภาคเอกชนที่ต้องการซื้อแบบเพื่อขอยื่นซองประกวดราคา

๓) วางแผนในการจัดทำหนังสือประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ขอรับการประเมินได้ทำการตรวจสอบว่างานบำรุงรักษามีส่วนใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานภายนอก และต้องทำหนังสือประสานงานเพื่อขออนุญาตขอเข้าพื้นที่เพื่อให้ผู้รับจ้างดำเนินการงานบำรุงรักษา ประกอบด้วยหน่วยงานภายในกรุงเทพมหานคร เช่น สำนักงานโยธา และหน่วยงานภายในสำนักงานการระบายน้ำ เช่น กองระบบอาคารบังคับน้ำ กองระบบท่อระบายน้ำ เป็นต้น

๔.๒.๕ วางแผนในการติดตามผลการดำเนินงานตามแผนงานที่ได้วางไว้ เพื่อประโยชน์ในการติดตาม ตรวจสอบผลการดำเนินงาน และปรับแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

๕. ผู้ร่วม...

## ๕. ผู้ร่วมดำเนินการ

๑. นายณัฐพล สีวโธสง

สัดส่วนของผลงาน ร้อยละ ๑๐

๒. นายพิเชษฐ เทศนาติธรรม

สัดส่วนของผลงาน ร้อยละ ๑๐

## ๖. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ (ระบุรายละเอียดของผลงานพร้อมทั้งสัดส่วนของผลงาน)

รับผิดชอบในฐานะวิศวกรไฟฟ้าปฏิบัติการ มีหน้าที่ในการวางแผนงานและแผนกำหนดระยะเวลา งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ตามหลักการวางแผนงานและแผนกำหนด ระยะเวลางานบำรุงรักษา (Maintenance planning and scheduling) และดำเนินการภายใต้ขอบเขตและ ระเบียบขั้นตอนของกรุงเทพมหานคร ทำการประมาณราคางานบำรุงรักษาฯ และจัดทำเอกสารจนสามารถนำ โครงการไปของบประมาณ ประกวดราคาและดำเนินการงานบำรุงรักษาฯ ได้ คิดเป็นสัดส่วนของผลงาน ร้อยละ ๘๐ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

### ๖.๑ ขั้นตอนวางแผนงานบำรุงรักษา (Maintenance planning)

ผู้ขอรับการประเมินได้วางแผนกำหนดงานที่ต้องทำ วิธีการบำรุงรักษาเครื่องวัดระดับน้ำ (water level) เครื่องวัดปริมาณฝน (rain gauge) เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (flow meter) และเครื่องวัด น้ำท่วมถนน (flood meter) โดยเริ่มตั้งแต่การออกสำรวจสถานที่ที่ติดตั้งเครื่องวัดต่างๆ ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องวัดโดยทั่วไป เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการวางแผน กำหนดงานที่จะต้องทำ และกำหนดปริมาณงานให้มีความเหมาะสมกับด้านต่างๆ จัดทำรายชื่อกำหนด เฉพาะงาน โดยระบุถึงวิธีการบำรุงรักษาและรายละเอียดอื่นๆ ทั้งที่กำหนดไว้ในรายการข้อกำหนดและที่ไม่ สามารถระบุรายละเอียดลงในรายการข้อกำหนด (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง)

### ๖.๒ วางแผนกำหนดเวลางานบำรุงรักษา (Maintenance scheduling)

ทำการกำหนดระยะเวลาดำเนินการโครงการให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับแผนงาน วิธีการบำรุงรักษา โดยคำนึงถึงปัญหาอุปสรรคและเทคนิคต่างๆ ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ จากการกำหนด ระยะเวลาดำเนินการในแต่ละกิจกรรม พบว่างานการสื่อสารรับ - ส่ง ข้อมูลในการเชื่อมโยงข้อมูลระบบต่าง ๆ เป็นงานที่มีความสำคัญและเร่งด่วนที่สุด ซึ่งได้กำหนดให้เป็นงานหลัก

เมื่อประมาณระยะเวลาการดำเนินการของแต่ละกิจกรรมแล้วเสร็จ ผู้ขอรับการประเมิน ได้เลือกใช้แผนงานระบบตารางเวลา Bar Chart มาวางแผนกำหนดเวลางานบำรุงรักษาของโครงการนี้ เพราะ ความไม่ซับซ้อนของรูปแบบสามารถจัดทำได้สะดวก ง่ายต่อการอ่านและทำความเข้าใจ สามารถปรับแก้ได้ง่าย และมีความยืดหยุ่นสูง การวางแผนงานระบบตารางเวลาทำได้โดยการกำหนดงานที่จะต้องทำของทั้งโครงการ แทนด้วยแท่งหรือแถบในแนวนอน (Bar) ความสั้น-ยาวของแท่งหรือแถบนี้นี้จะบ่งบอกถึงระยะเวลาของงานที่ จะต้องดำเนินการ ความละเอียดของแผนงานระบบตารางเวลาขึ้นอยู่กับ การแบ่งส่วนงานว่าต้องการ รายละเอียดมากน้อยเพียงใด ข้อดีของการวางแผนงานรูปแบบนี้ คือแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการดำเนินงานของ ทั้งโครงการที่สามารถเข้าใจได้โดยง่าย การปรับแผนหรือแก้ไขแผนทำได้ง่ายการนำไปใช้ติดตามความก้าวหน้า ของโครงการทำได้สะดวก เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบแผนที่วางไว้กับการทำงานจริงได้อย่างชัดเจน

### ๖.๓ ประมาณราคากำบำรุงรักษาและวางแผนด้านงบประมาณ (Budget planning)

ผู้ขอรับการประเมินได้ทำการวางแผนงานบำรุงรักษา รายละเอียดปริมาณงาน กำหนด ขั้นตอนวิธีการและระยะเวลาดำเนินการบำรุงรักษาแล้วเสร็จ จึงได้ดำเนินการโดยการประมาณราคาค่า บำรุงรักษาตามหลักวิชาช่างและหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานบำรุงรักษาของทางราชการ สำนักพัฒนา มาตรฐานระบบพัสดุภาครัฐ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง โดยอ้างอิงราคาค่าวัสดุตามประกาศสำนักดัชนี เศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนที่ทำการคิดราคา และสืบค้นข้อมูลด้านราคาวัสดุและอุปกรณ์

บางชนิดที่...

บางชนิดที่ไม่มีปรากฏในประกาศสำนักคดีขึ้นเศรษฐกิจการค้ากระทรวงพาณิชย์ เพื่อพิจารณาว่าโครงการต้องใช้งบประมาณหรือต้นทุนในการดำเนินการทั้งหมดเท่าใด แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนการจัดทำข้อเสนอโครงการเพื่อให้ผู้บังคับบัญชาตามลำดับตรวจสอบและพิจารณาอนุมัติโครงการ

## ๗. ผลสำเร็จของงาน

จากการดำเนินการวางแผนงาน งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร สามารถสรุปผลสำเร็จของงานได้ดังนี้

๗.๑ สามารถได้ข้อมูลระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำในคลองสายหลัก ติดตั้งตามแนวคลองสายหลักในการระบายน้ำ จำนวน ๒๕๕ แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยค่าจะถูกส่งมาแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

๗.๒ สามารถได้ข้อมูลระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำท่วมบนถนน และอุโมงค์ทางลอด ติดตั้งตามถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วมและในอุโมงค์ทางลอด จำนวน ๑๐๘ แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยค่าจะถูกส่งมาแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

๗.๓ สามารถได้ข้อมูลระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำฝน ติดตั้งที่สำนักงานเขตและถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วม จำนวน ๑๓๐ แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยค่าจะถูกส่งมาแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

๗.๔ สามารถได้ข้อมูลระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และคลองสายหลัก จำนวน ๓๐ แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยค่าจะถูกส่งมาแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

๗.๕ สามารถนำโครงการไปของงบประมาณและดำเนินการประกวดราคาได้ตามกำหนด

๗.๖ สามารถกำหนดระยะเวลางานบำรุงรักษาได้

## ๘. การนำไปใช้ประโยชน์

เมื่อการดำเนินงานโครงการตามที่ได้วางแผนไว้เสร็จสิ้นและได้รับผลสำเร็จของงานแล้ว ผลสำเร็จดังกล่าว จะยังมาซึ่งประโยชน์หรือประสิทธิผลของโครงการตามวัตถุประสงค์ เป้าหมายของโครงการที่ตั้งไว้ ได้แก่

๘.๑ กรุงเทพมหานคร มีระบบเฝ้าระวังและตรวจวัดข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อสนับสนุนการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วมให้เกิดประสิทธิภาพ

๘.๒ กรุงเทพมหานครมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำ และสนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา น้ำท่วม

๘.๓ กรุงเทพมหานคร สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อประโยชน์สูงสุดของกรุงเทพมหานคร ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วม

๘.๔ ประชาชนสามารถติดตามสถานการณ์น้ำแบบทันทีได้จากเว็บไซต์สำนักการระบายน้ำ <https://dds.bangkok.go.th>

๘.๕ จังหวัดในพื้นที่ปริมนทลสามารถนำข้อมูลระบบตรวจวัดอัตโนมัติไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ของตนเองได้

## ๙. ความยุ่งยาก ปัญหา อุปสรรคในการดำเนินการ

๙.๑ ระบบสถานีแม่ข่ายหลักที่อยู่ กองสารสนเทศระบายน้ำ ชั้น ๖ มีความสำคัญสูงในด้านข้อมูล ซึ่งปัจจุบันระบบ Firewall ที่ใช้งานอยู่มีเพียง ๑ ตัว และมีการสำรองข้อมูลที่อาคารปฏิบัติการแก้ไขปัญหา น้ำท่วม ๓๖๖ ซึ่งถ้าอุปกรณ์เกิดการขัดข้องจะต้องใช้เวลานานในการแก้ไข และการกู้คืนการสูญหายของข้อมูล

๙.๒ ระบบเฝ้าระวัง...

๙.๒ ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบระดับน้ำ ปริมาณฝน การทำงานของสถานีสูบน้ำ ประสิทธิภาพ การทำงานของเครื่องสูบน้ำ (SCADA) ซึ่งเป็นการรับ-ส่งข้อมูลด้วยสายสื่อสารเคเบิลใยแก้วนำแสง (Fiber optic) มักจะมีปัญหาการสื่อสารถูกตัดขาดเนื่องจากการไฟฟ้ายกเลิกการพาดสายบนเสาไฟฟ้า อุบัติเหตุจากรถชนเสาไฟฟ้า การปฏิบัติงานของหน่วยงานสาธารณสุขโรค และการขโมยตัดสายสื่อสารจึงทำให้เกิดปัญหาการรับ-ส่งข้อมูลขัดข้อง

๙.๓ ภายในบริเวณประตูระบายน้ำหลัก สถานีสูบน้ำ และคลองสายหลักที่ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำมีวัชพืชหรือขยะลอยมาติดค้างทำให้เครื่องวัดระดับน้ำ อ่านค่าผิดพลาดไม่ตรงกับระดับน้ำที่ถูกต้อง เนื่องจากเครื่องวัดระดับน้ำยังคลื่อนสัญญาณไปกระทบกับขยะหรือวัชพืชในบริเวณดังกล่าว

#### ๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ ระบบสถานีแม่ข่ายควรติดตั้งอุปกรณ์ Firewall เพิ่มเพื่อทำระบบ High Availability โดยในกรณีการทำงานของ Firewall หลักไม่สามารถใช้งานได้ Firewall สำรองจะประมวลผลปริมาณการรับส่งข้อมูลแทนโดยอัตโนมัติ และจะทำให้ระบบแม่ข่ายสามารถใช้งานได้ปกติ

๑๐.๒ ควรปรับปรุงการรับ-ส่งข้อมูลที่เป็นระบบสายสื่อสารเคเบิลใยแก้วนำแสง (Fiber optic) เป็นระบบการรับ-ส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย

๑๐.๓ การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำแบบ Radar นั้น จุดที่ติดตั้งเครื่องวัดควรเป็นสถานที่ที่ปราศจากขยะ วัชพืช หรือสิ่งขยะหรือวัชพืชอาจส่งผลให้เครื่องวัดระดับน้ำอ่านค่าได้ผิดพลาดได้

๑๐.๔ ควรจะติดตั้งตะแกรงดักขยะบริเวณหน้าเครื่องวัด เพื่อให้เครื่องวัดระดับน้ำอ่านค่าระดับน้ำได้ถูกต้อง

๑๐.๕ ในปัจจุบันจำนวนสถานีดังกล่าวไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้บริหารจัดการน้ำ เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และสถานการณ์ฝนที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงความคาดหวังและความต้องการทราบสถานการณ์น้ำของประชาชนในพื้นที่ที่มีมากขึ้น จึงควรมีการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือวัดและระบบการตรวจวัดต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....

ผู้ขอรับการประเมิน

...../...../.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินการ ของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....

ลงชื่อ .....

ผู้ร่วมดำเนินการ

...../...../.....

ผู้ร่วมดำเนินการ

...../...../.....

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....

ลงชื่อ .....

...../...../.....

...../...../.....

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

**ข้อเสนอ แนวคิด วิธีการเพื่อพัฒนางานหรือปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น  
ของ นายธนาศักดิ์ ธนะจินดา**

**เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้าชำนาญการ (ด้านอำนวยการใช้และบำรุงรักษา)**  
(ตำแหน่งเลขที่ กสน. ๒๖) สังกัด กลุ่มงานระบบโทรมาตร กองสารสนเทศระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ

**เรื่อง** โครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

**หลักการและเหตุผล**

สำนักการระบายน้ำ เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักในการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วม ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ในแต่ละปีกรุงเทพมหานครเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากปัญหาน้ำท่วม โดยมูลค่าความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วมกรุงเทพมหานครมีมูลค่าสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก สาเหตุที่เกิดปัญหาน้ำทมนั้นเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติอันเนื่องมาจากผลของ Global Warming และ El nino Effect ทำให้เกิดฝนตกมากกว่าและรุนแรงกว่าปกติ เกิดจากสภาพพื้นที่ของกรุงเทพมหานครบางจุดมีลักษณะต่ำเป็นแอ่งกระทะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้งานของที่ดินและประเภทการใช้งานทำให้ทิศทางไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไป

ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครอันเนื่องจากฝนตกในพื้นที่เป็นปัญหาใหญ่ และก่อให้เกิดปัญหาด้านอื่น ๆ ตามมา เช่น ด้านการจราจร ด้านความปลอดภัย ซึ่งปัญหาน้ำรอการระบายในหลายพื้นที่เกิดบ่อยครั้ง แม้ปริมาณฝนไม่มากจนกลายเป็นจุดเสี่ยงที่ต้องมีการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เพื่อบรรเทาปัญหาด้านต่าง ๆ จำเป็นต้องเร่งการแก้ไขปัญหาคืบคลานให้รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์

ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เมื่อแรกก่อตั้งในปี พ.ศ.๒๕๓๐ มีสถานีเครือข่ายตรวจวัดข้อมูลจำนวน ๒๕ แห่ง และได้มีการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฯ เรื่อยมา ตามสถานการณ์ปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายให้มากที่สุด เพื่อประโยชน์ในการใช้ข้อมูลในการบริหารจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วม ในปัจจุบันสถานีเครือข่ายตรวจวัดข้อมูล ประกอบด้วย

๑. ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำในคลองสายหลัก ติดตั้งตามแนวคลองสายหลัก ในการระบายน้ำ จำนวน ๒๕๕ แห่ง

๒. ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามระดับน้ำท่วมบนถนน และอุโมงค์ทางลอด ติดตั้งตามถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วมและในอุโมงค์ทางลอด จำนวน ๑๐๘ แห่ง

๓. ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำฝน ติดตั้งที่สำนักงานเขตและถนนที่เป็นจุดเสี่ยงน้ำท่วม จำนวน ๑๓๐ แห่ง

๔. ระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบ ติดตามปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และคลองสายหลัก จำนวน ๓๐ แห่ง

ในปัจจุบันจำนวนสถานียังกล่าวไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้บริหารจัดการน้ำ เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และสถานการณ์ฝนที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงความคาดหวังและความต้องการทราบสถานการณ์น้ำของประชาชนในพื้นที่ที่มีมากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าว ผู้ขอรับการประเมินจึงได้เสนอแนวคิดในการจัดโครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์...

### วัตถุประสงค์และหรือเป้าหมาย

๑. เพื่อขยายขีดความสามารถของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ให้ครอบคลุมสถานีสูบน้ำ ประตูระบายน้ำ และบ่อสูบน้ำหลักที่สำคัญในการควบคุมน้ำ
๒. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี ในการสนับสนุนการปฏิบัติการระบบการควบคุมและบริหารสั่งการของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร
๓. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำท่วมของสำนักการระบายน้ำ
๔. เพื่อใช้เป็นระบบที่ทดแทนบุคลากรในการควบคุมเครื่องสูบน้ำ

### กรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ข้อเสนอ

ในการจัดโครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร นั้น มีกรอบการวิเคราะห์ แนวคิด ดังนี้

กรุงเทพมหานครในอดีตมีห้วย หนอง คลอง บึง และที่ว่างเป็นจำนวนมาก ประชาชนใช้น้ำเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันและเพื่อประกอบอาชีพ ไม่มีปัญหาน้ำท่วมมากนัก ทั้งความเดือดร้อนเสียหายทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากสภาวะน้ำท่วมยังไม่รุนแรง ต่อมาความเจริญของกรุงเทพมหานครได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่การวางผังเมืองการใช้ที่ดินและการสาธารณูปโภครวมทั้งมาตรการในการระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วมที่วางไว้จะรับได้ ผสมกับปัญหาแผ่นดินทรุดอีกประการหนึ่ง จึงก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมทวีความรุนแรงขึ้น

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร มีภารกิจหลักในการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมทั้งในพื้นที่กรุงเทพมหานครเอง รวมทั้งพื้นที่จังหวัดใกล้เคียงหากได้รับการประสานงานเข้ามา ซึ่งการที่จะรับน้ำผ่านเข้ามาในคลอง หรือการจะระบายน้ำภายในคลอง จำเป็นจะต้องทราบถึงความจุลำนํ้าของคลอง เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อประชาชน ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่กรุงเทพมหานครได้

สำนักการระบายน้ำมีการปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกับระบบตรวจวัดข้อมูลด้านต่าง ๆ ของสถานีเครือข่ายศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร พบว่าระบบแสดงสถานะการทำงานของสถานีสูบน้ำและประตูระบายน้ำในปัจจุบันมีเพียง ๗๕ แห่ง จึงเห็นควรเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครให้ครอบคลุมสถานีสูบน้ำ ประตูระบายน้ำและบ่อสูบน้ำที่เป็นจุดสำคัญ และเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบควบคุมระบบของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เพื่อให้สามารถทราบสถานการณ์การทำงานรวมถึงรองรับการควบคุมการทำงานของสถานีสูบน้ำและประตูระบายน้ำได้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล พร้อมกับการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวัดข้อมูลของสถานีเครือข่ายเดิม โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลเพิ่มเติม พัฒนาเครื่องมือตรวจวัดให้ทันกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ และจัดทำระบบตรวจและควบคุมเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติพื้นที่จุดเสี่ยงน้ำท่วม โดยติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นในการตรวจสอบสถานะเครื่องสูบน้ำ ระบบควบคุมการเปิดเดินเครื่องสูบน้ำระยะไกล และระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิดในการตรวจสอบสภาพความพร้อมของระบบต่าง ๆ ที่สถานีสูบน้ำ ประตูระบายน้ำ และบ่อสูบน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ในการบริหารจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครได้รวดเร็วมีประสิทธิภาพ ตามนโยบายผู้บริหารกรุงเทพมหานคร และบรรเทาปัญหาความเดือดร้อนของประชาชน ผู้ขอรับการประเมินจึงมีแนวคิดที่จะจัดทำดังต่อไปนี้

- เพิ่มประสิทธิภาพ...

- เพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร
- สำรวจจุดที่จะติดตั้งสถานีเครือข่ายระบบ SCADA สถานีสูบน้ำ บ่อสูบน้ำ และประตูระบายน้ำหลัก
- สำรวจจุดที่จะติดตั้งระบบตรวจวัดน้ำท่วมถนน

ผู้ขอรับการประเมิน ขอเสนอแนวทางในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครดังต่อไปนี้

๑. จัดทำขอบเขตของโครงการเพิ่มประสิทธิภาพศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อขยายสถานีเครือข่ายระบบ SCADA ประตูระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำ ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและพื้นที่จังหวัดข้างเคียง

๒. จัดทำข้อมูล สถานีสูบน้ำ บ่อสูบน้ำ ประตูระบายน้ำหลัก และจุดเสี่ยงน้ำท่วม เพื่อจัดทำระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานระยะไกล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำของสำนักการระบายน้ำ หรือเป็นข้อมูลให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่สนใจ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. กรุงเทพมหานคร มีเทคโนโลยีเพื่อใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบ และควบคุมการทำงานของระบบป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วมครอบคลุมพื้นที่ กรุงเทพมหานคร ซึ่งจะทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น แก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ

๒. กรุงเทพมหานคร มีข้อมูลและระบบในการควบคุมตรวจสอบการทำงานของสถานีสูบน้ำ ประตูระบายน้ำ และมีข้อมูลสถานการณ์น้ำที่ครบถ้วนสมบูรณ์ครอบคลุมพื้นที่ กรุงเทพมหานครมากขึ้น เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำ แก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยงต่าง ๆ ได้ทันทีตลอดเวลา จะทำให้การแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วทันต่อสถานการณ์

๓. กรุงเทพมหานครสามารถบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนและลดความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมได้

### ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ

๑. ระบบการจัดการข้อมูลศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
๒. สถานีสูบน้ำ บ่อสูบน้ำ และประตูระบายน้ำหลัก ที่ได้รับการติดตั้งระบบสามารถควบคุมตรวจสอบการทำงานได้
๓. สามารถนำข้อมูลจากระบบโทรมาตรไปทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการบริหารจัดการน้ำได้

### ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ

๑. สถานีสูบน้ำ บ่อสูบน้ำ และประตูระบายน้ำหลัก ได้รับการติดตั้งระบบควบคุมตรวจสอบการทำงานในปีงบประมาณ ๒๕๖๗ จำนวน ๓๒ แห่ง ในวงเงิน ๒๓,๑๐๐,๐๐๐ บาท
๒. สามารถติดตั้งระบบตรวจวัดน้ำท่วมถนนในปีงบประมาณ ๒๕๖๘ จำนวน ๑๐๐ แห่ง ในวงเงิน ๗,๐๐๐,๐๐๐ บาท

ลงชื่อ.....

ผู้ขอรับการประเมิน

...../...../.....

ภาคผนวก ก

ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์

## ระบบการสื่อสาร

### ๑. ระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสารข้อมูลประกอบด้วยหลายองค์ประกอบในการส่งหรือรับข้อมูลข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สามารถแบ่งองค์ประกอบต่างๆ ได้เป็นดังนี้ (Haykin, ๑๙๘๙)

๑. แหล่งข้อมูล หรือแหล่งกำเนิดสัญญาณข่าวสาร (Source) เช่น เสียงพูด เสียงเพลง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

๒. สัญลักษณ์ (Symbols) การแสดงข้อมูลเหล่านี้จากแหล่งข้อมูลในรูปสัญลักษณ์ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสัญลักษณ์สัญญาณทางไฟฟ้า ทางเสียง หรือทางการมองเห็น

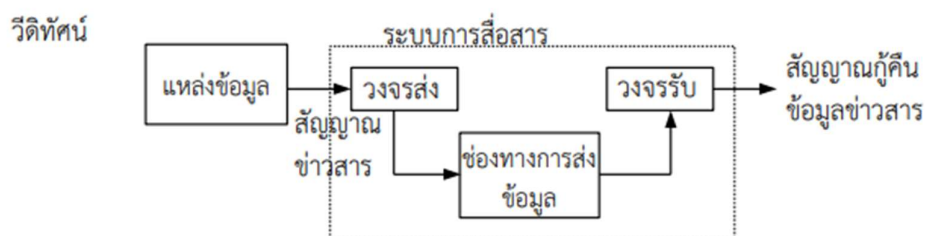
๓. การเข้ารหัส (Encoding) การแปลงหรือการเข้ารหัสสัญญาณสัญลักษณ์ ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมในการส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ต้องการใช้ในการสื่อสาร

๔. การส่งผ่านข้อมูล (Transmission) ที่ถูกเข้ารหัสสัญญาณแล้วไปยังจุดหมายที่ต้องการ

๕. การถอดรหัสสัญญาณกลับ (Decoding) แปลงกลับมาจากถูกส่งผ่านตัวกลางมาแล้ว

๖. การสร้างสัญญาณเก่ากลับขึ้นมาใหม่ (Re-creation) หลังจากที่ได้รับสัญญาณที่ถูกส่งมาถูกลดทอน มีการสูญเสียคุณภาพเนื่องจากในระบบสื่อสารมีความไม่สมบูรณ์

องค์ประกอบหลักใหญ่ของระบบสื่อสารที่กล่าวไปข้างต้นซึ่งในทุกๆระบบสื่อสารต้องมี คือภาคส่งสัญญาณ มัลติเพลกซ์ (transmitter) ช่องทางการส่งข้อมูล (channel) และภาครับสัญญาณ (receiver) ดังแสดงในภาพที่ ๑.๑ ภาครับและภาคส่งสัญญาณนั้นอยู่ต่างตำแหน่งกัน โดยมีตัวกลาง (transmission medium) เป็นตัวเชื่อมหรือเป็นช่องทางในการส่งข้อมูล ช่องทางการส่งข้อมูลหรือช่องทางการสื่อสารนั้นอาจจะไม่เป็นตัวกลางที่สมบูรณ์ สัญญาณที่ถูกส่งผ่านช่องทางนั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงในรูปลักษณะคลื่น มีการลดทอนขนาด หรือมีสัญญาณที่ไม่ต้องการ เช่น สัญญาณรบกวนปะปนเพิ่มเข้ามาระหว่างการส่งผ่าน ซึ่งอาจมีผลทำให้ตัวรับไม่สามารถสร้างสัญญาณที่ถูกต้องกลับคืนมาได้



ภาพที่ ๑.๑ องค์ประกอบของระบบการสื่อสาร (Haykin, ๑๙๘๙)

ระบบการสื่อสารมีรูปแบบในการสื่อสารข้อมูลโดยทั่วไปสองลักษณะหลักคือ การแพร่สัญญาณ (broadcasting) และการสื่อสารแบบจุดต่อจุด (point-to-point communication) (Stallings, ๒๐๐๔) การสื่อสารข้อมูลแบบการแพร่สัญญาณ จะใช้ตัวส่งที่มีกำลังส่งสูงเพื่อกระจายสัญญาณไปยังตัวรับหลายตัว โดยทั่วไปตัวรับสัญญาณจะมีราคาไม่แพงนัก การสื่อสารลักษณะนี้มักจะเป็นการสื่อสารในทิศทางเดียว เช่น การแพร่เสียงวิทยุ หรือโทรทัศน์ สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด จำเป็นจะต้องมีทั้งอุปกรณ์ตัวรับ และตัวส่งอยู่ทั้งสองด้านของการสื่อสาร ซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ทั้งสองทิศทาง เช่น การสื่อสารทางโทรศัพท์ และไมโครเวฟลิงก์ เป็นต้น

ในระบบสื่อสาร...

ในระบบสื่อสารข้อมูลนั้นมีข้อจำกัดหลักที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบการสื่อสารอยู่สองประการ นั่นคือ ข้อจำกัดทางด้านกำลังส่ง และข้อจำกัดด้านแบนด์วิธของช่องทางการส่งข้อมูล (Prokis, ๑๙๙๕) ดังนั้นในระบบสื่อสารการจัดสรรการใช้กำลังส่งให้มีการใช้พลังงานที่ต่ำ และการแบนด์วิธให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจึงมีความสำคัญมาก ตัวอย่างของข้อจำกัดด้านกำลังส่งเช่น การส่งสัญญาณที่ใช้กำลังส่งสูง จำเป็นต้องใช้พลังงานสูงตามไปด้วย หากนำมาใช้กับอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลคือขนาดของแบตเตอรี่จะต้องมีขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่เหมาะกับรูปแบบของอุปกรณ์พกพา หรือการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่พลังงานที่ดาวเทียมใช้ในการส่งสัญญาณกลับมายังภาคพื้นดินใช้พลังงานมาจากการเก็บสะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ไว้ในหน่วยสำรองพลังงานหรือแบตเตอรี่ และนำมาใช้ในช่วงเวลาที่ถูกเงาของโลกบดบังแสง การใช้พลังงานในการสื่อสารจึงจำกัดจากหน่วยสำรองพลังงาน ส่วนตัวอย่างช่องทางการส่งข้อมูลที่มีข้อจำกัดทางแบนด์วิธ เช่นการสื่อสารทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีจำนวนผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก แต่แบนด์วิธที่ผู้ให้บริการได้รับมาจากคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) นั้นมีจำนวนจำกัด ไม่สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการทั้งหมดด้วยแบนด์วิธที่มีอยู่บนสถานีกระจายสัญญาณเพียงสถานีเดียว จึงจำเป็นต้องทำการแบ่งเขตการกระจายสัญญาณของแต่ละสถานีออกเป็นเซลล์จึงเป็นที่มาของการเรียกระบบการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ว่าระบบการสื่อสารเซลล์ ถ้าในแต่ละเซลล์จะมีการใช้ช่องความถี่ที่ไม่ซ้ำกันกับเซลล์ข้างเคียง โดยเซลล์ที่อยู่ห่างออกไปจะมีการนำความถี่เดิมมาใช้ซ้ำ โดยจะมีผลกระทบด้านการรบกวนกันน้อยเนื่องจากระยะห่างระหว่างเซลล์อยู่ไกลกัน

#### ๑.๑ แหล่งข้อมูล หรือแหล่งกำเนิดข่าวสาร (Source of Information)

ข้อมูลหรือสัญญาณที่มีความต้องการส่งผ่านหรือทำการสื่อสารจากที่หนึ่งไปยังที่ต่างๆ มีหลากหลายชนิด เช่นเสียงพูด เสียงดนตรี ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ข้อความ หรือข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ข้อมูลแต่ละชนิดนั้นไม่ว่าจะอยู่ในรูปใด ทั้งสัญญาณแอนะล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ตาม มีความต้องการใช้แบนด์วิธในช่องทางการสื่อสารแตกต่างกัน และคุณภาพการสร้างสัญญาณกลับคืนมาหลังจากถูกส่งผ่านในการรับรู้ของมนุษย์ เช่น คุณภาพภาพ หรือเสียงที่ได้รับปลายทาง ที่มีระดับการยอมรับคุณภาพที่ต่างกัน การส่งผ่านสัญญาณข่าวสารจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงประเภทของข้อมูล เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Baron, ๑๙๙๖)

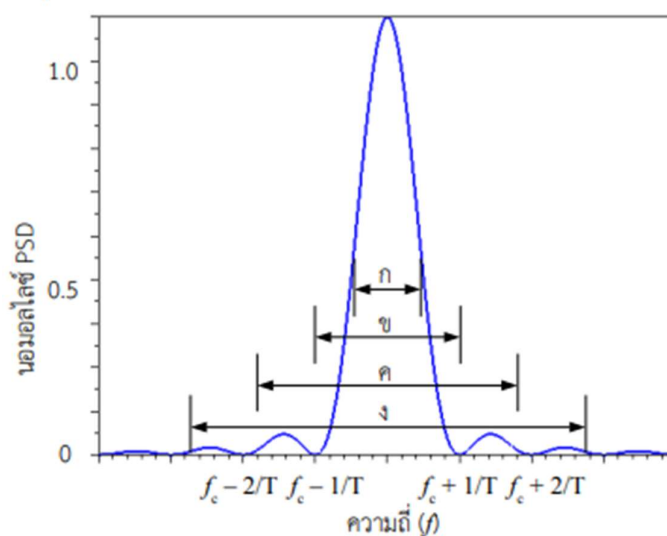
ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านในระบบสื่อสารส่วนใหญ่มีอยู่ ๕ ประเภท ดังนี้คือ เสียงพูด เสียงดนตรี ภาพ (ทั้งภาพนิ่ง และเคลื่อนไหว) ข้อความหรือตัวอักษร และข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ลักษณะสัญญาณของข้อมูลทั้งห้าอาจมีความแตกต่างกันบ้าง เช่น ข้อมูลเสียงพูดหรือเสียงดนตรีจะมีเพียงมิติเดียว ส่วนข้อมูลภาพจะมีสองมิติ เป็นต้น

#### ๑.๒ แบนด์วิธ (Bandwidth)

ช่องทางที่ถูกจำกัดแถบความถี่ (Band-limited channel) หมายความว่ากำลังงานของสัญญาณจะถูกส่งผ่านในแถบความถี่ที่จำกัดนั้นๆ เท่านั้น นอกเหนือจากแถบความถี่ที่กำหนดจะไม่มีกำลังงานถูกส่งผ่านไป ซึ่งหมายถึงแบนด์วิธของช่องทางการสื่อสารนั่นเอง แต่ในการส่งสัญญาณข่าวสารในทางปฏิบัติ สัญญาณข่าวสารอาจไม่มีค่าอยู่เพียงในแถบความถี่ที่จำกัดของช่องทางการสื่อสารเท่านั้น กำลังงานอาจมีอยู่นอกแถบความถี่ของช่องทางการสื่อสารด้วย ดังนั้นการนิยามความหมายของแบนด์วิธจึงสามารถนิยามได้แตกต่างกันตามการนำไปประยุกต์ใช้งาน (Bhattacharya, ๒๐๐๖) ตัวอย่างเช่น หากส่งสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมซึ่งมีค่าขนาดกำลังสเปกตรัม (Power spectrum) ในโดเมนความถี่ดังแสดงในภาพที่ ๑.๒ ซึ่งมีค่ากำลังงานลดลงจากค่าสูงสุดจนเหลือกำลังงานเท่ากับศูนย์เมื่อเข้าสู่ความถี่อนันต์ การนิยามความหมายของแบนด์วิธสามารถนิยามได้หลายนิยามดังนี้

- แบนด์วิธที่...

- แบนด์วิดท์ที่กำลังลดลงครึ่งหนึ่ง (Half-power Bandwidth) คือแบนด์วิดท์ที่อยู่ในช่วงความถี่ที่สเปกตรัมของสัญญาณมีค่าลดลงจากค่าสูงสุดเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับลดลง ๓ dB
- แบนด์วิดท์เทียบเคียงสัญญาณรบกวน (Noise-equivalent Bandwidth)
- แบนด์วิดท์ที่อยู่ในช่วงสเปกตรัมมีค่าศูนย์ (Null-to-null Bandwidth) คือแบนด์วิดท์ที่อยู่ในช่วงสเปกตรัมที่ลดลงจากค่าสูงสุดกระทั่งมีค่าเท่ากับศูนย์ลำดับแรกทั้งสองด้าน ซึ่งกำลังงานของสัญญาณส่วนใหญ่จะอยู่ในขอบเขตดังกล่าว โดยการนิยามค่าแบนด์วิดท์ลักษณะนี้เป็นที่นิยมในการสื่อสารดิจิทัล
- แบนด์วิดท์ที่มีการส่งผ่านกำลังส่วนใหญ่ (Fractional Power Containment Bandwidth) แบนด์วิดท์ตามนิยามนี้จะส่งผ่านกำลังส่วนใหญ่ถึง ๙๙ เปอร์เซ็นต์ โดยยอมให้มีกำลังงานสูญเสียออกแบนด์วิดท์เพียง ๑ เปอร์เซ็นต์ นิยามแบนด์วิดท์นี้ได้รับการยอมรับจากคณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร (Federal Communications Commission, FCC) ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา มีหน้าที่ควบคุมในเรื่องการสื่อสาร โดยเฉพาะการควบคุมสัญญาณความถี่ของคลื่นวิทยุ
- แบนด์วิดท์ที่มีค่าสเปกตรัมกำลังนอกแบนด์ต่ำกว่าระดับที่กำหนด (Bounded power Spectral Density) แบนด์วิดท์ตามนิยามนี้จะกำหนดระดับค่าสเปกตรัมกำลังที่ยอมรับนอกแบนด์วิดท์ในช่วง ๓๕ ถึง ๕๐ dB เทียบกับค่าสเปกตรัมกำลังสูงสุดของสัญญาณ
- แบนด์วิดท์สุทธิ (Absolute Bandwidth) คือแบนด์วิดท์ที่มีค่าสเปกตรัมกำลังของสัญญาณทั้งหมด หมายถึงจะไม่มีค่าสเปกตรัมกำลังของสัญญาณใดๆ นอกเหนือจากแบนด์ที่กำหนด ในกรณีนี้เป็นแบนด์วิดท์ที่ใช้ในทางทฤษฎี เนื่องจากแบนด์วิดท์สุทธินี้อาจมีค่าอนันต์



ภาพที่ ๑.๒ นิยามต่างๆของแบนด์วิดท์ ก) กำลังลดลงครึ่งหนึ่ง ข) อยู่ในช่วงสเปกตรัมมีค่าศูนย์  
ค) มีการส่งผ่านกำลังส่วนใหญ่ และ ง) กำลังนอกแบนด์ต่ำกว่าระดับที่กำหนด

### ๑.๓ เครือข่ายระบบสื่อสาร (Communication Networks)

สามารถแยกได้อย่างง่ายเป็นสองชนิดคือ เซอร์กิตสวิตช์เน็ตเวิร์ก (circuit-switched network) และแพ็กเก็ตสวิตช์เน็ตเวิร์ก (packet-switched network) เซอร์กิตสวิตช์เน็ตเวิร์กจะใช้ช่องสัญญาณระหว่างจุดรับและส่งนั้นๆ เพียงลำพังจนกว่าจะตัดวงจรการสื่อสารออก โดยเทอร์มินอลหรือจุดรับและส่งอื่นๆ จะมาแทรกการใช้งานไม่ได้ เช่น ระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์ ส่วนในแพ็กเก็ตสวิตช์เน็ตเวิร์กจะมีการแบ่งปันกันใช้ช่องสัญญาณการสื่อสาร ซึ่งข้อมูลที่ถูกรับและส่งในช่องสัญญาณนั้นจะจัดเรียงให้อยู่ในรูปแพ็กเก็ต เช่น ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลแบบเบอร์ด (burst) เป็นต้น

### ๑.๔ โพรโทคอล (Protocol)

โพรโทคอล คือ ข้อกำหนดหรือข้อตกลงที่ใช้ควบคุมการสื่อสารข้อมูลในเครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หรือระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เครือข่ายที่ใช้โพรโทคอลชนิดเดียวกันเท่านั้นจึงจะสามารถติดต่อและส่งข้อมูลระหว่างกันได้ โพรโทคอลมีลักษณะ เช่นเดียวกับภาษาที่ใช้ในการสื่อสารของมนุษย์ซึ่งต้องใช้ภาษาเดียวกันจึงจะสามารถสื่อสารกันได้ เข้าใจองค์ประกอบหลักของโพรโทคอล จะประกอบด้วย ๓ ส่วนหลักๆ คือ

- Syntax หมายถึงรูปแบบ (Format) หรือโครงสร้าง (Structure) ของข้อมูล เช่น กำหนดว่าใน ๘ บิตแรกจะหมายถึงแอดเดรส (address) ของผู้ส่ง อีก ๘ บิตถัดมาหมายถึงแอดเดรสของผู้รับ ส่วนที่เหลือจึงจะเป็นข้อมูลจริงๆ ถ้าไม่มีการกำหนด syntax แล้วเอนิตตี้จะไม่สามารถทราบได้เลยว่าบิตแต่ละบิตที่ได้รับมานั้นคืออะไร

- Semantics หมายถึง ความหมายของข้อมูลที่ได้รับมา เช่น เมื่อได้รับข้อมูลแล้ว เอนิตตี้รู้ syntax แล้ว แต่จะยังไม่รู้ว่าบิตแต่ละบิตนั้นทำอะไรได้บ้าง ดังนั้นจึงต้องมาทำการแปลความหมายของบิตเหล่านั้นเสียก่อน เช่น เมื่อทราบแอดเดรสของผู้รับแล้ว เอนิตตี้จะสามารถทำการหาเส้นทาง

- Timing เป็นข้อกำหนดของเวลาในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากเอนิตตี้แต่ละตัวนั้นมีความเร็วในการรับส่งที่ไม่เท่ากัน เช่น ตัวหนึ่งมีความเร็วของการส่ง ๑๐๐ Mbps แต่อีกตัวมีความเร็วในการรับแค่ ๑ Mbps ถ้าไม่มีโพรโทคอลแล้วข้อมูลโดยส่วนใหญ่จะหายไป เนื่องจากเอนิตตี้ที่ทำงานช้ากว่าจะไม่สามารถรับข้อมูลได้ทัน โพรโทคอลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการสื่อสารข้อมูล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีมาตรฐาน (Standard) เพื่อให้เกิดความเป็นสากล และเนื่องจากการใช้อุปกรณ์มากมายหลากหลายชนิดสำหรับการสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังมีผู้ผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวกระจายอยู่ทั่วโลก ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานเอาไว้เพื่อให้อุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถทำงานร่วมกันได้สำหรับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลเราสามารถแบ่งมาตรฐานออกได้ ๒ ประเภท คือ

- de facto เป็นมาตรฐานที่เกิดขึ้นจากการยอมรับของคนทั่วไป ไม่ต้องมีองค์กรใด ๆ ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและรับรองมาตรฐานนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดไว้ถ้าผู้ใช้ยอมรับและมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ก็จะถือเป็นมาตรฐานได้

- de jure เป็นมาตรฐานที่ได้ผ่านการรับรองอย่างถูกกฎหมายแล้ว ซึ่งทั่วโลกมีองค์กรที่ทำหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานอยู่หลายองค์กร เช่น International Organization for Standardization (ISO) เป็นองค์กรที่สมาชิกจากทั่วโลกมาช่วยกันกำหนดมาตรฐานขึ้นโดยจะเน้นกำหนดมาตรฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและเศรษฐกิจ เป็นต้น

สำหรับโพรโทคอลการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันมีอยู่มากมาย แต่ในที่นี้เราจะมาทำความรู้จักกับโพรโทคอลที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางคือ TCP/IP, FTP, HTTP และ HTTPS

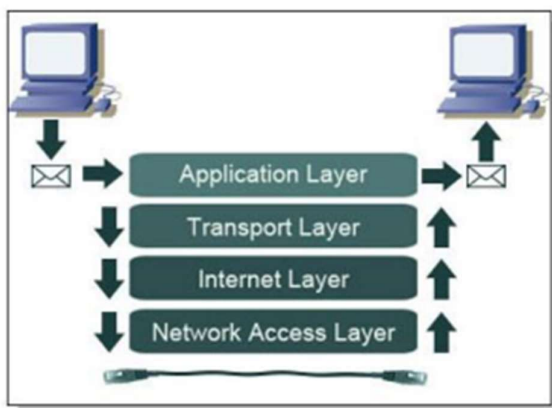
#### ๑.๔.๑ โพรโทคอล TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นชุดของโพรโทคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติถึงแม้ว่าในระหว่างทางอาจจะผ่านเครือข่ายที่มีปัญหา โพรโทคอลก็ยังคงหาเส้นทางอื่นในการส่งผ่านข้อมูลไปให้ถึงปลายทางได้ ชุดโพรโทคอลนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ๑๙๖๐ ซึ่งถูกใช้เป็นครั้งแรกในเครือข่าย ARPANET ซึ่งต่อมาได้ขยายการเชื่อมต่อไปทั่วโลกเป็นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ TCP/IP เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน TCP/IP มีจุดประสงค์ของการสื่อสารตามมาตรฐาน ๓ ประการคือ

- เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างระบบที่มีความแตกต่างกัน

- ความสามารถ...

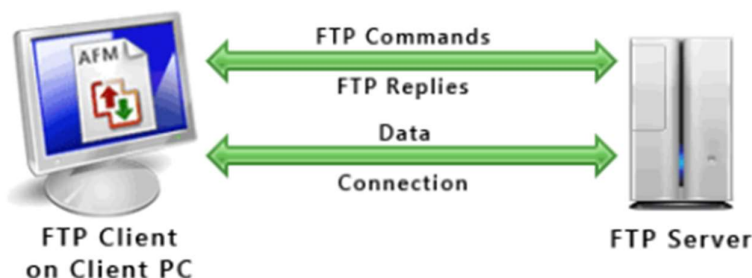
- ความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย เช่น ในกรณีที่ผู้ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่แต่โหนดกลางที่ใช้เป็นผู้ช่วยรับ-ส่งเกิดเสียหายใช้การไม่ได้หรือสายสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาด กฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดหาทางเลือกอื่นเพื่อให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ
- มีความคล่องตัวต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิดทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วน เช่น การจัดส่งแฟ้มข้อมูล และแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูล เช่น การสื่อสารแบบ real-time และทั้งการสื่อสารแบบเสียง (Voice) และข้อมูล (data)



ภาพที่ ๑.๓ การสื่อสารโปรโตคอล TCP/IP

#### ๑.๔.๒ โปรโตคอล FTP

FTP ย่อมาจาก (File Transfer Protocol) คือ รูปแบบมาตรฐานบนโครงข่าย (standard network protocol) ชนิดหนึ่ง ที่ใช้สำหรับการส่งไฟล์ หรือรับไฟล์ (receive file) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นลูกข่ายที่ส่วนใหญ่จะเรียกว่า ไคลเอนต์ (client) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นแม่ข่ายที่ส่วนใหญ่จะเรียกว่า โฮสติ้ง (hosting) หรือ เซิร์ฟเวอร์ (server) โดยที่การติดต่อกันทาง FTP เราจะต้องติดต่อกันทาง Port ๒๑ ซึ่งก่อนที่จะเข้าใช้งานได้นั้น จะต้องเป็นสมาชิกและมีชื่อผู้ใช้ (User) และ รหัสผู้เข้าใช้ (password) ก่อน โปรแกรมสำหรับติดต่อกับแม่ข่าย (server) ส่วนมากจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น โปรแกรมไฟล์ชิลลา CuteFTP หรือ WSFTP ในการติดต่อ เป็นต้น



ภาพที่ ๑.๔ การสื่อสารโปรโตคอล FTP

#### ๑.๔.๓ โปรโตคอล HTTP

Hypertext Transfer Protocol (HTTP) เป็นกลุ่มของกฎสำหรับการแลกเปลี่ยนไฟล์ (เช่น ข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และไฟล์มัลติมีเดียต่าง ๆ) บน World Wide Web ที่สัมพันธ์กับชุดโปรโตคอลแบบ TCP/IP (ซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ต) โดย HTTP เป็นโปรโตคอลแบบประยุกต์ แนวคิดสำคัญของ HTTP คือ ไฟล์ต่าง ๆ สามารถเก็บการอ้างอิงไฟล์อื่น เพื่อเรียกหรือดึงไฟล์ที่ต้องการใน Web server ที่มีไฟล์ HTML และไฟล์อื่นที่เรียกว่า HTTP daemon ซึ่งเป็นโปรแกรมได้รับการออกแบบให้คอยรับและรักษาการขอ HTTP เมื่อการขอของ HTTP นั้นมาถึงใน web browser ของเครื่องคอมพิวเตอร์

ผู้ใช้งานจะเป็น...

ผู้ใช้งานจะเป็น HTTP client เพื่อส่งการขอไปยังเครื่องแม่ข่ายเมื่อมีการเรียกไฟล์จาก browser ของผู้ใช้ โดยเปิดไฟล์ของเว็บ (ด้วยการพิมพ์ชื่อ URL) หรือคลิกที่ Hypertext link จากนั้น browser จะสร้างการขอ HTTP และไปยัง IP address ที่ชี้โดย URL เมื่อ HTTP daemon ในเครื่องแม่ข่ายปลายทางได้รับการขอ และประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จะส่งไฟล์ที่ขอกกลับมา

#### ๑.๔.๔ โพรโทคอล HTTPS

HTTPS (Hypertext Transfer Protocol over Secure Socket Layer หรือ HTTP over SSL) เป็นโพรโทคอลเว็บที่พัฒนาโดย Netscape และฝังอยู่ใน browser ที่ encrypt และ decrypt คำขอเพจของผู้ใช้และเพจที่ได้รับการส่งออกโดยแม่ข่ายเว็บ HTTPS เป็นเพียงการใช้ Secure Socket Layer (SSL) บน Netscape ในระดับย่อยภายใต้ HTTP บนชั้น application (HTTPS ใช้พอร์ต ๔๔๓ แทนที่ HTTP พอร์ต ๘๐ ในการปฏิสัมพันธ์กับชั้นต่ำกว่า TCP/IC) ขนาดคีย์ของ SSL เป็น ๔๐ บิตสำหรับอัลกอริทึม RC๔ stream encryption ซึ่งได้รับการพิจารณาว่าองศา encryption เพียงสำหรับการแลกเปลี่ยนเชิงพาณิชย์

#### ๑.๕ สัญญาณรบกวนในระบบสื่อสาร (Noise In Communication Systems)

สัญญาณรบกวนในระบบสื่อสารมีสาเหตุหลักจากสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (Electrical noise) ซึ่งอาจเกิดจากแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่เราไม่ต้องการ อาจก่อให้เกิดปัญหาที่วงจรฝั่งรับคลื่นสัญญาณการสื่อสาร สัญญาณรบกวนเริ่มแรกอาจมีขนาดไม่มากนัก เช่นอาจมีค่าเพียงระดับไมโครโวลต์ แต่เมื่อมารวมกับสัญญาณข่าวสารที่ได้รับจากการส่งผ่านระยะทางไกลมา ที่ต้องทำการเพิ่มขนาดของสัญญาณข่าวสารให้มากขึ้นโดยใช้วงจรขยายสัญญาณ สัญญาณรบกวนขนาดเล็กดังกล่าวจึงถูกขยายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Tomasi, ๒๐๐๔) ดังแสดงในภาพที่ ๑.๕ ซึ่งจากภาพดังกล่าวมีการขยายสัญญาณสองครั้ง ครั้งแรกของการขยายเป็นการขยายสัญญาณในส่วนแรกที่ได้รับสัญญาณที่มีขนาดเล็กจากสายอากาศ ซึ่งอาจมีค่าน้อยในระดับ ๑๐  $\mu\text{V}$  ค่าสัญญาณที่ได้รับนี้น้อยในระดับที่มีผลกระทบจากสัญญาณรบกวนได้ง่าย และหากสัญญาณรบกวนมีขนาดมากขึ้นในระดับเดียวกันสัญญาณข่าวสารที่ได้รับมา การแยกข่าวสารที่ส่งมาจากสัญญาณรบกวนที่รวมอยู่อาจไม่สามารถทำได้ ส่งผลให้การรับสัญญาณข่าวสารผิดพลาดขึ้นได้ นอกจากนี้ในวงจรรับสัญญาณอาจสร้างสัญญาณรบกวนขึ้นเองภายใน เมื่อรวมกับสัญญาณข่าวสารเดิมที่มีสัญญาณรบกวนอยู่แล้ว การแยกข่าวสารก็จะทำได้ยากมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

#### ประเภทของสัญญาณรบกวน (Classification of Noise)

ประเภทของสัญญาณรบกวนอาจแยกได้ตามการสอดแทรก หากสัญญาณรบกวนถูกสอดแทรกในระหว่างการส่งผ่านสัญญาณหรือในตัวกลางนำสัญญาณ จะเรียกว่าสัญญาณรบกวนภายนอก (external noise) และหากสัญญาณรบกวนถูกสอดแทรกจากวงจรรับสัญญาณ จะเรียกว่าสัญญาณรบกวนภายใน (internal noise) (Gary, ๑๙๙๙)

##### - สัญญาณรบกวนภายนอก (External Noise)

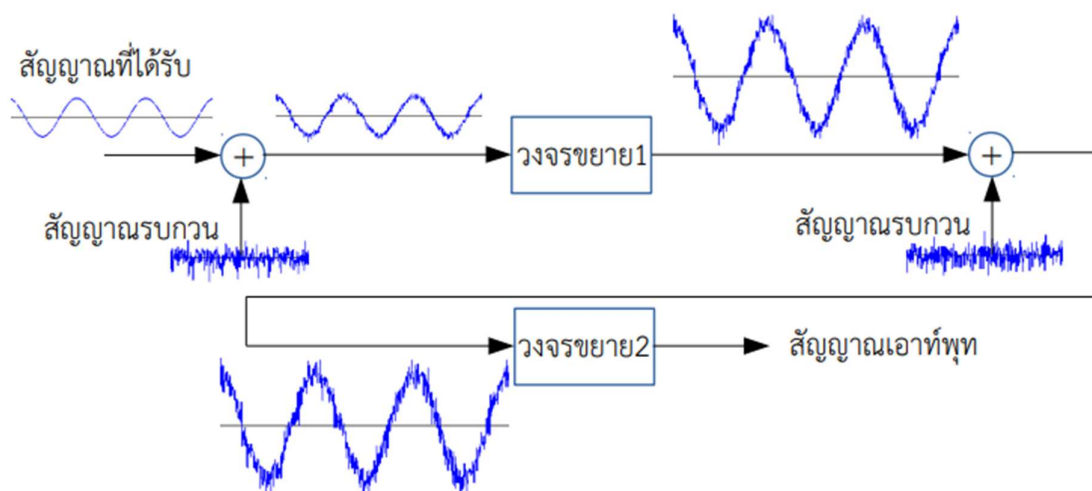
สัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made noise) เป็นสัญญาณรบกวนที่สร้างปัญหาต่อระบบการสื่อสารมากที่สุดในกลุ่มสัญญาณรบกวนภายนอก ส่วนใหญ่เกิดจากการสปีดต่างๆ เช่น การกระพริบเพื่อติดหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเริ่มต้นหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการสปีดนี้จะแพร่จากแหล่งกำเนิดคล้ายกับการถูกส่งผ่านสายอากาศตัวส่ง โดยจะเดินทางมารวมกันกับสัญญาณข่าวสารที่เราต้องการสื่อสารหากอยู่ในช่วงแบนวิดท์เดียวกัน และถูกรับเข้าสู่สายอากาศฝั่งวงจรรับสัญญาณ สัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้นมีการเกิดขึ้นในลักษณะสุ่ม และส่วนใหญ่มีความถี่ไม่เกิน ๕๐๐ MHz อีกชนิดหนึ่งของสัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้นที่มีผลกระทบมากคือสัญญาณรบกวนที่ปะปนมากับสายส่งพลังงานเพื่อใช้

ส่งจ่ายพลังงาน...

ส่งจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์คืออิเล็กทรอนิกส์ โดยสัญญาณกระเพื่อม (ripple) ที่ปนอยู่ในไฟฟ้ากระแสตรง มีผลต่อการรับสัญญาณของวงจรรับด้วย ซึ่งกรณีนี้พิจารณาเป็นสัญญาณรบกวนด้วยเช่นกัน และไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันเลิร์จ (surge) ที่มีสาเหตุจากการเปิดปิดโหลดที่มีค่าอินดักทีฟมากๆ เช่นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้การสวิตชิงที่ความถี่สูงและมีสัญญาณฮาร์มอนิกส์

สัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ (atmospheric noise) มีสาเหตุมาจากความผันผวนของสภาพอากาศของโลก เช่นการเกิดฟ้าผ่า (lightning) ซึ่งก่อให้เกิดความถี่ของสัญญาณรบกวนกระจายสู่ทุกๆ แถบความถี่ของคลื่นวิทยุ โดยที่ความแรงของสัญญาณรบกวนแปรผกผันกับค่าความถี่ ดังนั้นที่ย่านความถี่ต่ำจะมีการสอดแทรกของสัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศมากกว่าที่ย่านความถี่สูง สัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศจะมีความแรงของการรบกวนต่ำที่ย่านความถี่สูงกว่า ๒๐ MHz

สัญญาณรบกวนจากอวกาศ (space noise) เป็นอีกหนึ่งสัญญาณรบกวนจากภายนอก มีที่มาจากอวกาศ ซึ่งอาจมาจากดวงดาวหรือดวงอาทิตย์ หากสัญญาณรบกวนมาจากดวงอาทิตย์จะเรียกว่าสัญญาณรบกวนโซล่า (solar noise) แต่หากมาจากดวงดาวอื่นๆจะเรียกว่าสัญญาณรบกวนคอสมิกส์ (cosmic noise) สัญญาณรบกวนจากอวกาศมีผลกระทบในย่านความถี่ประมาณ ๘ MHz ถึง ๑.๕ GHz โดยสัญญาณรบกวนที่มีค่าความถี่ต่ำกว่า ๘ MHz ถูกดูดซับพลังงานในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ก่อนที่จะผ่านมายังพื้นผิวโลก



ภาพที่ ๑.๕ สัญญาณรบกวนภายใน

#### - สัญญาณรบกวนภายใน (Internal Noise)

สัญญาณรบกวนภายในเกิดขึ้นจากวงจรภาครับสัญญาณเอง ดังนั้นสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่วงจรรับสัญญาณได้รับมาที่ตำแหน่งสายอากาศฝั่งรับ จะถูกรวมกับสัญญาณรบกวนภายในก่อนที่จะส่งออกจากวงจรเป็นสัญญาณข้อมูลที่ได้รับมาจากระบบการสื่อสาร สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นและมีผลต่อระบบการรับสัญญาณโดยรวมมากที่สุดเกิดขึ้นที่ช่วงแรกของวงจรรับสัญญาณในส่วนวงจรขยาย เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ได้รับจากสายอากาศฝั่งรับมีค่าน้อย เมื่อสัญญาณรบกวนถูกนำมารวมกันกับสัญญาณข้อมูลในตำแหน่งดังกล่าว สัดส่วนของสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณข้อมูลจะมีอัตราส่วนของสัญญาณรบกวนสูงมาก ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ ๑.๕ โดยจะพบว่าในวงจรขยายลำดับต่อไปสัดส่วนของสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณข้อมูลจะมีต่ำกว่า แม้ว่าขนาดของสัญญาณรบกวนจะมีเท่าเดิมก็ตาม เนื่องจากขนาดของสัญญาณข้อมูลมีขนาดมากขึ้นจากการผ่านวงจรขยายสัญญาณ ด้วยเหตุนี้เองในการออกแบบวงจรรับสัญญาณ ส่วนที่ต้องออกแบบให้มีการรบกวนจากสัญญาณต่ำที่สุดคือวงจรรับสัญญาณในส่วนแรกที่ได้รับสัญญาณจากสายอากาศฝั่งรับ

สัญญาณรบกวน...

สัญญาณรบกวนเทอร์มอล (thermal noise) เกิดจากปฏิกิริยาที่มีผลจากอุณหภูมิระหว่างอิเล็กตรอนอิสระกับการสั่นของไอออนในตัวนำไฟฟ้า มีผลให้อัตราการเดินทางของอิเล็กตรอนมาถึงที่ปลายทางของตัวต้านทานไม่พร้อมกัน ก่อให้เกิดความศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างขึ้นที่ตัวต้านทาน ตัวต้านทานจึงสร้างสัญญาณรบกวนขึ้นที่เรียกว่า สัญญาณรบกวนเทอร์มอล หรือรู้จักกันอีกชื่อหนึ่งว่า สัญญาณรบกวนจอห์นสัน (Johnson noise) ตามชื่อผู้ศึกษาเรื่องนี้เป็นคนแรกคือ J. B. Johnson ในปี ค.ศ. ๑๙๒๘ นอกจากนี้ยังถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สัญญาณรบกวนสีขาว (white noise) ซึ่งมาจากพฤติกรรมการรบกวนที่แผ่ทุกย่านความถี่ เสมือนกับแสงสีขาวที่มีทุกความถี่ของแสงสีอื่น ๆ รวมกันทั้งหมด กำลังงานที่เกิดขึ้นจากสัญญาณรบกวนชนิดนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (๑.๑) และจากการที่ผลของสัญญาณรบกวนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแบนด์วิธ การสร้างวงจรรับสัญญาณที่มีแบนด์วิธน้อยที่สุดที่จะใช้งานได้จะเป็นการลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนลงได้

$$P_n = kT \Delta f \quad (๑.๑)$$

โดย  $k$  คือค่าคงที่โบลท์สแมน (Boltzmann's constant) มีค่าเท่ากับ  $๑.๓๘ \times ๑๐^{-๒๓}$  J/K

$T$  คือค่าอุณหภูมิของตัวต้านทานในหน่วยเคลวิน (K)

$\Delta f$  คือค่าแบนด์วิธของความถี่ของระบบที่พิจารณา

จากสมการที่ (๑.๑) คือค่ากำลังงานของสัญญาณรบกวน สามารถเขียนใหม่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าได้ โดยพิจารณาจากภาพที่ ๑.๖ สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดสร้างแรงดันจากตัวต้านทานคือ  $e_n$  และพิจารณาให้มีการส่งผ่านกำลังงานสูงสุดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนสู่โหลดโดยให้  $R = R_L$  จะสามารถเขียนสมการใหม่ได้

$$P_n = \frac{(e_n/2)^2}{R} = kT \Delta f$$

นั่นคือ

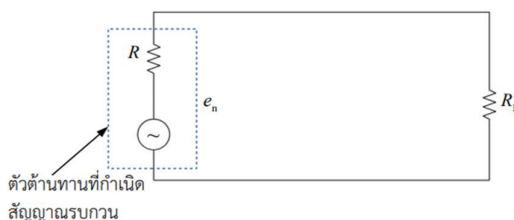
$$\frac{e_n^2}{4} = \sqrt{4kT \Delta f R}$$

$$e_n = \sqrt{4kT \Delta f R} \quad (๑.๒)$$

โดย  $e_n$  คือค่าแรงดัน rms ของสัญญาณรบกวน

$R$  คือตัวต้านทานที่กำเนิดสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนเทอร์มอลเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่ตัวต้านทานด้วย เช่น คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยเกิดขึ้นกับความต้านทานภายในที่แฝงอยู่กับอุปกรณ์นั้นๆ ซึ่งอาจมีค่าสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยกว่าตัวต้านทาน สำหรับตัวต้านทานเองมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีผลในการสร้างสัญญาณรบกวนเทอร์มอลที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้สร้างตัวต้านทาน เช่น ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนที่มีราคาถูกจะสร้างสัญญาณรบกวนเทอร์มอลมากกว่าตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะซึ่งมีราคาแพงกว่า และตัวต้านทานชนิดขดลวดทองแดง (copper wirewound resistor) จะสร้างสัญญาณรบกวนเทอร์มอลต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามสมการ (๑.๒) ยังคงใช้ในการประมาณสัญญาณรบกวนเทอร์มอลที่เกิดขึ้นจากตัวต้านทานแต่ละชนิด แม้จะมีความแตกต่างกันบ้าง



ภาพที่ ๑.๖ สัญญาณรบกวนเทอร์มอล

สัญญาณรบกวน...

สัญญาณรบกวนทรานซิสเตอร์ (transistor noise) คือสัญญาณรบกวนภายในอีกลักษณะหนึ่งที่แตกต่างกันจากสัญญาณรบกวนเทอร์มอล ซึ่งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันกับสัญญาณรบกวนเทอร์มอลได้ โดยเกิดขึ้นจากกระแสที่เคลื่อนที่ในอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สัญญาณรบกวนช็อต (shot noise) สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$i_n = \sqrt{2qI_{dc}\Delta f} \quad (๑.๓)$$

โดย  $i_n$  คือค่ากระแส rms ของสัญญาณรบกวนช็อต

$q$  คือค่าประจุของอิเล็กตรอน มีค่าเท่ากับ  $๑.๖ \times ๑๐^{-๑๙}$  C

$I_{dc}$  คือค่ากระแสไฟฟ้า

$\Delta f$  คือค่าแบนด์วิธของความถี่ของระบบที่พิจารณา

## ๒. วิวัฒนาการของระบบการสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารสามารถแบ่งออกได้เป็น ๒ ชนิด ตามตัวกลางในการรับและส่งสัญญาณ คือ การสื่อสารแบบใช้สายและการสื่อสารแบบไร้สาย ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้ถูกพัฒนา ไปอย่างรวดเร็ว และมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก จากอดีตที่เป็นการสื่อสารไร้สายแบบแอนะล็อกเป็น แบบดิจิทัล ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาการของการสื่อสารไร้สายดังต่อไปนี้

๒.๑ ความหมายของการสื่อสารไร้สาย การสื่อสารไร้สาย (wireless communication) หมายถึง การสื่อสารข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยปราศจากการเชื่อมต่อในเชิงกายภาพ (physical wired) หรือการใช้สัญญาณเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ซึ่งก็คือการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ๒ เครื่อง หรือกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถสื่อสารกันได้ รวมถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยไม่ใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ แต่จะใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต้นทางกับปลายทาง เพื่อรับส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอันอาจเป็นคลื่นวิทยุคลื่นไมโครเวฟหรืออินฟราเรด เป็นต้น

หากพิจารณาตามหลักการทางวิศวกรรมโทรคมนาคมจะเห็นได้ว่าการสื่อสารไร้สายนั้นอาจมีข้อได้เปรียบกว่าการสื่อสารแบบใช้สายคือในการสื่อสารแบบใช้สายต้องมีการวางระบบโครงข่ายเพื่อเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับผู้ใช้บริการในขณะที่การสื่อสารไร้สายไม่จำเป็นต้องทำแต่ในทางกลับกันการสื่อสารไร้สายก็มีข้อจำกัดคือสัญญาณรบกวน (noise) และสัญญาณแทรกสอด (interference) ที่เกิดขึ้นในทุกๆ ที่และเกิดขึ้นแบบไม่มีรูปแบบที่แน่นอนตลอดช่วงเวลาที่มีการสื่อสารเกิดขึ้น เนื่องจากการใช้อากาศเป็นตัวกลาง ถ้าเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสื่อสารทั้ง ๒ แบบแล้ว จะเห็นว่าการสื่อสารไร้สายนั้นมีประสิทธิภาพ และคุณภาพต่ำกว่า การสื่อสารแบบใช้สายมาก แต่การสื่อสารไร้สายนั้นได้กำจัดอุปสรรคในเรื่องระยะทางระหว่างฝ่ายผู้รับและฝ่ายผู้ส่งให้หมดไป และด้วยเหตุผลนี้เอง ที่เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การสื่อสารไร้สายได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก สำหรับอุปกรณ์ไร้สายที่ใช้และเห็นอยู่ในชีวิตประจำวันทั่วไประหว่างนี้มีอยู่มากมายหลายประเภทซึ่งจำแนกเป็นอุปกรณ์ไร้สายในระยะใกล้ เช่น รีโมตควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ของรถยนต์ (รีโมตโทรทัศน์ รีโมตเครื่องปรับอากาศ) หรือของเด็กเล่น (รีโมตบังคับเครื่องเล่นรถยนต์) และอุปกรณ์ไร้สายในระยะไกล เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ จานดาวเทียมเครื่องหาตำแหน่งพิกัดด้วยดาวเทียม(GPS)เครื่องรับวิทยุ เป็นต้น

๒.๒ วิวัฒนาการของการสื่อสารไร้สายถ้าจะกล่าวถึงยุค (generation) ของการสื่อสารไร้สายที่เป็นที่รู้จักและยอมรับกันอย่างแพร่หลายจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และต่อไปถึงสิ่งที่จะเกิดในอนาคต โดยแต่ละยุคมีการเพิ่มเทคโนโลยีที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอย่างเด่นชัดก็สามารถแบ่งเป็นยุคโดยสังเขปได้ดังนี้

ยุคที่ ๑ (๑G) เป็นยุคเริ่มต้นของการสื่อสารไร้สาย เรียกยุคนี้ว่า “ยุคแอนะล็อก” เกิดขึ้นประมาณปี พ.ศ. ๒๕๒๖ โดยการเชื่อมโยงของเครือข่ายเป็นแบบเซอร์กิตสวิตชิง (circuit switching) ใช้สัญญาณวิทยุในการส่งข้อมูลในการ...

ข้อมูลในการสื่อสารโดยมีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำกว่า ๖.๙ Kbps (kilobits per seconds) ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับการรับส่งสัญญาณข้อมูลเสียงเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่มีการรองรับการรับ ส่งผ่านข้อมูลประเภทอื่นๆซึ่งก็หมายความว่าสามารถใช้งานทางด้านการสนทนาได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้นนอกจากนั้นยังมีข้อจำกัดในการรับส่งข้อมูลอยู่มากไม่ว่าการมอดูเลตสัญญาณคลื่นวิทยุแบบเอฟเอสเค (Frequency Shift Keying: FSK) ซึ่งมีความต้านทานต่อสัญญาณโดยง่าย ระบบที่จัดอยู่ในยุคนี้ก็คือระบบแอมป์ (Advanced Mobile Phone System: AMPS) ซึ่งเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบแอนาล็อก โดยมีย่านความถี่ในการใช้งานอยู่ที่ ๘๐๐-๙๐๐ MHz โดยการส่งสัญญาณระบบนี้เมื่อส่งออกไปแล้วคลื่นจะอ่อนลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการติดต่อสื่อสารในระยะไกลต้องอาศัยเครื่องขยายสัญญาณ (amplifier) แต่ในเครื่องขยายสัญญาณก็ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ ดังนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบแอนาล็อกที่เป็นอุปกรณ์สื่อสารในยุคนี้จึงมีคุณภาพของเสียงที่ไม่ชัดเจนอีกทั้งราคาสูงและมีน้ำหนักมากทำให้ไม่สะดวกในการพกพา

ยุคที่ ๒ (๒G) สำหรับยุคที่ ๒ เรียกว่า “ยุคดิจิทัล” เกิดขึ้นในช่วง พ.ศ. ๒๕๓๓ เป็นยุคของการเริ่มเปลี่ยนจากการส่งสัญญาณแบบแอนาล็อกมาเป็นการเข้ารหัสแบบดิจิทัล อัตราการรับส่ง ข้อมูลสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้นกว่าในยุคที่ ๑ โดยอยู่ในช่วงความเร็วประมาณ ๑๐-๓๐ Kbps นอกจากนั้นในยุคนี้มีการตระหนักถึงความปลอดภัยของข้อมูล โดยมีการนำระบบการเข้ารหัสมาใช้ยุคนี้จึงถือว่าเป็นยุคเริ่มต้นของการรับส่งข้อมูลนอกเหนือจากการรับส่งเฉพาะสัญญาณเสียงโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในยุคนี้ถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและมีรูปลักษณะที่ทันสมัย ดังนั้นขนาดจะเล็กกว่ายุคแรกทำให้สะดวก ในการพกพาและได้มีการปรับปรุงความเร็วในการรับส่งข้อมูลให้สูงขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีต่างๆได้แก่

- ระบบทีดีเอ็มเอ (Time Division Multiple Access: TDMA) เป็นระบบที่ผู้ใช้จำนวนมากสามารถใช้ช่องสัญญาณความถี่วิทยุเดียวกันในการรับส่งข้อมูล โดยช่องสัญญาณถูกออกแบบ ให้สามารถรับส่งได้ทั้งสัญญาณเสียงและข้อมูลพร้อม ๆ กันได้โดยไม่รบกวนกัน โดยใช้เทคนิคในการแบ่งเวลาเพื่อให้ผู้ใช้แต่ละรายได้รับการจัดสรรเวลาในการใช้ช่องสัญญาณแต่ละช่องสลับกันไป

- ระบบจีเอสเอ็ม (Global System For Mobile: GSM) คือ มาตรฐาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบทีดีเอ็มเอที่ใช้ความถี่ ๙๐๐ MHz ที่ออกแบบโดยสหภาพยุโรปที่ยังได้รับความนิยม ในปัจจุบันเนื่องจากระบบจีเอสเอ็มใช้เทคโนโลยีในการบีบอัดข้อมูลทำให้ได้คุณภาพของเสียงที่ชัดเจนและ สามารถให้ผู้ใช้ใช้งานพร้อม ๆ กันในระบบได้มากขึ้นนอกจากนั้นยังมีการให้บริการรับส่งสัญญาณข้อมูลที่ เป็นข้อความสั้น ๆ หรือ เอสเอ็มเอส (Short Message Service: SMS)

- ระบบซีดีเอ็มเอวัน (CDMA one) คือ มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบเข้ารหัสที่เรียกว่า ซีดีเอ็มเอ (Code Division Multiple Access: CDMA) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้การรับส่งสัญญาณออกไปพร้อม ๆ กัน โดยใช้เทคนิคการถอดรหัส คือ เครื่องของผู้รับ สัญญาณจะต้องมีตัวถอดรหัสเฉพาะของแต่ละเครื่องระบบซีดีเอ็มเอวันถูกออกแบบ โดยบริษัทควอลคอมม์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ทำงานบนมาตรฐาน IS-๙๕A และ IS-๙๕B โดยใช้ช่องสัญญาณ ๑.๒๕ MHz สำหรับ รับส่งข้อมูลและเสียง ซึ่งระบบซีดีเอ็มเอวันมีเทคโนโลยีที่เหนือกว่าระบบจีเอสเอ็ม คือ ใช้ช่องสัญญาณ แคบกว่า แต่เนื่องจากความล่าช้าในการเปิดตัวเทคโนโลยีดังกล่าวรวมทั้งการสงวนสิทธิ์ให้นำไปใช้ได้เฉพาะกับองค์กรหรือบริษัทสมาชิกในกลุ่มนักพัฒนาระบบซีดีเอ็มเอที่เรียกว่ากลุ่ม ซีดีจี (CDMA Development Group: CDG) เท่านั้น จึงทำให้มาตรฐานดังกล่าวได้รับความนิยมน้อยกว่าระบบจีเอสเอ็ม (GSM) มาก

- แวร์ป (Wireless Application Protocol: WAP) คือ มาตรฐานการสื่อสารที่ทำให้อุปกรณ์การสื่อสารไร้สายสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เพื่อใช้ในการค้นหาและแสดง ข้อมูลจากเว็บไซต์ต่าง ๆ บนอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบพกพา หรือพีดีเอ (PDA) เป็นต้น

ในยุคปลายของยุคนี้ได้เริ่มมีการพัฒนาระบบเครือข่ายแลนไร้สาย โดยเริ่มมีการใช้งานด้วยความเร็วอยู่ที่ประมาณ ๒ Mbps

ยุคที่ ๒.๕ (๒.G) ยุคนี้เป็นยุคที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงการเชื่อมต่อการสื่อสารของโลกในยุคนี้การทำงานทั้งหมดเป็นระบบดิจิทัล การพัฒนาเทคโนโลยี ๒.๕G นี้ จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่มีการ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเครือข่าย ๒G และมีการนำเทคโนโลยีเชื่อมต่อกับวงจรแบบแพ็กเก็ตสวิตชิง คือ มีการแบ่งข้อมูลออกเป็น ส่วนย่อย ๆ ที่เรียกว่า แพ็กเก็ต ซึ่งมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลผ่าน โครงข่ายได้ดีกว่าแบบเดิมโดยอนุญาตให้ผู้ใช้งานหลายรายสามารถรับส่งข้อมูลได้พร้อมกันในเครือข่าย นอกจากนั้นยังสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการรับส่งได้ และยังช่วยเพิ่มอัตราการรับส่งข้อมูลให้สูงขึ้นอยู่ที่ระดับ ๑๔๔ Kbps

- เทคโนโลยีที่สำคัญที่ใช้ในยุคนี้คือ เทคโนโลยีจีพีอาร์เอส (Generic Packet Radio Service: GPRS) สำหรับระบบจีเอสเอ็ม และเทคโนโลยี ซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๐ สำหรับระบบซีดีเอ็มเอ

- จีพีอาร์เอส (GPRS) คือ เทคโนโลยีของระบบจีเอสเอ็ม ที่ใช้ในการเพิ่มสมรรถนะในการ รับส่งข้อมูลแบบแพ็กเก็ตที่ไม่เกี่ยวกับเสียงการสนทนาของโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม เช่น การรับส่ง ข้อมูลในรูปแบบของ มัลติมีเดียซึ่งจะประกอบไปด้วย รูปภาพที่เป็นกราฟิก เสียง และวิดีโอ (วิดีโอ) ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับระบบเครือข่ายเสียงที่มีอยู่เดิมให้มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เทคโนโลยี จีพีอาร์เอสจะใช้ช่วงเวลา เหมือนกับการสื่อสารด้วยเสียง โดยช่วงเวลาแต่ละช่องจะมีขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลประมาณ ๙.๖ Kbps เครือข่ายจีพีอาร์เอสจะใช้ช่วงเวลา ๓ ช่อง ในการส่งข้อมูลจำนวน ๒๘.๘ Kbps ไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และใช้ช่วงเวลา ๑ ช่อง ในการรับส่งข้อมูลจำนวน ๙.๖ Kbps จากโทรศัพท์เคลื่อนที่กลับไปยังเครือข่ายจีพีอาร์เอส มีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ระดับต่ำกว่า ๕๐ Kbps

- ซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๐ ( CDMA ๒๐๐๐) คือ เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายของระบบซีดีเอ็มเอที่ พัฒนา มาจากเทคโนโลยีซีดีเอ็มเอวินให้ประสิทธิภาพในการให้บริการเสียงและข้อมูลที่มีความเร็วสูงเพิ่มมากขึ้นกว่าซีดีเอ็มเอวินโดยที่ความกว้างของช่องสัญญาณเท่าเดิม เทคโนโลยีในตระกูลซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๐ ประกอบด้วย CDMA ๒๐๐๐ ๑xEV-DO และ CDMA ๒๐๐๐ ๑x EV-DV นอกจากนี้ซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๐ ยังเป็นที่รู้จักอีกชื่อหนึ่งว่า IS -๒๐๐๐

ยุคที่ ๓ (๓G) สำหรับยุคนี้เป็นยุคสื่อประสม หรือ มัลติมีเดีย เกิดในช่วงประมาณปี๒๕๔๓ ซึ่งเป็นวิวัฒนาการของเทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูงผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่สามารถพกพาไปได้ทุกที่สามารถรับส่งทั้งข้อมูลเสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงการรองรับการเข้าถึงและใช้งานโปรแกรมระบบงานประยุกต์ต่าง ๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างเต็มรูปแบบ โดยมีอัตราการส่งข้อมูลอยู่ที่ระดับมิกะบิตต่อวินาที (Mbps)

จากการที่ระบบการสื่อสารไร้สายต่าง ๆ ในยุคก่อนหน้านี้ยังไม่สามารถให้บริการได้ครอบคลุมทุกจุดทั่วโลกเนื่องมาจากพื้นที่การให้บริการในแต่ละจุดทั่วโลกนั้นใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถให้บริการร่วมกันได้ ประกอบกับพื้นที่บางจุดในโลกไม่สามารถให้บริการได้เนื่องจากบริเวณนั้นไม่สามารถที่จะส่งสัญญาณไปถึงได้ทำให้ต้องใช้บริการรับส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม ดังนั้น โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ระบบจีเอสเอ็ม หรือระบบซีดีเอ็มเอไม่สามารถนำมาใช้งานร่วมกับบริการรับส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมเคลื่อนที่ร่วมกันทั่วโลก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้บริการที่ไหนก็ได้ทั่วโลก โดยสมพันธ์โทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) เป็นหน่วยงานในสังกัดขององค์การสหประชาชาติมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดแนวทางการสื่อสารที่เป็นมาตรฐานระดับสากล โดยได้กำหนดกรอบมาตรฐานของระบบเครือข่ายไร้สายยุค ๓G ที่เรียกว่า IMT-๒๐๐๐ (International Mobile Telecommunications -๒๐๐๐) เทคโนโลยีที่สำคัญในยุค ๓G ได้แก่

- เอดจ์ (Enhanced Data Rates For GSM Evolution: EDGE) เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีในระบบจีเอสเอ็มในการเพิ่มความเร็วการส่งข้อมูลให้สูงถึง ๓๘๔ Kbps โดยใช้เทคนิคการผสมสัญญาณของข้อมูลแบบดิจิทัลโดยการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณพาห้ตามบิตข้อมูลแบบ ๘ PSK (Eight Phase Shift Keying) เพื่อให้ได้ความเร็วในการส่งที่สูงขึ้นด้วยความถี่เดิมที่ ๒๐๐ KHz จะช่วยให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถใช้บริการด้านมัลติมีเดียต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้นกว่าเทคโนโลยีจีพีอาร์เอส (GPRS)

ดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ...

- ดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ (Wideband Code Division Multiple Access: WCDMA) เป็นเทคโนโลยีในระบบจีเอสเอ็มที่ทำงานบนแถบความถี่กว้างที่ ๑๐ MHz โดยใช้ช่องความถี่สำหรับการส่งและรับสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ช่องละ ๕ MHz ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มอัตราการรับส่งข้อมูลได้เร็วสูงสุดถึง ๒ Mbps สำหรับข้อมูลดิจิทัล และ ๓๘๔ Kbps สำหรับข้อมูลเสียง ระบบดับเบิลยูซีดีเอ็มเอซึ่งพัฒนาต่อจากจีพีอาร์เอส เป็นเทคโนโลยีหนึ่งในมาตรฐาน IMT-๒๐๐๐ และเป็นที่รู้จักในภูมิภาค ยุโรปในชื่อของระบบ ยูเอ็มทีเอส(UMTS)

- ซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๑ (CDMA ๒๐๐๑) เป็นเทคโนโลยีระบบซีดีเอ็มเอที่พัฒนาจาก ซีดีเอ็มเอ ๒๐๐๐ เพื่อให้รับส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น เช่น CDMA ๒๐๐๐ ๑X มีความเร็วสูงในการรับส่งข้อมูลเป็น ๑๕๓.๖ kbps ในขณะที่ CDMA ๒๐๐๑ ๑X EV-DO มีความเร็วสูงสุดที่ ๒.๔ Mbps และ CDMA ๒๐๐๑ ๑X EV-DV ความเร็วสูงสุดที่ ๓.๐๙ Mbps

ยุคที่ ๔ (๔G) สำหรับยุคนี้เป็นยุคบรอดแบนด์ (Broadband) หรือยุคไฮบริด ซึ่งเป็นยุคของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน โดยมีการกำหนดมาตรฐานตามแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การพัฒนาเทคโนโลยี ๔G เป็นผลมาจากข้อจำกัดของระบบ ๓G ที่ไม่สนองตอบความต้องการของระบบประยุกต์ที่มีข้อมูลจำนวนมากและต้องการความเร็วสูง เช่น มัลติมีเดีย วิดีทัศน์แบบภาพเคลื่อนไหวที่เต็มรูปแบบ (full-motion video) หรือการประชุมทางโทรศัพท์แบบไร้สาย (wireless teleconferencing) ทำให้เกิดความต้องเทคโนโลยีเครือข่ายที่จะมาช่วยเพิ่มขีดความสามารถของ ๓G นอกจากนั้นการพัฒนาในยุค ๔G ได้มีการเน้นเรื่องการรักษาความปลอดภัย โดยการนำไปโอเพนแมทริกซ์มาผสมผสาน ทำให้สามารถเชื่อมโยงกันได้โดยผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโมบายอินเทอร์เน็ต (mobile internet) และยังสามารถหักบัญชีเงินในธนาคาร เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับสินค้าหรือบริการได้ทันที ระบบโอเพนแมทริกซ์ จึงเข้ามามีบทบาทอย่างมากในธุรกิจในปัจจุบัน และอนาคตอันใกล้ ซึ่งจะเห็นอย่างชัดเจนในยุคโทรศัพท์เคลื่อนที่ ๔G นั่นคือ การทำธุรกรรมผ่านโทรศัพท์มือถือ (mobile commerce) นั่นเอง

ยุคที่ ๕ (๕G) ระบบ ๕G เป็นระบบสื่อสารไร้สายยุคถัดจากระบบ ๔G สำหรับระบบ ๕G ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานและรูปแบบที่จะนำออกมาใช้งานจริงอย่างตายตัว เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา แต่ในแวดวงวิชาการได้มีการพูดถึงเทคโนโลยี ๕G ว่าจะมีความเร็วในระดับที่ทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์พกพาสามารถดาวน์โหลดภาพยนตร์ความละเอียดสูง Full HD ในเวลาไม่กี่วินาที โดยเทคโนโลยีนี้จะช่วยให้แอปพลิเคชันขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เครือข่ายข้อมูลประสิทธิภาพสูง สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและรวดเร็วขึ้นกว่าเทคโนโลยี ๔G มาก

### ๓.ระบบสื่อสารใยนำแสง (OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEMS)

ระบบสื่อสารใยนำแสงมีบทบาทต่อระบบโทรคมนาคมในยุคปัจจุบันมาก เนื่องจากความต้องการความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้บริการมีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่องทางสำหรับสื่อสารข้อมูลที่มีความเร็วสูง จึงเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมขึ้นตามลำดับ ในช่วงแรกนำมาใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ และการเชื่อมต่อโทรคมนาคมระยะทางไกล ต่อมามีการพัฒนาให้บริการโดยตรงจากผู้ให้บริการด้านเครือข่ายไปถึงที่พักอาศัยของผู้ใช้บริการ หรือที่เรียกว่าบริการไฟเบอร์ทูเดอะโฮม (Fiber-to-the-Home, FTTH) โดยสามารถให้บริการการสื่อสารได้ทุกรูปแบบทั้งข้อมูล ดนตรี ภาพนิ่ง เสียง หรือวีดิทัศน์ความละเอียดสูง (ไฟโรจน์ท์, ๒๕๕๓) พร้อมกันในเวลาเดียว หลักการของระบบสื่อสารใยนำแสง (Palais, ๑๙๙๒) จะได้กล่าวถึงต่อไป

#### ๓.๑ ประวัติการสื่อสารใยนำแสง

ในปี พ.ศ. ๒๔๒๓ อะเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ (Alexander Graham Bell) และผู้ช่วยสร้างต้นแบบการสื่อสารทางแสงคือโทรศัพท์ผ่านแสง (Photophone) ที่ห้องปฏิบัติการเบลล์ (Bell's Laboratory) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นการส่งผ่านเสียงด้วยลำแสงระหว่างสองอาคาร มีระยะห่างระหว่างอาคาร ๒๑๓ เมตร ต่อมาในปี พ.ศ. ๒๕๐๙ ชาร์ลส์ เค. เกา (Charles K. Kao) และจอร์จ ฮอกแฮม (George Hockham) คิดค้นและนำเสนอเส้นใยนำแสงที่ห้องปฏิบัติการเอสทีซี (STC Laboratories) ประเทศอังกฤษ มีการสูญเสียที่ ๑๐๐๐ dB/km มีสาเหตุจากสิ่งเจือปนในเส้นใยนำแสง และสิ่งเจือปนดังกล่าวสามารถกำจัดออกไปได้ การพัฒนาใยแก้วนำแสงได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องและประสบความสำเร็จ ในอีกสี่ปีถัดจากนั้น โดยบริษัทคอร์นิง กลาส เวิร์กส์

Corning Glass Works...

(Corning Glass Works) สามารถพัฒนาเส้นใยแก้วนำแสงที่มีค่าการลดทอนต่ำในระดับ ๒๐ dB/km สำเร็จ ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอสำหรับใช้ในการสื่อสาร และในช่วงเวลาเดียวกันนี้เองการพัฒนาเลเซอร์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด GaAs (GaAs semiconductor lasers) ก็ประสบความสำเร็จขึ้นที่ห้องปฏิบัติการเบลล์ โดยเลเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมีขนาดกะทัดรัดจึงเหมาะสำหรับการส่งแสงผ่านสายเคเบิลใยแก้วนำแสงเพื่อการสื่อสารโทรคมนาคม หลังจากช่วงเวลาของการวิจัยได้ดำเนินมาจนกระทั่งสามารถใช้งานสายใยแก้วนำแสงในเชิงพาณิชย์ได้ ในปี พ.ศ. ๒๕๑๘ การใช้งานสายใยแก้วนำแสงเชิงพาณิชย์แห่งแรกได้ดำเนินการขึ้น โดยใช้แสงความยาวคลื่นประมาณ ๐.๘ ไมโครเมตร และเลเซอร์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด GaAs โดยมีอัตราความเร็วในการสื่อสารที่ ๔.๕ Mbps ด้วยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ๑๐ กิโลเมตร การพัฒนาการสื่อสารสายใยแก้วนำแสงสำหรับการใช้งานเชิงพาณิชย์ได้พัฒนาต่อเนื่อง ในช่วงต้นปี พ.ศ. ๒๕๒๓ มีการใช้แสงความยาวคลื่นประมาณ ๑.๓ ไมโครเมตร และใช้เลเซอร์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด Indium gallium arsenide (InGaAs) ซึ่งสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบเดิมที่ถูกจำกัดความเร็วในการสื่อสารจากการลดทอนสัญญาณแสงที่เกิดมัลติโหมดดิสเพอร์ชัน (multi-mode dispersion) จากนั้นในปี พ.ศ. ๒๕๒๔ สายใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียวได้รับการพัฒนาขึ้น และพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในปี พ.ศ. ๒๕๓๐ สามารถดำเนินการส่งผ่านข้อมูลที่มีอัตราความเร็วมากถึง ๑.๗ Gbps ด้วยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ๕๐ กิโลเมตร ในปี พ.ศ. ๒๕๓๑ ได้มีการดำเนินโครงการเชื่อมต่อข่ายสายโทรศัพท์ข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกโดยใช้สายใยแก้วนำแสงเป็นครั้งแรก ชื่อโครงการทีเอที-ลำดับที่แปด (TAT-๘) เชื่อมโยงระหว่างเมืองเพนมาร์ช ประเทศฝรั่งเศส อ่าวไวต์เมาท์ ประเทศอังกฤษ และเมืองนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (เกียร์ดิกต์, ๒๕๕๒)

การพัฒนาสายใยแก้วนำแสงยังคงวิจัยอย่างต่อเนื่องซึ่งได้มีการพัฒนาให้เลเซอร์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด InGaAs ใช้แสงความยาวคลื่นประมาณ ๑.๕๕ ไมโครเมตร มีค่าการลดทอนต่ำในระดับ ๐.๒ dB/km สำเร็จ โดยลดปัญหาการลดทอนที่เกิดขึ้นจากการกระจายตัวของพัลส์ (pulse-spreading) ที่มีสาเหตุมาจากมัลติโหมด โดยทำการสร้างสเปกตรัมของคลื่นแสงให้มีโหมดเดียว (single mode) ซึ่งทำให้สามารถส่งผ่านข้อมูลที่มีอัตราความเร็วในการสื่อสาร ๒.๕ Gbps ด้วยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทวนสัญญาณมากกว่า ๑๐๐ กิโลเมตร การพัฒนาการสื่อสารใยแก้วนำแสงเพื่อเพิ่มระยะทางในการเชื่อมต่อสามารถเพิ่มได้ด้วยการใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณแสง (optical amplification) ซึ่งจะสามารถลดการใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (repeater) และมีการพัฒนาอุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่น (wavelength-division multiplexing) เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งผ่านข้อมูลให้มากขึ้น โดยสามารถเพิ่มอัตราความเร็วในการสื่อสารได้ถึง ๑๔ Tbps ด้วยระยะห่างระหว่างสถานีสื่อสารมากกว่า ๑๖๐ กิโลเมตร ในปี พ.ศ. ๒๕๔๔ (Fiber-optic communication, ๒๐๑๓)

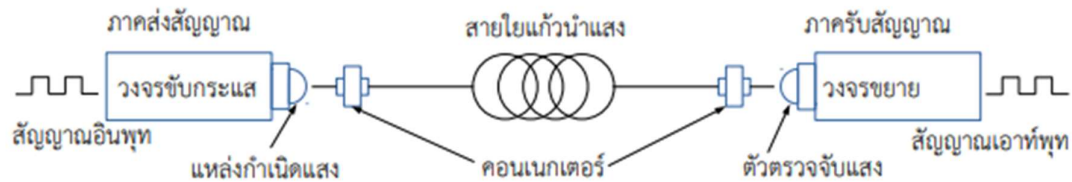
นอกจากสายใยแก้วนำแสงที่แกนกลางนำแสงทำจากแก้วแล้ว ยังมีสายใยนำแสงที่แกนกลางนำแสงทำจากพลาสติกอีกด้วย โดยสายใยนำแสงชนิดพลาสติก (Plastic optical fiber: POF) เป็นสายใยนำแสงที่แกนกลางนำแสง (core) ทำจากวัสดุอะคริลิก (acrylic) และแคลด์ดิงทำจากวัสดุโพลีเมอร์ (Polymer) ในปี พ.ศ. ๒๕๓๓ ได้มีการพัฒนาสายใยนำแสงชนิดพลาสติกให้มีคุณภาพสูงขึ้นโดยใช้วัสดุ perfluorinated polymer ทำแกนกลางนำแสงและเริ่มนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยสายใยนำแสงชนิดพลาสติกจะมีขนาดใหญ่ พื้นที่หน้าตัดของสายส่วนใหญ่ประมาณ ๙๖ % เป็นแกนกลางนำแสง ซึ่งแกนกลางของสายใยนำแสงชนิดพลาสติกจะมีขนาดใหญ่กว่าแกนกลางสายใยแก้วนำแสงประมาณ ๑๐๐ เท่า สายใยนำแสงชนิดพลาสติกที่ทำจากวัสดุอะคริลิกมีราคาไม่แพงและมักใช้สำหรับการสื่อสารที่มีความเร็วไม่สูงและมีระยะทางไม่มากนัก เช่น ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องเสียงในบ้าน การเชื่อมต่อสัญญาณในรถยนต์ เป็นต้น ส่วนสายใยนำแสงชนิดพลาสติกคุณภาพสูงจะมีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลสูงกว่าและสามารถใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายการสื่อสารภายในอาคารได้แต่สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารโทรคมนาคมระยะไกลนั้น การใช้งานสายใยนำแสงชนิดพลาสติกยังมีข้อจำกัด การใช้งานส่วนใหญ่ยังคงเป็นสายใยแก้วนำแสงที่ทำจากแก้ว เนื่องจากมีค่าการลดทอนต่อระยะทางต่ำกว่ามาก โดยสายใยนำแสงชนิดพลาสติกมีค่าการลดทอนในระดับ ๑ dB/m ที่ความยาวคลื่นแสง

๖๕๐ นาโนเมตร...

๖๕๐ นาโนเมตร (Plastic optical fiber, ๒๐๑๓) จะต้องใช้ระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่ในกรณีที่โครงการจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับโครงการอื่นหรือสัมพันธ์กับค่าระดับมาตรฐานของประเทศ จึงจะใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นพื้นผิวอ้างอิง

### ๓.๒ การสื่อสารด้วยสายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Communication)

ระบบการสื่อสารด้วยสายใยแก้วนำแสงคือระบบการสื่อสารที่ใช้ตัวกลางชนิดสายใยแก้วนำพาแสงซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกแปลงจากสัญญาณทางไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดสัญญาณไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ส่วนประกอบของระบบการสื่อสารด้วยสายใยแก้วนำแสงแสดงดังภาพที่ ๓.๑ มีดังนี้ ๑) แหล่งกำเนิดแสงที่ปลายด้านหนึ่งของระบบที่ประกอบด้วย วงจรรับสัญญาณข่าวสารและแปลงสัญญาณแรงดันเป็นกระแส วงจรขับกระแส แหล่งกำเนิดแสง ๒) สายใยแก้วนำแสงและอุปกรณ์ต่อพ่วงประกอบด้วย อุปกรณ์นำแสงจากแหล่งกำเนิดสู่สายใยแก้วนำแสงและอุปกรณ์นำแสงจากสายใยแก้วสู่อุปกรณ์ตรวจจับแสง และ ๓) วงจรรับสัญญาณที่ปลายทางอีกด้านหนึ่ง ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับแสง และวงจรการแปลงสัญญาณกระแสกลับเป็นแรงดัน นอกจากนี้หากระบบการสื่อสารด้วยสายใยแก้วถูกใช้ในระยะทางไกลอาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (repeater) หรืออุปกรณ์ขยายสัญญาณแสง (optical amplifier) เพื่อเพิ่มระยะทางในการสื่อสารได้อีกด้วย



ภาพที่ ๓.๑ บล็อกไดอะแกรมระบบการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสง

การสื่อสารสายใยนำแสงซึ่งถูกนำมาใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ และการเชื่อมต่อโทรคมนาคมระยะทางไกลเนื่องจากมีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูงที่สุดและถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนภายนอกต่ำที่สุด

ภาคผนวก ข

รายการงาน

บำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

## รายงาน บำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

### วัตถุประสงค์

กรุงเทพมหานคร มีความประสงค์ดำเนินการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร ตามแบบรูปและรายการดังต่อไปนี้

๑. รายงานการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

### ปริมาณงาน

๑. งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

### ข้อกำหนดเฉพาะงาน

#### ๑. แบบรูปรายการหรือคุณลักษณะเฉพาะ

๑.๑ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการตรวจสอบ ซ่อมแซม ปรับปรุง บำรุงรักษา ระบบการทำงานทั้งหมดของ สถานีแม่ข่าย สถานีเครือข่าย เครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งนอกสถานีแม่ข่าย และระบบเครือข่ายสื่อสาร (Network) ภายในที่อาคารสำนักการระบายน้ำ และระบบเครือข่ายสื่อสาร(Network) ที่เชื่อมระหว่างกองสารสนเทศระบายน้ำกับอาคารศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมธนบุรี อาคารศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมหนองบอน อาคารสถานีเรดาร์ตรวจอากาศหนองแขมและหนองจอก (ไม่รวมเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศและอุปกรณ์ประกอบ) ยกเว้นอุปกรณ์หรือระบบใดที่ยังอยู่ในระหว่างคำประกันสัญญา ทั้งที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware ) และซอฟต์แวร์ (Software) ให้สามารถใช้งานได้ดี ถูกต้อง แม่นยำ เป็นระยะเวลา ๑๑ เดือน ประกอบด้วยระบบต่างๆ ดังนี้

๑.๑.๑ ระบบสถานีแม่ข่ายของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ซึ่งติดตั้งที่ อาคารสำนักการระบายน้ำ และระบบสำรองข้อมูลซึ่งติดตั้งที่อาคารศูนย์ปฏิบัติการป้องกันน้ำท่วมธนบุรี

๑.๑.๒ ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองหลัก ประกอบด้วยสถานีเครือข่ายกระจายอยู่ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร จำนวน ๒๕๕ แห่ง

๑.๑.๓ ระบบตรวจวัดระดับน้ำท่วมบนถนนและอุโมงค์ทางลอด (ระบบเฝ้าระวังน้ำท่วมถนน) ประกอบด้วยสถานีเครือข่ายกระจายอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน ๑๐๘ แห่ง

๑.๑.๔ ระบบตรวจวัดปริมาณฝนสำนักงานเขต และบริเวณจุดเสี่ยงน้ำท่วม ประกอบด้วยสถานี เครือข่ายติดตั้งที่สำนักงานเขต และจุดเสี่ยงน้ำท่วม รวมจำนวน ๑๓๐ แห่ง

๑.๑.๕ ระบบตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและในคลองสายหลัก ประกอบด้วย สถานีเครือข่ายกระจายอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน ๓๐ แห่ง

๑.๑.๖ ระบบของศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมธนบุรี และหนองบอนประกอบด้วย เครือข่ายสื่อสารที่เชื่อมโยงระหว่างศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร อาคารสำนักการ ระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ดินแดง กับอาคารศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมธนบุรี และหนองบอน

๑.๑.๗ ระบบเครือข่ายสื่อสาร (Network) ภายในของสำนักการระบายน้ำที่อาคารสำนักการ ระบายน้ำ ชั้น ๖ และระบบเครือข่ายสื่อสาร (Network) ที่เชื่อมโยงระหว่างกองสารสนเทศระบายน้ำกับอาคาร ศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมธนบุรี อาคารศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมหนองบอน อาคารสถานี เรดาร์ตรวจอากาศหนองแขมและหนองจอก (ไม่รวมเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศและอุปกรณ์ประกอบ)

๑.๑.๘ ระบบเชื่อมโยง SCADA สถานีวัดน้ำเข้ากับเครือข่ายสื่อสารของกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย สายเคเบิลใยแก้วนำแสง พร้อมอุปกรณ์รับส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายกรุงเทพมหานคร ๗๕ สถานี

๑.๒ ผู้รับจ้าง...

๑.๒ ผู้รับจ้างต้องทำการตรวจสอบ ซ่อมแซม ปรับปรุง บำรุงรักษา ระบบการทำงานทั้งหมด ของสถานี่แม่ข่าย สถานีเครือข่าย เครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งนอกสถานี่แม่ข่าย และเครือข่ายสื่อสารภายในตามข้อ ๑.๑ ทั้งหมด ให้สามารถใช้งานได้ดี ถูกต้องโดยตลอดและต่อเนื่องในระหว่างสัญญา โดยต้องทำการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบอย่างน้อย ดังนี้

๑.๒.๑ ผู้รับจ้างต้องทำการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สภาพของเครื่องมืออุปกรณ์ระบบการทำงานทั้งระบบของระบบตามข้อ ๑.๑ ไม่น้อยกว่าเดือนละ ๑ ครั้ง ยกเว้นระบบกล้อง CCTV ภายในอุโมงค์ทางลอด ให้ตรวจสอบอย่างน้อยทุก ๆ ๓ เดือน

๑.๒.๒ ในกรณีที่ระบบใดหรือเครื่องมืออุปกรณ์ หรือ Software ชำรุด ชัดข้อง อันเนื่องจากการใช้งานปกติ หรือเหตุอื่นๆ ที่อยู่ในความรับผิดชอบของกองสารสนเทศระบายน้ำ และผู้ว่าจ้างแจ้งให้ผู้รับจ้างทราบไม่ว่าแจ้งด้วยวิธีการใด ผู้รับจ้างต้องเข้าดำเนินการซ่อมแซม หรือบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) ให้สามารถใช้งานได้ติดตั้งเดิมนับจากเวลาที่ได้รับแจ้ง ดังนี้

๑.๒.๒.๑ ระบบและเครื่องมืออุปกรณ์ของสถานี่แม่ข่ายศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงใช้งานร่วมกับสถานี่แม่ข่ายที่ติดตั้งภายในห้องปฏิบัติการศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ยกเว้นระบบที่อยู่ระหว่างคำประกันสัญญา ระบบและเครื่องมืออุปกรณ์ของระบบสำรองข้อมูลที่ศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาหน้าท่วมธนบุรี ผู้รับจ้างต้องดำเนินการซ่อมแซม บำรุงรักษาให้แล้วเสร็จใช้งานได้ติดตั้งเดิม ภายใน ๑ วัน

๑.๒.๒.๒ ระบบของสถานี่เครือข่าย เครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งนอกสถานี่แม่ข่าย และเครื่องมืออุปกรณ์อื่นนอกเหนือจากที่กำหนดตามข้อ ๑.๒.๒.๑ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ผู้รับจ้างต้องดำเนินการซ่อมแซม บำรุงรักษาให้แล้วเสร็จใช้งานได้ติดตั้งเดิม ภายใน ๓ วัน

๑.๒.๓ กรณีเหตุขัดข้องตามข้อ ๑.๒.๒ กรณีที่ผู้รับจ้างไม่สามารถดำเนินการซ่อมแซม ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดข้างต้นหรือไม่สามารถซ่อมแซมได้ ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่ชำรุด หรือขัดข้องมาให้ใช้ทดแทนให้สามารถใช้งานได้ติดตั้งเดิมภายในระยะเวลาที่กำหนดตามข้อ ๑.๒.๒.๑ และ ๑.๒.๒.๒ แล้วแต่กรณีนับแต่วันถัดจากวันที่พ้นกำหนดดังกล่าว หากผู้รับจ้างไม่ดำเนินการภายในกำหนดผู้รับจ้างยินยอมให้ผู้ว่าจ้างปรับเป็นรายวันละ ร้อยละ ๐.๑๐ ของวงเงินค่าจ้าง จนกว่าผู้รับจ้างจะซ่อมแซมเสร็จ ยกเว้นระบบตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ

๑.๒.๔ กรณีเหตุขัดข้อง ชำรุด ตามข้อ ๑.๒.๒ ซึ่งเกิดจากการกระทำของบุคคลหรือหน่วยงานภายนอก หรือเหตุสุดวิสัยทำให้ไม่สามารถดำเนินการซ่อมแซมบำรุงรักษาให้แล้วเสร็จตามกำหนดระยะเวลาตามข้อ ๑.๒.๒.๑ และข้อ ๑.๒.๒.๒ ผู้รับจ้างต้องรายงานให้ผู้ว่าจ้างทราบถึงสาเหตุหรืออื่นๆ เพื่อพิจารณาดำเนินการแก้ไขเป็นกรณีไป พร้อมประสานเร่งรัดบุคคลหรือหน่วยงานนั้นดำเนินการซ่อมแซมให้สามารถใช้งานได้ปกติโดยเร็ว และ/หรือเรียกชดใช้ความเสียหายที่เกิดขึ้น (ถ้ามี) หากการดำเนินการซ่อมแซม เหตุขัดข้องชำรุด ดังกล่าวมีความล่าช้า และผู้ว่าจ้างพิจารณาแล้วเห็นว่าเป็นการสมควรที่จะให้เป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างในการดำเนินการซ่อมแซมหรือหาอุปกรณ์ทดแทน เพื่อให้สามารถใช้งานได้เป็นปกติไปก่อน ให้ผู้รับจ้างดำเนินการตามให้ผู้ว่าจ้างกำหนดโดยให้ถือคำวินิจฉัยของผู้ว่าจ้างเป็นที่สุด

๑.๓ ผู้รับจ้างต้องทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล ให้มีความถูกต้อง หากข้อมูลในฐานข้อมูลส่วนใดมีความบกพร่อง ผิดพลาด หรือไม่ถูกต้อง หรือมีเหตุที่ทำให้ข้อมูลขัดข้อง บกพร่อง ผิดพลาด หรือไม่ถูกต้อง ผู้รับจ้างต้องเข้าตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล พร้อมแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลให้ถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์ให้แล้วเสร็จในแต่ละงวดงาน หากไม่แล้วเสร็จจะไม่พิจารณาตรวจรับงานงวดนั้นๆ โดยมีข้อปฏิบัติ ดังนี้

๑.๓.๑ ให้เป็นหน้าที่ผู้รับจ้างที่ต้องตรวจสอบข้อมูล หากพบความผิดพลาด หรือข้อมูลไม่ถูกต้องผู้รับจ้างต้องทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง ครบถ้วนทันที

๑.๓.๒ กรณีผู้ว่าจ้างตรวจสอบพบข้อมูลผิดพลาด ไม่ถูกต้อง ผู้ว่าจ้างจะแจ้งให้แก้ไข ผู้รับจ้างต้องทำการแก้ไขให้ถูกต้อง ครบถ้วนทันที

๑.๓.๓ การตรวจสอบหรือการแก้ไขข้อมูล ผู้รับจ้างต้องทำรายงานผลการตรวจสอบและแก้ไขให้ผู้ว่าจ้างทราบอย่างน้อยทุกเดือน หรือตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

๑.๓.๔ ผู้รับจ้างต้องจัดเจ้าหน้าที่มาประจำที่กองสารสนเทศระบายน้ำ อย่างน้อย ๑ คน เพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลตามข้อ ๑.๓ การปฏิบัติงานให้เป็นไปตามกฎหมายแรงงาน

๑.๔ ในการดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาทุกครั้งผู้รับจ้างต้องจัดทำบันทึกรายงานสภาพปัญหาและการแก้ไข รายงานให้ผู้ว่าจ้างทราบทุกครั้ง

๑.๕ ผู้รับจ้างต้องกำหนดสถานที่ติดต่อ หมายเลขโทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ และเจ้าหน้าที่ที่ติดต่อสะดวก เพื่อรับแจ้งเหตุขัดข้อง หรือรอรับการประสานจากผู้ว่าจ้างโดยแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรให้ผู้ว่าจ้างทันทีเมื่อลงนามในสัญญา และเมื่อมีการแจ้งปัญหาเหตุขัดข้อง ผู้รับจ้างต้องบันทึกการแก้ปัญหาที่รับแจ้งไว้ พร้อมกำหนดหมายเลขอ้างอิงของปัญหาค้าง เพื่อความสะดวกในการติดตามการแก้ปัญหาต่อไป

๑.๖ กรณีที่อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือ Software ควบคุมการทำงานของระบบตรวจวัดข้อมูลอัตโนมัติในระบบต่างๆ ที่ผู้ว่าจ้างตรวจสอบแล้วพบว่ามีปัญหาและเป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงานหรือทำให้การทำงานของอุปกรณ์นั้นไม่มีประสิทธิภาพอาจทำให้ระบบการทำงานอื่นหรือข้อมูลเกิดความผิดพลาดบกพร่อง ผู้ว่าจ้างพิจารณาเห็นว่าจำเป็นต้องปรับปรุง (Upgrade) เพื่อให้ระบบทำงานได้ตามปกติ ผู้ว่าจ้างจะแจ้งให้ดำเนินการและให้ถือเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างต้องดำเนินการทันที โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

๑.๗ ผู้รับจ้างต้องซ่อมแซมบำรุงรักษาสภาพของสถานีแม่ข่าย สถานีเครือข่าย ทั้งด้านความมั่นคงแข็งแรง ความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อยทั่วไปของสถานี ให้มีสภาพเรียบร้อยตลอดเวลา หากสภาพของสถานีแม่ข่าย หรือสถานีเครือข่าย หรืออุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เมื่อผู้ว่าจ้างตรวจพบและเห็นว่าส่วนหนึ่งส่วนใดหรือหลายส่วนมีสภาพไม่เรียบร้อย หรือมีเหตุทำให้ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ ผู้ว่าจ้างแจ้งให้ผู้รับจ้างดำเนินการซ่อม แก้ไข หรือเปลี่ยนเป็นของใหม่ทดแทน ผู้รับจ้างต้องดำเนินการตามผู้ว่าจ้างกำหนดหรือแจ้งให้ดำเนินการ โดยค่าใช้จ่ายจากการดำเนินการผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

๑.๘ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบการซ่อมแซม รวมถึงบำรุงรักษาอุปกรณ์ของระบบอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบของสถานีแม่ข่าย ประกอบด้วย จอภาพแสดงผลข้อมูล (video wall) ระบบไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบเครื่องปรับอากาศภายในห้องสถานีแม่ข่าย (ห้อง Computer Server หลัก และห้องระบบไฟฟ้า และห้องปฏิบัติการศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร)

๑.๙ กรณีมีการขัดข้องเนื่องจากเหตุอื่น ๆ เช่น ระบบสื่อสาร ระบบไฟฟ้า ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาทันที หากการแก้ไขปัญหาค้างจำเป็นต้องติดต่อประสานงานกับหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ดำเนินการและรับผิดชอบทั้งสิ้น

๑.๑๐ ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายงานผลการดำเนินการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ตามรอบการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) รายเดือน โดยต้องมีรายละเอียด อย่างน้อยดังนี้

๑.๑๐.๑ รายงานการตรวจสอบ ตรวจเช็ค ระบบ และอุปกรณ์ทั้งหมด โดยมีรายละเอียด วันที่เข้าตรวจสอบ ผลการตรวจสอบและบำรุงรักษา ทั้งหมดแยกเป็นรายการ พร้อมภาพถ่ายประกอบทุกครั้ง

๑.๑๐.๒ รายงานการรับแจ้งปัญหา โดยมีรายละเอียดวัน เวลา ที่รับแจ้ง การดำเนินการ สาเหตุ การขัดข้อง และดำเนินการแล้วเสร็จ ชื่อเจ้าหน้าที่ผู้รับแจ้งและผู้แจ้ง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการแก้ไข

๑.๑๐.๓ ผู้รับจ้างต้องทำและจัดส่งสรุปรายงานสภาพของระบบ เครื่องมือ อุปกรณ์ ของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครในภาพรวมทั้งหมด พร้อมข้อเสนอแนะ เพื่อให้ผู้ว่าจ้างก่อนส่งมอบงานงวดสุดท้าย จำนวน ๓ ชุด

๑.๑๑ ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายงานผลการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร รายวัน ทั้งการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) โดยส่งรายงานต่อเจ้าหน้าที่กองสารสนเทศระบบน้ำ ในวันทำการถัดไป

๑.๑๒ สำหรับอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ประกอบให้สถานีแม่ข่าย และสถานีเครือข่าย สามารถใช้งานได้ดี หากผู้รับจ้างหรือผู้ว่าจ้าง ตรวจสอบพบว่ามีเหตุขัดข้อง ชำรุด ผู้รับจ้างต้องดำเนินการซ่อมแซม และ/หรือเปลี่ยนให้ใช้งานได้ดังเดิม

๑.๑๓ ผู้รับจ้างต้องจัดเจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ จำนวนอย่างน้อย ๑ คน เข้ามาประจำกองสารสนเทศระบบน้ำเพื่อทำการตรวจสอบการทำงานของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร และระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และทำหน้าที่ประสานงานการทำงานบำรุงรักษา โดยปฏิบัติงานอย่างน้อยสัปดาห์ละ ๕ วัน ตามเวลาราชการ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามกฎหมายแรงงาน

๑.๑๔ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายการส่งผ่านข้อมูล (ค่าบริการ GPRS และค่าวงจรเช่าและค่าบริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ต) ซึ่งเป็นค่าบริการรายเดือนที่ผู้ให้บริการเรียกเก็บจากการรับส่งข้อมูลของระบบต่างๆของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เป็นระยะเวลา ๑๒ เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม ๒๕๖๔ ถึง กันยายน ๒๕๖๕

๑.๑๕ ให้ผู้รับจ้างบำรุงรักษา ซ่อมแซม อุปกรณ์ต่อพ่วงระบบคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ภายในห้องปฏิบัติการศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เพื่อให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้เป็นปกติตลอดเวลา พร้อมจัดหาวัสดุที่จำเป็นสำหรับเครื่องพิมพ์ ประกอบด้วย หมึกพิมพ์และอื่น ๆ ยกเว้นกระดาษ โดยผู้รับจ้างต้องจัดหาวัสดุให้เพียงพอต่อการใช้งานตลอดอายุสัญญา

๑.๑๖ ระบบของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ที่ผู้รับจ้างบำรุงรักษาหากมีระบบใดที่ผู้ว่าจ้างหรือผู้รับจ้างเห็นว่าจำเป็นต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงด้านระบบ ไม่ว่าจะเป็น Hardware หรือ Software เพื่อให้การใช้งานได้สะดวกขึ้นหรือถูกต้องมากขึ้นให้ถือเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างที่จะต้องดำเนินการพัฒนาหรือปรับปรุง โดยค่าใช้จ่ายจากการดำเนินการนี้ ผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

๑.๑๗ กรณีสภาพแวดล้อมบริเวณสถานีตรวจวัดต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้ไม่สามารถตรวจวัดค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หากผู้ว่าจ้างพิจารณาแล้วเห็นควรให้ย้ายตำแหน่งสถานีตรวจวัดนั้นๆ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการตามผู้ว่าจ้างกำหนดโดยเร็ว

๑.๑๘ ผู้รับจ้างต้องปรับปรุงตู้สำหรับเครื่องมืออุปกรณ์ของระบบตรวจวัดน้ำท่วมถนน จำนวน ๒๐ แห่ง ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งาน รายละเอียดจุดที่ปรับปรุงจะกำหนดให้ภายหลัง โดยผู้รับจ้างต้องนำเสนอแผนการเข้าปรับปรุงนำเสนอต่อผู้ว่าจ้างภายใน ๖๐ วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

๑.๑๙ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่สถานีเครือข่าย ให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

๑.๑๙.๑ แบตเตอรี่ ขนาดไม่น้อยกว่า ๗.๒ Ah ๑๒ V

|                                   |       |     |     |
|-----------------------------------|-------|-----|-----|
| - จุดวัดระดับน้ำในคลอง            | จำนวน | ๔๐  | ชุด |
| - จุดวัดระดับน้ำท่วมถนนและอุโมงค์ | จำนวน | ๑๐๘ | ชุด |
| - จุดวัดปริมาณฝนที่สำนักงานเขต    | จำนวน | ๕๔  | ชุด |
| - จุดวัดอัตราการไหลของน้ำ         | จำนวน | ๒๓  | ชุด |

๑.๑๙.๒ แบตเตอรี่...

๑.๑๙.๒ แบตเตอรี่ ขนาดไม่น้อยกว่า ๔๐ Ah ๑๒ V

- จุดวัดระดับน้ำในคลอง จำนวน ๑๔๒ จุด
- จุดวัดอัตราการไหลของน้ำ จำนวน ๗ จุด

๑.๑๙.๓ แบตเตอรี่ ขนาดไม่น้อยกว่า ๑๐๐ Ah ๑๒ V

- จุดวัดระดับน้ำในคลอง จำนวน ๗๕ จุด

๑.๒๐ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบสถานะเครื่องสูบน้ำ และสถานการณน้ำท่วม ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๑.๒๐.๑ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาโปรแกรม Zoom meeting รองรับการใช้งานไม่น้อยกว่า ๕ ห้องประชุม (๕ Host)

๑.๒๐.๒ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาโปรแกรม Microsoft Team/WebEx Meeting รองรับการใช้งานไม่น้อยกว่า ๑๐ ผู้ใช้งาน

๑.๒๐.๓ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาหรือปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานจากภายนอกสำนักงาน (VPN) ได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ ผู้ใช้งาน

๑.๒๐.๔ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาหรือปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อให้สามารถจัดเก็บประวัติการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Log AD) ของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานได้ไม่น้อยกว่า ๒๐ ผู้ใช้งาน

## ๒. ระยะเวลาดำเนินการ

ผู้รับจ้างดำเนินการบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ระยะเวลา ๑๑ เดือน (ตั้งแต่วันที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๔ ถึง ๓๐ กันยายน ๒๕๖๕)

ภาคผนวก ค

รายละเอียดการวางแผนงบประมาณ

งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

**รายละเอียดการวางแผนงบประมาณ**  
**งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร**

| ลำดับ | รายการ                                                | จำนวน   | วงเงินจัดทำ         | ค่าบำรุงรักษา | ระยะเวลา 11 เดือน   |
|-------|-------------------------------------------------------|---------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>ค่าซ่อม บำรุงรักษา และอะไหล่</b>                   |         |                     |               |                     |
| 1.1   | <b>ระบบที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี</b>            |         |                     |               |                     |
|       | ระบบเครือข่ายสถานีวัดน้ำ (ระบบ SCADA)                 |         |                     |               |                     |
|       | - เครือข่ายสถานีวัดน้ำ (ระบบ SCADA) ปี 2538 - 2550    | 65 แห่ง | 46,934,308.00       | 4,693,430.80  | 4,302,311.57        |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองสายหลัก (ปี 2549)          | 24 แห่ง | 12,970,000.00       | 1,297,000.00  | 1,188,916.67        |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำท่วมถนน (ปี 2549 - 2550)         | 71 แห่ง | 10,385,000.00       | 1,038,500.00  | 951,958.33          |
|       | ระบบเชื่อมโยงศูนย์ป้องกันน้ำท่วมฝั่งธนบุรี (ปี 2549)  | 1 แห่ง  | 1,283,000.00        | 128,300.00    | 117,608.33          |
|       | ระบบเชื่อมโยงข้อมูลฝนเขตและจุดเสี่ยงน้ำท่วม (ปี 2550) | 54 แห่ง | 2,983,218.00        | 298,321.80    | 273,461.65          |
|       | <b>รวมมูลค่างาน</b>                                   |         |                     |               | <b>6,834,256.55</b> |
|       | <b>ค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ คิดเป็น 10 %</b>       |         | <b>6,834,256.55</b> |               |                     |

| ลำดับ | รายการ                                           | จำนวน   | วงเงินจัดทำ         | ค่าบำรุงรักษา | ระยะเวลา 11 เดือน   |
|-------|--------------------------------------------------|---------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1.2   | <b>ระบบที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 8 - 10 ปี</b>   |         |                     |               |                     |
|       | ระบบเครือข่ายสถานีวัดน้ำ (ระบบ SCADA)            |         |                     |               |                     |
|       | - เครือข่ายสถานีวัดน้ำ (ปี 2552)                 | 10 แห่ง | 13,274,229.00       | 1,128,309.47  | 1,034,283.68        |
|       | ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองสายหลัก                 |         |                     |               |                     |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองสายหลัก (ปี 2552)     | 16 แห่ง | 9,580,000.00        | 814,300.00    | 746,441.67          |
|       | ระบบเชื่อมโยงข้อมูล SCADA (ปี 2552)              | 40 แห่ง | 5,985,000.00        | 508,725.00    | 466,331.25          |
|       | <b>รวมมูลค่างาน</b>                              |         |                     |               | <b>2,247,056.59</b> |
|       | <b>ค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ คิดเป็น 8.5 %</b> |         | <b>2,247,056.59</b> |               |                     |

| ลำดับ | รายการ                                           | จำนวน    | วงเงินจัดทำ         | ค่าบำรุงรักษา | ระยะเวลา 11 เดือน   |
|-------|--------------------------------------------------|----------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1.3   | <b>ระบบที่มีอายุการใช้งานไม่เกิน 8 ปี</b>        |          |                     |               |                     |
|       | ระบบตรวจวัดระดับน้ำท่วมถนน                       |          |                     |               |                     |
|       | - ระบบวัดระดับน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอด (ปี 2554)     | 12 แห่ง  | 9,865,420.00        | 690,579.40    | 633,031.12          |
|       | - ระบบวัดระดับน้ำท่วมถนน (ปี 2556)               | 30 แห่ง  | 4,650,000.00        | 325,500.00    | 298,375.00          |
|       | ระบบตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ (ปี 2555)           | 30 แห่ง  | 20,929,907.00       | 1,465,093.49  | 1,343,002.37        |
|       | ระบบตรวจวัดระดับน้ำคลองสายหลัก (ปี 2560)         | 142 แห่ง | 83,897,749.00       | 5,872,842.43  | 5,383,438.89        |
|       | ระบบสถานีแม่ข่ายหลักและระบบสำรองข้อมูล (ปี 2560) | 2 แห่ง   | 11,610,890.00       | 812,762.30    | 745,032.11          |
|       | <b>รวมมูลค่างาน</b>                              |          |                     |               | <b>8,402,879.49</b> |
|       | <b>ค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ คิดเป็น 7 %</b>   |          | <b>8,402,879.49</b> |               |                     |

| ลำดับ | รายการ                                                        | จำนวน   | ราคาต่อหน่วย         | ราคารวม    | รวมเป็นเงินทั้งสิ้น |
|-------|---------------------------------------------------------------|---------|----------------------|------------|---------------------|
| 1.4   | <b>งานปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพระบบตรวจวัดข้อมูล</b>        |         |                      |            |                     |
|       | - ปรับปรุงตู้เครื่องวัดระดับน้ำท่วมบนถนน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์  | 20 แห่ง | 34,800.00            | 696,000.00 | 696,000.00          |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 7.2 A 12 V พร้อมติดตั้ง     | 226 ชุด | 1,000.00             | 226,000.00 | 226,000.00          |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 40 A 12 V พร้อมติดตั้ง      | 149 ชุด | 5,500.00             | 819,500.00 | 819,500.00          |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 100 A 12 V พร้อมติดตั้ง     | 75 ชุด  | 9,500.00             | 712,500.00 | 712,500.00          |
|       | - พัฒนาแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบสถานะเครื่องสูบน้ำ และ           |         |                      |            |                     |
|       | สถานการณ์น้ำท่วม                                              | 1 งาน   | 707,500.00           | 707,500.00 | 707,500.00          |
|       | - บำรุงรักษาจอภาพแสดงผลข้อมูล Video Wall                      | 1 ระบบ  | 723,800.00           | 723,800.00 | 723,800.00          |
|       | <b>รวมมูลค่างาน</b>                                           |         |                      |            | <b>3,885,300.00</b> |
|       | <b>รวมค่างานปรับปรุงพัฒนา</b>                                 |         | <b>3,885,300.00</b>  |            | <b>3,885,300.00</b> |
|       | <b>รวมค่าซ่อม บำรุงรักษา ปรับปรุงพัฒนา และ อะไหล่ทั้งสิ้น</b> |         | <b>21,369,492.63</b> |            |                     |

| ลำดับ | รายการ                                                                                                        | จำนวน | ค่าเช่า/หน่วย | รวมค่าเช่า/เดือน | ระยะเวลา 11 เดือน |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|------------------|-------------------|
| 2     | ค่าใช้จ่ายตรง                                                                                                 |       |               |                  |                   |
|       | - ค่าเช่ายานพาหนะ (รถยนต์บรรทุกดีเซล CAB ขนาด 1 คัน)                                                          | 7 คัน | 12,000.00     | 84,000.00        | 924,000.00        |
|       | - ค่าเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ยานพาหนะ                                                                        | 7 คัน | 5,000.00      | 35,000.00        | 385,000.00        |
|       | - ค่าเช่าเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องมือสื่อสาร และอื่นๆ<br>(เครื่องมือวัดต่างๆ Notebook เครื่องมือสื่อสาร ฯลฯ) | 7 ชุด | 9,500.00      | 66,500.00        | 731,500.00        |
|       | - ค่าใช้จ่ายตรง/ เดือน                                                                                        |       |               |                  | 2,040,500.00      |
|       | รวมค่าใช้จ่ายตรงระยะเวลา 11 เดือน                                                                             |       |               | 2,040,500.00     |                   |

| ลำดับ | รายการ                         | จำนวน    | ค่าบริการ/หน่วย/เดือน | รวมค่าเช่า/เดือน | ระยะเวลา 11 เดือน |
|-------|--------------------------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------|
| 3     | ค่าบริการรับส่งข้อมูล          | 323 แห่ง | 130.00                | 41,990.00        | 461,890.00        |
|       | ค่าเช่าวงจรสื่อสาร             | 2 วงจร   | 6,500.00              | 13,000.00        | 143,000.00        |
|       | รวมค่าบริการ ระยะเวลา 11 เดือน |          |                       | 604,890.00       |                   |

รวม 1+2+3

24,014,882.63

ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %

1,681,041.78

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น

25,695,924.41

| ลำดับ | รายการ                                   | จำนวน | เงินเดือนพื้นฐาน | เงินเดือน *2.475 | 11 เดือน     |
|-------|------------------------------------------|-------|------------------|------------------|--------------|
| 4     | ค่าตอบแทนบุคลากร (ตัวคูณค่าตอบแทน 2.475) |       |                  |                  |              |
|       | - วิศวกรโครงการ (ประสบการณ์ 10 ปี)       | 1 คน  | 30,000.00        | 74,250.00        | 816,750.00   |
|       | - โปรแกรมเมอร์                           | 1 คน  | 45,000.00        | 111,375.00       | 1,225,125.00 |
|       | - ช่างเทคนิค                             | 14 คน | 15,000.00        | 519,750.00       | 5,717,250.00 |
|       | - เจ้าหน้าที่แก้ไขข้อมูลและประสานงาน     | 2 คน  | 15,000.00        | 74,250.00        | 816,750.00   |
|       | รวมค่าตอบแทนระยะเวลา 11 เดือน            |       |                  |                  | 8,575,875.00 |

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (1+2+3+4)

34,271,799.41

34,271,799.00

## หมายเหตุ

## หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลาง

- บุคลากร ส่วนใหญ่เป็นช่างเทคนิค ที่ต้องออกตรวจ บำรุงรักษา สถานีเครือข่าย จำนวน 585 แห่ง โดยต้องเข้าตรวจบำรุงรักษา ใน 1 เดือน ให้ครบทุกแห่งโดยแบ่งเป็นทีมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) จำนวน 4 ทีม ๆ ละ 2 คน รวม 8 คน และทีมบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) จำนวน 3 ทีม ๆ ละ 2 คน รวม 6 คน
- โปรแกรมเมอร์เชี่ยวชาญ ทำหน้าที่ควบคุม ตรวจสอบ แก้ไขระบบการทำงานด้าน Software ของสถานีแม่ข่าย และเครือข่าย
- เจ้าหน้าที่ระบบ สำหรับตรวจสอบระบบการทำงานของระบบและประสานงานการแก้ไขกับช่างเทคนิค และตรวจสอบ แก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลให้มีความถูกต้อง
- การคำนวณค่าบำรุงรักษา คิดเป็นร้อยละของมูลค่างานในการจัดหาระบบ โดยในระบบต่างๆ ประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ด้าน ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ มากกว่าร้อยละ 95 และส่วนที่เป็นโครงสร้าง หรือสิ่งก่อสร้าง ซึ่งเป็นส่วน ประกอบหรือส่วนควบของอุปกรณ์ เช่น โครงสร้างฐานที่ตั้งเครื่องวัดระดับน้ำ และตู้ RTU ประมาณไม่เกินร้อยละ 5
- การคิดคำนวณราคากลาง จึงคิดจากมูลค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ เป็นหลัก
- โดยแบ่งการคิดจากอายุการใช้งานของระบบต่างๆ เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย
  - ระบบที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี คิดค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ 10 %
  - ระบบที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 8 -10 ปี คิดค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ 8.5 %
  - ระบบที่มีอายุการใช้งานต่ำกว่า 8 ปี คิดค่าซ่อม บำรุงรักษาและอะไหล่ 7 %
- และคิดคำนวณ ค่าแรงสำหรับบุคลากรในการปฏิบัติงานบำรุงรักษา ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์
- รวมทั้งค่าใช้จ่ายตรงอื่นๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ใบประมาณราคา

☐ เข้าเพิ่ม  
☐ เสนอ  
☐ อื่น ๆ

งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

แผ่นที่.....รวม.....แผ่น

| ลำดับ | รายการ                                                              | จำนวน |       | ราคา       | จำนวนเงิน    | ค่าแรง | จำนวนเงิน | จำนวนเงิน     |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|------------|--------------|--------|-----------|---------------|
|       |                                                                     | จำนวน | หน่วย |            |              |        |           |               |
|       | บำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร พร้อมอุปกรณ์   | 11    | เดือน |            |              |        |           |               |
| 1     | ค่าซ่อมบำรุงรักษาพร้อมอะไหล่และ Software                            |       |       |            |              |        |           |               |
| 1.1   | ระบบที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี                                 | 1     | ระบบ  |            | 6,834,256.55 |        |           | 6,834,256.55  |
|       | คิดค่าบำรุงรักษาเป็นร้อยละ 10 ของมูลค่างาน ดังนี้                   |       |       |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบเครือข่ายสถานีวัดน้ำ (SCADA)                                  | 65    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบสถานีเครื่องจ่ายวัดระดับน้ำคลองหลัก                           | 24    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบสถานีเครื่องจ่ายวัดน้ำท่วมถนน                                 | 71    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเขตและจุดเสี่ยงน้ำท่วม                  | 54    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบเชื่อมโยงข้อมูลศูนย์ป้องกันน้ำท่วมฝั่งธนบุรี                  | 1     | แห่ง  |            |              |        |           |               |
| 1.2   | ระบบที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 8 - 10 ปี                             | 1     | ระบบ  |            | 2,247,056.59 |        |           | 2,247,056.59  |
|       | คิดค่าบำรุงรักษาเป็นร้อยละ 8.5 ของมูลค่างาน ดังนี้                  |       |       |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบเครือข่ายสถานีวัดน้ำ (SCADA)                                  | 10    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำคลองสายหลัก                                    | 16    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบเชื่อมโยงข้อมูลเครือข่ายสถานีวัดน้ำ (SCADA)                   | 40    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
| 1.3   | ระบบที่มีอายุการใช้งานไม่เกิน 8 ปี                                  | 1     | ระบบ  |            | 8,402,879.49 |        |           | 8,402,879.49  |
|       | คิดค่าบำรุงรักษาเป็นร้อยละ 7 ของมูลค่างาน ดังนี้                    |       |       |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอด                              | 12    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบตรวจวัดระดับน้ำท่วมถนน                                        | 30    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ                                      | 30    | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบสถานีเครื่องจ่ายวัดระดับน้ำคลองหลัก                           | 142   | แห่ง  |            |              |        |           |               |
|       | - ระบบสถานีแม่ข่ายและระบบสำรองข้อมูล                                | 2     | แห่ง  |            |              |        |           |               |
| 1.4   | งานปรับปรุงพัฒนา                                                    |       |       |            |              |        |           |               |
|       | - ปรับปรุงตู้เครื่องวัดระดับน้ำท่วมถนน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์          | 20    | แห่ง  | 34,800.00  | 696,000.00   |        |           | 696,000.00    |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 7.2 A 12 V พร้อมติดตั้ง           | 226   | ชุด   | 1,000.00   | 226,000.00   |        |           | 226,000.00    |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 40 A 12 V พร้อมติดตั้ง            | 149   | ชุด   | 5,500.00   | 819,500.00   |        |           | 819,500.00    |
|       | - ปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ 100 A 12 V พร้อมติดตั้ง           | 75    | ชุด   | 9,500.00   | 712,500.00   |        |           | 712,500.00    |
|       | - พัฒนาแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบสถานะเครื่องสูบน้ำ และสถานการณ์น้ำท่วม | 1     | งาน   | 707,500.00 | 707,500.00   |        |           | 707,500.00    |
|       | - บำรุงรักษาจอภาพแสดงผลข้อมูล Video Wall                            | 1     | ระบบ  | 723,800.00 | 723,800.00   |        |           | 723,800.00    |
|       | รวม                                                                 |       |       |            |              |        |           | 3,885,300.00  |
|       | รวม (1)                                                             |       |       |            |              |        |           | 21,369,492.63 |
| 2     | ค่าใช้จ่ายตรง                                                       |       |       |            |              |        |           |               |
|       | - ค่าเช่ายานพาหนะ (รถยนต์)                                          | 7     | คัน   | 12,000.00  | 84,000.00    |        |           | 924,000.00    |
|       | - ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ                                       | 7     | คัน   | 5,000.00   | 35,000.00    |        |           | 385,000.00    |
|       | - ค่าเช่าเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องมือสื่อสารและอื่นๆ               | 7     | ชุด   | 9,500.00   | 66,500.00    |        |           | 731,500.00    |
|       | รวมระยะเวลา                                                         | 11    | เดือน |            |              |        |           | 2,040,500.00  |

## ใบประมาณราคา

- ☐ เข้าใหม่  
☐ เสนอ  
☐ อื่น ๆ

งานบำรุงรักษาศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

แผนที่.....รวม.....แผ่น

| ลำดับ                                                                                | รายการ                                | จำนวน |       | ราคา       | จำนวนเงิน  | ค่าแรง | จำนวนเงิน | จำนวนเงิน     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|------------|------------|--------|-----------|---------------|
|                                                                                      |                                       | จำนวน | หน่วย |            |            |        |           |               |
| 3                                                                                    | ค่าใช้จ่ายรับส่งข้อมูล                |       |       |            |            |        |           |               |
|                                                                                      | - ค่าบริการรับส่งข้อมูลสถานีเครือข่าย | 323   | แห่ง  | 130.00     | 41,990.00  |        |           | 461,890.00    |
|                                                                                      | - ค่าเช่าวงจรรับส่งข้อมูล 2 วงจร      | 2     | วงจร  | 6,500.00   | 13,000.00  |        |           | 143,000.00    |
|                                                                                      | รวมระยะเวลา                           | 11    | เดือน |            |            |        |           | 604,890.00    |
|                                                                                      |                                       |       |       |            |            |        |           |               |
|                                                                                      | รวม (1+2+3)                           |       |       |            |            |        |           | 24,014,882.63 |
|                                                                                      | ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%                    |       |       |            |            |        |           | 1,681,041.78  |
|                                                                                      | รวมเป็นเงิน                           |       |       |            |            |        |           | 25,695,924.41 |
| 4                                                                                    | ค่าตอบแทนบุคลากร                      |       |       |            |            |        |           |               |
|                                                                                      | - วิศวกรโครงการ                       | 1     | คน    | 74,250.00  | 74,250.00  |        |           | 816,750.00    |
|                                                                                      | - โปรแกรมเมอร์เชี่ยวชาญ               | 1     | คน    | 111,375.00 | 111,375.00 |        |           | 1,225,125.00  |
|                                                                                      | - ช่างเทคนิค                          | 14    | คน    | 519,750.00 | 519,750.00 |        |           | 5,717,250.00  |
|                                                                                      | - เจ้าหน้าที่ระบบ                     | 2     | คน    | 74,250.00  | 74,250.00  |        |           | 816,750.00    |
|                                                                                      | รวมระยะเวลา                           | 11    | เดือน |            |            |        |           | 8,575,875.00  |
|                                                                                      | รวม (4)                               |       |       |            |            |        |           | 8,575,875.00  |
|                                                                                      |                                       |       |       |            |            |        |           |               |
|                                                                                      | รวมเป็นเงิน (1+2+3+4)                 |       |       |            |            |        |           | 34,271,799.41 |
|                                                                                      | คิดเป็นเงิน                           |       |       |            |            |        |           | 34,271,799.00 |
|                                                                                      |                                       |       |       |            |            |        |           |               |
| รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (ตามสิบที่ล้านสองแสนเจ็ดหมื่นหนึ่งพันเจ็ดร้อยเก้าสิบเก้าบาทถ้วน) |                                       |       |       |            |            |        |           | 34,271,799.00 |

คำนวณโดย.....วันที่.....

ตรวจสอบโดย.....วันที่.....

ภาคผนวก ง

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventing Maintenance)

## การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventing Maintenance)

### ๑. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventing Maintenance)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หรือ Preventing Maintenance คือ การบำรุงรักษาตามแผน ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบการดูแลสภาพอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ โดยลักษณะงานของ Preventing Maintenance ก็คือการวางแผนในการตรวจสอบ ทำความสะอาด ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต่างๆ ตามเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้ใช้งานได้นานมากยิ่งขึ้น และลดปัญหาความขัดข้องระหว่างกระบวนการทำงาน ยังทำให้ยังคงรักษาคุณภาพการทำงานของอุปกรณ์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดได้อีกด้วย

### ๒. ความสำคัญของการทำ Preventive Maintenance

๒.๑ ช่วยลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องวัดในส่วนต่างๆ ที่อาจเกิดความเสียหาย จะทำให้เราสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในเบื้องต้นได้อย่างทันท่วงที และไม่ก่อให้เกิดปัญหาการทำงานล่าช้าของอุปกรณ์เครื่องวัดได้

๒.๒ ช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องวัดให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น ด้วยการรักษาชิ้นส่วนต่างๆ และสภาพของอุปกรณ์เครื่องวัดให้อยู่ในสภาพที่ดี โดยการหมั่นตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ

๒.๓ ช่วยลดต้นทุน การใช้งานของอุปกรณ์เครื่องวัดจนถึงจุดที่เสียแล้วค่อยซ่อม อาจมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการบำรุงรักษาตามระยะเวลาถึง ๑๐ เท่า บางครั้งการซ่อมแซมเหล่านั้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว การที่นำ PM มาใช้ประสบปัญหาการเสียน้อยลงซึ่งแปลว่าได้ผลลัพธ์ที่มากขึ้น ตาม “ การกำหนดมูลค่าของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ”

๒.๔ การใช้พลังงานน้อยลง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับการบำรุงรักษาไม่ดี มักใช้พลังงานมากกว่า อุปกรณ์เครื่องวัดที่ได้รับการทำ PM อยู่เสมอๆ ซึ่งช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานในปริมาณสูง ส่งผลให้ค่าสาธารณูปโภคน้อยลง

### ๓. ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

#### ๓.๑ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามระยะ

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventing Maintenance) ตามเวลา คือแผนการบำรุงรักษาที่ดำเนินการตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด เช่น การบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกสิ้นปี รายไตรมาส รายเดือน และรายสัปดาห์ เป็นต้น ซึ่งหน่วยงานควรอ่านคู่มือการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ จากผู้ผลิตและจัดจำหน่ายอย่างละเอียด เพื่อกำหนดตารางเวลาในการทำ PM

#### ๓.๒ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามปริมาณการใช้งาน

รูปแบบ Preventing Maintenance ประเภทนี้ คือจะกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาหลังมีการใช้งานอุปกรณ์เครื่องวัดไปแล้วช่วงเวลาหนึ่งตามลักษณะการใช้งาน โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามการใช้งานนั้น มีความแม่นยำกว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามระยะ เพราะสภาพและคุณสมบัติของอุปกรณ์เครื่องวัดและชิ้นส่วนต่างๆ ที่ผ่านการใช้งานจะบ่งชี้ได้แม่นยำมากกว่าที่เราควรทำการบำรุงรักษาในช่วงไหนจึงจะเหมาะสมที่สุด

#### ๓.๓ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามการคาดการณ์

รูปแบบ Preventing Maintenance ขั้นสูง คือมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานที่วางแผนและเหลือไว้เฉพาะส่วนที่จำเป็นเท่านั้น ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่รวบรวมไว้ นำมาพิจารณาก่อนที่จะ

ระบุข้อกำหนด...

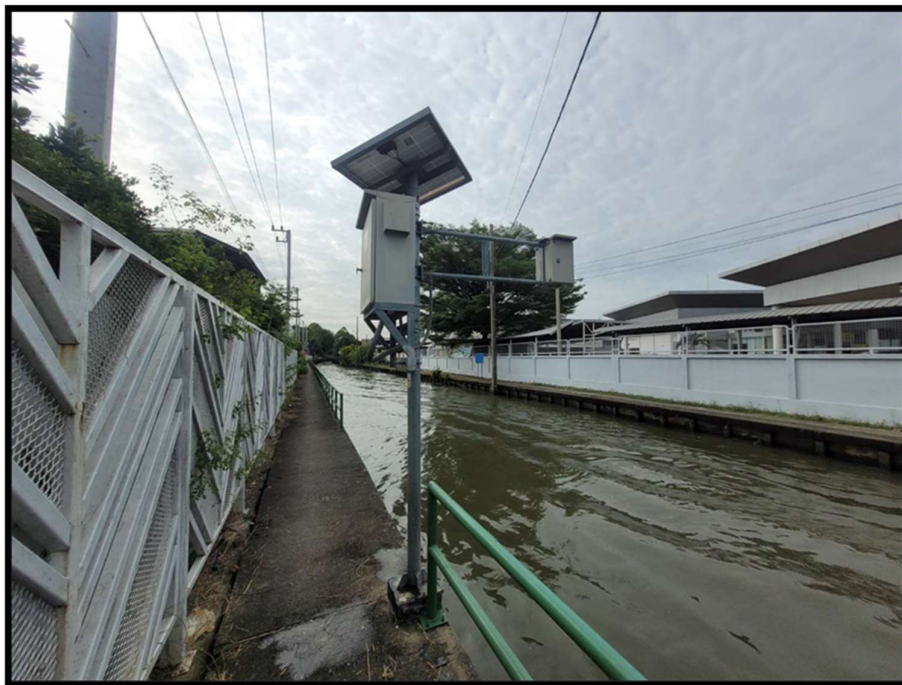
ระบุข้อกำหนดการทำ Preventing Maintenance ให้เหมาะสมที่สุด ยังมีข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และพิจารณาจนกว่าจะยิ่งช่วยให้หน่วยงานใช้จ่ายในการลงทุนและทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างคุ้มค่าที่สุด

#### ๔. หลักเกณฑ์การบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องวัด

๔.๑ พิจารณาจากคุณสมบัติและคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาของอุปกรณ์เครื่องวัด ซึ่งจะบอกว่าต้องมีกิจกรรมอย่างไร และความถี่เท่าไร เมื่อนำมาพิจารณาแล้วจะทำให้รู้ถึงระยะเวลาในการบำรุงรักษา

๔.๒ พิจารณาจากสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง เพื่อนำมากำหนดความถี่และวิธีการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้ทราบถึงข้อกำหนดในการทำ Preventing Maintenance

๔.๓ พิจารณาจากข้อมูลเชิงสถิติในเรื่องการซ่อม ที่มีการนำสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ชำรุดเสียหายมาพิจารณาเพื่อปรับความถี่และกิจกรรมให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ และลดเวลาการเสียหายลง



ตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องวัดระดับน้ำในคลอง

ตัวอย่างอุปกรณ์...



ตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องวัดปริมาณฝน



ตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

ตัวอย่างอุปกรณ์...



ตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำท่วมถนน