

การพัฒนาระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย

วุฒิชัย วรนนท์กุล¹ และ สุเมธ อ่ำชิต^{2*}

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการให้สารละลาย เช่น น้ำเกลือ แก่ผู้ป่วย จะให้ด้วยการใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทาง หลอดเลือดอัตโนมัติ (Infusion Pump) หรือ การให้น้ำเกลือ ผ่านทางหลอดเลือดดำโดยตรง ซึ่งวิธีนี้พยาบาลจะใช้ การนับหยดน้ำเกลือด้วยสายตาเพื่อหาอัตราการไหล รวมทั้งนำขนาดของสายน้ำเกลือมาคำนวณหาเวลาที่ น้ำเกลือใกล้หมดซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากและการนับหยดด้วย สายตานั้นไม่เที่ยงตรง ทำให้ต้องคอยตรวจสอบอัตราการ หยดและระดับน้ำเกลือในถุงเป็นระยะ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการดูแลผู้ป่วย งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการวัดอัตราการ หยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) อัตราการไหล (มิลลิลิตร ต่อนาที) ปริมาตรที่เหลือของน้ำเกลือ (มิลลิลิตร) การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการหยดของน้ำเกลือเกิน 200 หยดต่อ นาที แจ้งเตือนน้ำเกลือในถุงใกล้หมด และแจ้งเตือนการ อุดตันของสายน้ำเกลือเมื่อน้ำเกลือหยุดไหลเกิน 10 วินาที

(Occlusion) และส่งข้อมูลไร้สายไปที่คอมพิวเตอร์ บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาล เพื่อช่วยให้พยาบาลสามารถ ติดตามและเฝ้าระวังการไหลของน้ำเกลือระยะไกลได้ การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นใช้อินฟราเรดเซนเซอร์ ในการตรวจจับหยดน้ำเกลือและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการประมวลผล เพื่อไปแสดงผลที่จอแอลซีดีบริเวณ ถู่งน้ำเกลือและส่งข้อมูลไร้สายด้วยอุปกรณ์ซิกบี (Zigbee) ไปแสดงผลผ่านโปรแกรมบนหน้าจอมพิวเตอร์ที่ เคาน์เตอร์พยาบาล โดยเมื่อทดสอบเทียบกับเครื่อง ควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ ในช่วงอัตราการไหลระหว่าง 25 ถึง 200 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.9588 และมีค่าความ ผิดพลาดไม่เกิน ± 6.4 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถส่งข้อมูล แบบไร้สายผ่านกำแพงกัน ที่ระยะห่างไม่เกิน 50 เมตร

คำสำคัญ: เครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทาง หลอดเลือดอัตโนมัติ ระบบตรวจเฝ้าระวัง การให้น้ำเกลือ การส่งข้อมูลแบบไร้สาย

¹ นักศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2555-2000 ต่อ 4407 อีเมล: sumetu@kmutnb.ac.th



Development of the Wireless Monitoring System for Saline Administration

Wuttichai Woranantakul¹ and Sumet Umchid^{2*}

Abstract

Currently, the solution (such as saline solution) is normally administered intravenously into the patient by using an infusion pump or performing manually by nursing staff. With the manual method, the nurse has to count the number of saline drop and then calculate the flow rate to estimate the remaining time before the saline solution is running out. Since this method is quite complicated and may not be accurate, the objective of this work is to develop a wireless monitoring system for saline administration. This system is able to determine the saline drop rate (drop/min), flow rate (ml/min) and the remaining volume of the saline (ml). In addition, the developed system will give an alarm not only when the saline drop rate is higher than 200 drops/min or when the saline solution is almost empty (less than 5%) but also when the saline solution stops flowing more than 10 seconds (Occlusion). All these information will be sent

remotely by the wireless transmission (Zigbee) to the computer at the nurse station to monitor the information from a distance and to reduce the continuous on-site monitoring by the nurse. The implementation of the developed system utilizes infrared sensors to detect saline drops. A microcontroller was used for processing data before displaying on the LCD screen of the developed system. Our developed system was tested to verify the measuring flow rate by comparing to the commercial infusion pump in the range of flow rate between 25 and 200 ml/hour. The correlation coefficient was found to be 0.9588 with the highest percentage of error at $\pm 6.4\%$. In addition, the wireless transmission data through walls could be achieved with a maximum range of 50 meters.

Keywords: Infusion pump, Monitoring system for saline administration, Wireless transmission

¹ Student, Department of Industrial Physics and Medical Instrumentation, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

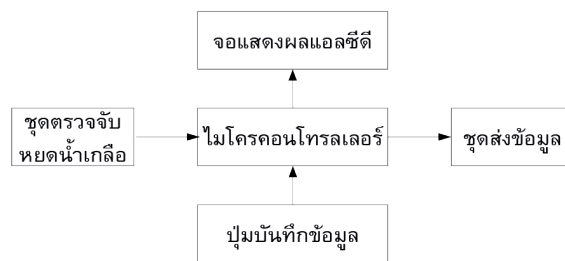
² Assistant Professor, Department of Industrial Physics and Medical Instrumentation, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

* Corresponding Author, Tel. 02-555-2000 Ext. 4407, E-mail: sumetu@kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ในปัจจุบันสถานพยาบาลมีความต้องการบุคลากรทางการแพทย์มากขึ้น ตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในประเทศ แต่บุคลากรทางการแพทย์ เช่น พยาบาลไม่สามารถผลิตออกมาได้เพียงพอต่อความต้องการด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้มีการพัฒนาระบบติดตามและเฝ้าระวังผู้ป่วยจำนวนมาก [1]-[5] เพื่อช่วยลดภาระในการดูแลผู้ป่วยของบุคลากรทางการแพทย์

การรักษาผู้ป่วยที่ขาดสมดุลในร่างกายเนื่องจากการสูญเสียน้ำนั้น จะรักษาด้วยการให้น้ำเกลือผ่านทางหลอดเลือดดำ โดยพยาบาลจะคำนวณปริมาตรน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยจากการจับเวลาและนับหยดน้ำเกลือด้วยสายตาเพื่อหาอัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที) รวมทั้งนำขนาดของสายน้ำเกลือ (จำนวนหยดต่อมิลลิลิตร) มาคำนวณหาเวลาที่น้ำเกลือใกล้หมดซึ่งเป็นวิธีที่ยากและการนับหยดด้วยสายตานั้นไม่เที่ยงตรง อาจเกิดอันตรายต่อผู้ป่วยได้เนื่องจากเมื่อสารน้ำเข้าสู่กระแสเลือดจะมีการดูดซึมอย่างรวดเร็ว ซึ่งโดยทั่วไปสำหรับผู้ป่วยอัตราการให้สารน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 20-60 หยดต่อนาที หรือ 80-250 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง หากให้เร็วเกินไปอาจทำให้หัวใจวายได้ [6] จึงมีการพัฒนาเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ (Infusion Pump) เพื่อควบคุมและเฝ้าระวังอัตราการไหลของน้ำเกลือให้คงที่และเที่ยงตรง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสะดวกแก่พยาบาลและความปลอดภัยต่อผู้ป่วย แต่เนื่องจากเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติมีราคาแพงจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของสถานพยาบาล ปัจจุบันมีทีมนักวิจัยจำนวนมาก [7],[8] พยายามพัฒนาระบบควบคุม ติดตามและเฝ้าระวังการให้สารละลายทางหลอดเลือดที่ทำงานคล้ายคลึงกันกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ แต่งานวิจัยเหล่านั้นยังไม่มีระบบเฝ้าระวังและการแจ้งเตือนด้วยระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สายไปแสดงผลที่บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาล



รูปที่ 1 การทำงานของภาควัดหยดน้ำเกลือและส่งข้อมูลแบบไร้สาย

จากความสำคัญข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรดเซนเซอร์ตรวจจับหยดน้ำเกลือ แล้วนำไปประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ไร้สายด้วยคลื่นความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และแสดงผลผ่านโปรแกรมเทอร์าเทอม (Tera Term) ไปยังคอมพิวเตอร์บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาล

2. ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 ภาควัดหยดน้ำเกลือและส่งข้อมูลแบบไร้สาย

การทำงานของภาควัดหยดน้ำเกลือ ดังแสดงในรูปที่ 1 ระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายทำการวัดหยดน้ำเกลือโดยนำชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือไปจับที่กระเปาะน้ำเกลือ เมื่อน้ำเกลือหยดลงมา อินฟราเรดเซนเซอร์จะตรวจจับน้ำเกลือและส่งสัญญาณไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC184F4520) เพื่อแสดงค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) เมื่อปรับค่าอัตราการหยดให้ได้ตามที่ต้องการและบันทึกข้อมูลที่จำเป็นต่อการรักษาแล้ว ระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายจะแสดงข้อมูลต่างๆ ที่ประมวลผลได้บนหน้าจอแอลซีดี (LCD) และชุดอุปกรณ์ส่งข้อมูลไร้สายซิกบี (Zigbee) จะส่งข้อมูลที่แสดงผลทั้งหมดไปยังภาครับข้อมูล

2.1.1 ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ

ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือทำงานโดยอาศัยอินฟราเรดเซนเซอร์ที่จับอยู่ที่กระเปาะน้ำเกลือบริเวณช่องว่างระหว่างอากาศและน้ำเกลือ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ

โดยเมื่อมีหยดน้ำเกลือหยดผ่านอินฟราเรดเซนเซอร์ จะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ (Pulse) เพื่อนำไปประมวลผลที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC184F4520) นำสัญญาณพัลส์ที่ได้รับจากชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือไปเทียบกับคาบเวลา เพื่อประมวลผลให้ได้ค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการคำนวณค่าอัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที) จากสมการที่ 1 คือ

$$\text{Flow Rate (ml/min)} = \left(\frac{\text{Drop/min}}{\text{Size of saline set}} \right) \quad (1)$$

เมื่อ Flow Rate คืออัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที) Drop/min คืออัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) และ Size of Saline คือขนาดของสายน้ำเกลือ (หยดต่อมิลลิลิตร) และคำนวณค่าปริมาตรที่เหลือของน้ำเกลือ (มิลลิลิตร) โดยนำค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้ผู้ป่วยมาลบกับปริมาตรของน้ำเกลือจำนวน 1 หยด (มิลลิลิตร) ในสมการที่ 2 ที่ละหยดจนกว่าค่าปริมาตรที่เหลือจะต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของค่าปริมาตรที่ตั้งไว้ระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายจะแจ้งเตือนด้วยข้อความ Vol rem < 5% บนจอแสดงผลแอลซีดีและมีเสียงเตือน

$$\text{Volume of Saline 1 Drop} = \left(\frac{1}{\text{Size of saline set}} \right) \quad (2)$$



รูปที่ 3 จอแสดงผล

เมื่อ Volume of Saline 1 Drop คือปริมาตรของน้ำเกลือจำนวน 1 หยด (มิลลิลิตร) และ Size of Saline คือขนาดของสายน้ำเกลือ (หยดต่อมิลลิลิตร)

ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณพัลส์มาเกิน 10 วินาที จะแจ้งเตือนด้วยข้อความ Occlusion บนจอแสดงผลแอลซีดีและมีเสียงเตือน หากสัญญาณพัลส์มาเกิน 200 พัลส์ต่อนาที จะแจ้งเตือนด้วยข้อความ Drop/min > 200 บนจอแสดงผลแอลซีดีและมีเสียงเตือน

2.1.3 ปุ่มบันทึกข้อมูลและจอแสดงผล

ปุ่มบันทึกข้อมูล ไว้สำหรับกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้ กำหนดหมายเลขของชุดส่งข้อมูล ซึ่งจะแสดงบนจอแสดงผลต่อไป โดยสามารถเลือกได้จาก 1 ถึง 20 กำหนดค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้แก่ผู้ป่วย ตั้งค่า 1 ถึง 1,000 มิลลิลิตร และกำหนดค่าของขนาดสายน้ำเกลือ (จำนวนหยดต่อมิลลิลิตร) โดยเลือกได้ตั้งแต่ขนาด 10, 15, 20 และ 60 หยดต่อมิลลิลิตร

จอแสดงผลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นจอแอลซีดี ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ดังแสดงในรูปที่ 3

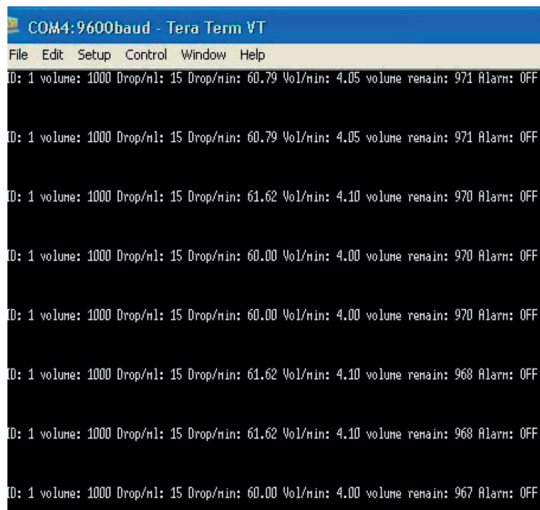
2.1.4 ชุดส่งข้อมูล

ชุดส่งข้อมูลเป็นอุปกรณ์ชิป (MRF24J40MA) จะส่งข้อมูลที่แสดงผลทั้งหมดบนหน้าจอแอลซีดีไปที่ภาครับ เมื่อได้รับสัญญาณเรียกจากภาครับ ด้วยคลื่นความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

เมื่อนำส่วนประกอบต่างๆ ของภาควัดหยดน้ำเกลือและส่งข้อมูลแบบไร้สาย อันได้แก่ ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ปุ่มบันทึกข้อมูล จอแสดงผล และชุดส่งข้อมูล มาประกอบเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4



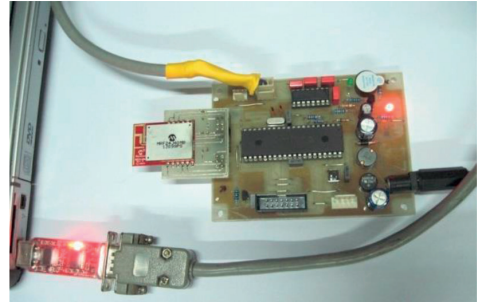
รูปที่ 4 ชุดภาควัดหยดน้ำเกลือและส่งข้อมูลแบบไร้สาย



รูปที่ 5 ข้อมูลจากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายแสดงโดยโปรแกรมเทราเทอม

2.2 ภาครับข้อมูล

การทำงานของภาครับข้อมูล เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภาครับข้อมูลเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านสายยูเอสบี (USB) และโปรแกรมเทราเทอม ชุดรับข้อมูลจะค้นหาความถี่ของภาคส่งโดยเริ่มจากหมายเลข 1 ไปจนถึงหมายเลข 20 ระยะเวลาในการค้นหาจะระหว่างหมายเลขถูกตั้งไว้ที่ 0.5 วินาที ถ้ามีการตอบรับจากภาคส่งข้อมูลทั้งภาครับข้อมูลและภาคส่งข้อมูลจะทำการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้วิธี Fully Hand Shake เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลและป้องกันการรบกวนของสัญญาณกับอุปกรณ์อื่น แล้วภาครับจะทำการรับข้อมูลและแสดงผลผ่านโปรแกรมเทราเทอม ดังนั้น หมายเลขชุดส่งข้อมูล (ID)



รูปที่ 6 ชุดภาครับข้อมูล

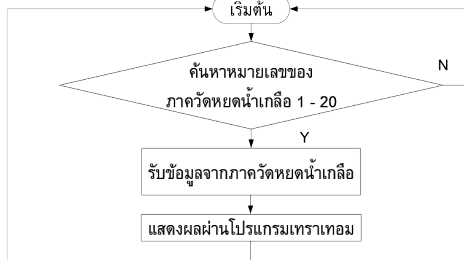
ค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้ (Volume) ขนาดของสายน้ำเกลือ (Drop/ml) ค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (Drop/min) ค่าอัตราการไหล (Volume/min) ค่าปริมาตรที่เหลือของน้ำเกลือ (Volume Remain) และสถานะการทำงานของระบบเตือน (Alarm) ดังรูปที่ 5 แต่ถ้าไม่มีการตอบรับจากภาคส่งหมายเลขใดที่ทำการเรียกก็จะข้ามหมายเลขนั้นไป

นำส่วนประกอบต่างๆ ของภาครับข้อมูล อันได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC184F4520) สายยูเอสบี และชุดส่งข้อมูล มาประกอบเข้าด้วยกันและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6

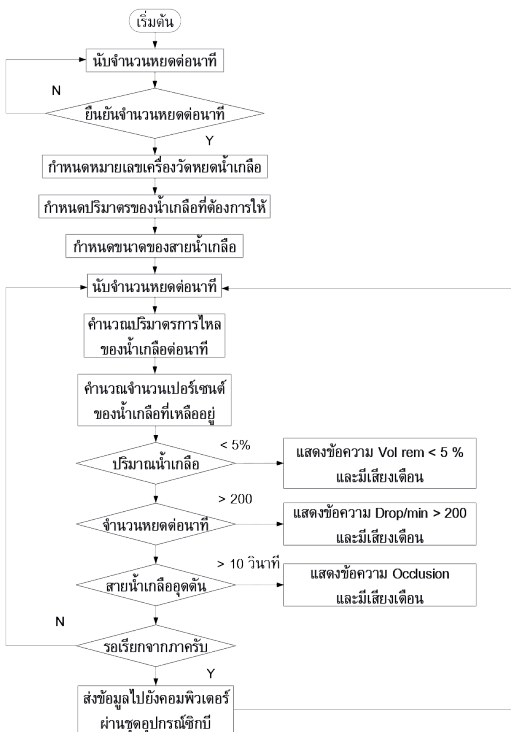
2.3 การทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ผังการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7 เริ่มต้นระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายจะทำการนับจำนวนหยดน้ำเกลือต่อนาทีหลังจากที่พยาบาลปล่อยน้ำเกลือให้ผู้ป่วย เมื่อพยาบาลปรับจำนวนหยดตามที่ต้องการ กดยืนยันจำนวนหยดน้ำเกลือที่ต้องการให้แล้วทำการกรอกข้อมูลต่างๆ เช่น หมายเลขของชุดส่งข้อมูล ปริมาตรของน้ำเกลือที่ให้ และขนาดของสายน้ำเกลือ เมื่อกดยืนยันระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายจะเริ่มทำการคำนวณหาปริมาตรที่เหลือต่อนาที ปริมาตรของน้ำเกลือที่คงเหลือ และทำการตรวจสอบถ้าปริมาตรน้ำเกลือคงเหลือต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของค่าปริมาตรที่ตั้งไว้ หรืออัตราการหยดของน้ำเกลือมากกว่า 200 หยดต่อนาที หรือสายน้ำเกลืออุดตันทำให้ไม่มีน้ำเกลือ

ผังการทำงานของโปรแกรมภาครับข้อมูล



ผังการทำงานของโปรแกรมภาควัดหยตน้ำเกลือ



รูปที่ 7 ผังการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ไหลเกิน 10 วินาที จะแจ้งเตือนด้วยอักษรบนจอแสดงผลและเสียงเตือน ในการส่งข้อมูลไร้สายเมื่อภาควัดหยตน้ำเกลือได้รับการเรียกจากชุดภาครับข้อมูล ภาควัดหยตน้ำเกลือจะส่งข้อมูลไปที่ภาครับข้อมูลด้วยอุปกรณ์ซีพียู โดยชุดภาครับข้อมูลจะทำการเรียกข้อมูลจากภาควัดหยตน้ำเกลือและส่งข้อมูลหมายเลข 1 ถึง 20 ตามลำดับเมื่อได้ข้อมูลมากก็จะไปแสดงผลที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์บริเวณแผนกเคาเตอร์พยาบาล

3. ผลการทดลอง

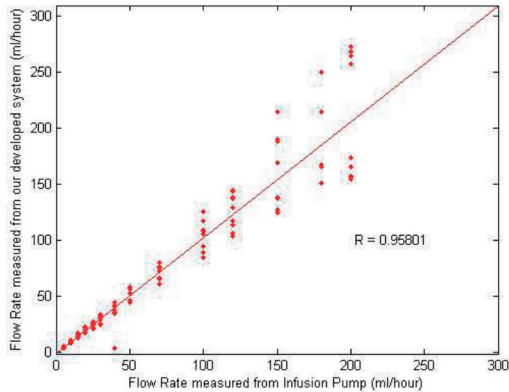
3.1 การทดลองหาค่าความถูกต้องในการวัดหยตน้ำเกลือของระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายโดยเปรียบเทียบกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติมาตรฐานที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว ยี่ห้อ Acromed รุ่น uvp5005 ขณะทำการทดสอบใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร และนำผลอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) ที่อ่านได้จากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย มาคำนวณค่าอัตราการไหลของน้ำเกลือ (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) ตามสมการดังนี้

$$\text{Flow Rate (ml/hour)} = \left(\frac{\text{Drop/min}}{\text{Size of saline}} \right) \times 60 \quad (3)$$

เมื่อ Flow Rate คืออัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) Drop/min คืออัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที) และ Size of Saline คือขนาดของสายน้ำเกลือ (หยดต่อมิลลิลิตร) นำค่าอัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) ที่คำนวณจากสมการ (3) ไปเปรียบเทียบกับผลการวัดจากเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของสารละลาย (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) ระหว่างระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ

Flow Rate measured from Infusion Pump (ml/hour)	Average of Drop Rate measured from our developed system (Drop/min)	Flow Rate of our developed system calculated from eq.3 (ml/hour)	Percentage of Error (%)
25	5.90	23.60	-5.60
30	7.22	28.88	-3.73
50	12.87	51.48	2.96
70	17.55	70.20	0.29
100	26.02	104.08	4.08
120	31.92	127.68	6.40
150	38.77	155.08	3.39
180	46.14	184.56	2.53
200	50.62	202.48	1.24

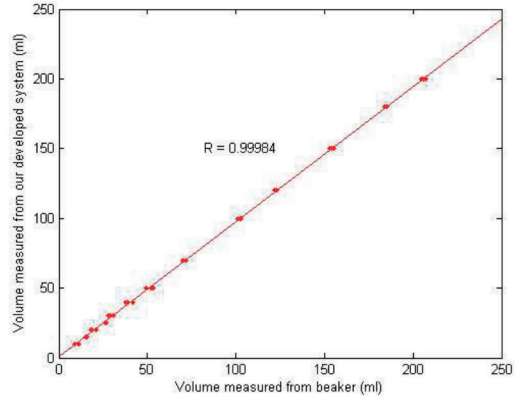


รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลระหว่างระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9588

นำค่าที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) แล้วแสดงเป็นแผนภาพสหสัมพันธ์เพื่อใช้บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลของสารละลาย (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) ระหว่างระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 8

3.2 การทดลองหาค่าความถูกต้องของปริมาตรน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยของระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย โดยค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยสามารถหาได้จากค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้ (กำหนดตอนเริ่มต้น) ลบด้วยค่าปริมาตรของน้ำเกลือคงเหลือบนจอแสดงผล แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าผลการวัดปริมาตรของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์ โดยขณะทำการทดสอบใช้สายน้ำเกลือ ขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2

นำค่าที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แล้วแสดงเป็นแผนภาพสหสัมพันธ์เพื่อใช้บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของค่าของปริมาตรน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วย (มิลลิลิตร) ที่หาได้จากค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้ (กำหนดตอนเริ่มต้น) ลบด้วยค่าปริมาตรของน้ำเกลือคงเหลือบนจอแสดงผลของระบบตรวจเฝ้า

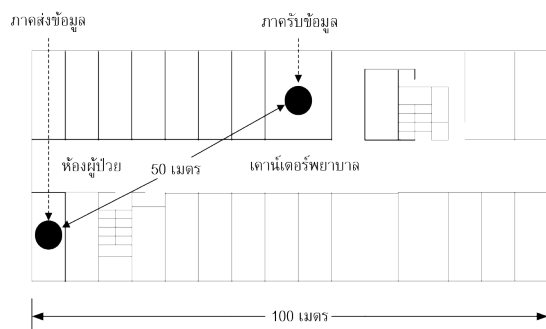


รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยระหว่างวัดจากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับวัดจากบีกเกอร์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.99984

ระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับผลการวัดปริมาตรของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 9

ตารางที่ 2 ผลการทดลองที่ได้จากค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้ (กำหนดตอนเริ่มต้น) ลบด้วยค่าปริมาตรของน้ำเกลือคงเหลือบนจอแสดงผล แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าผลการวัดปริมาตรของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์

Volume measured from Beaker (ml)	Average of Volume measured from our developed system (ml)	Percentage of Error (%)
10	9.8	-2.00
15	15.8	5.33
20	20	0.00
25	26.4	5.60
30	29.6	-1.33
40	40	0.00
50	51	2.00
70	71.2	1.71
100	102.2	2.20
120	122.6	2.17
120	122.6	2.17
150	154.2	2.80
180	184.4	2.44
200	206	3.00



รูปที่ 10 แผนผังห้องผู้ป่วยที่ใช้ในการทดลองส่งข้อมูลแบบไร้สาย

3.3 การทดลองส่งข้อมูลแบบไร้สายภายในห้องผู้ป่วย โดยนาระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย มาทำการวัดหยดน้ำเกลือที่ห้องผู้ป่วยที่มีระยะห่างจาก เคาน์เตอร์พยาบาลมากที่สุด โดยส่งข้อมูลจากภาคส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ชิปไปสู่ภาครับข้อมูลที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลบริเวณเคาน์เตอร์พยาบาล ดังแสดงในรูปที่ 10

จากการทดลองพบว่าระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายสามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายจากห้องผู้ป่วยไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาลในระยะห่างไม่เกิน 50 เมตรได้ดี แม้จะมีกำแพงกั้นระหว่างกลาง แต่จากการทดลองส่งข้อมูลจากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือไปสู่ภาครับข้อมูลที่มีระยะห่างมากกว่า 50 เมตร พบว่าการส่งข้อมูลไร้สายจากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาลนั้นสูญหายเป็นบางครั้งเวลา เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ในการส่งข้อมูลไร้สายและกำแพงที่กั้นระหว่างกลาง

4. วิเคราะห์ผลและสรุป

จากผลการทดลองเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของสารละลาย (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) ที่วัดได้จากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ ที่อัตราการหยดของน้ำเกลือ

ประมาณ 5-50 หยดต่อนาที หรือประมาณ 25-200 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้เท่ากับ 0.9588 และมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 6.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ให้กับผู้ป่วยโดยวัดจากระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายเทียบกับค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์ พบว่าค่าทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้เท่ากับ 0.99984 และมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 5.6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายที่พัฒนาขึ้น สามารถวัดอัตราการหยดและปริมาตรของน้ำเกลือได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติมาตรฐานที่มีราคาแพง อีกทั้งระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สายยังสามารถส่งข้อมูลไร้สายจากบริเวณสถานีน้ำเกลือไปยังภาครับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาล โดยมีระยะห่างไม่เกิน 50 เมตร แบบมีกำแพงกั้น และสามารถส่งข้อมูลจากภาคส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังภาครับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์บริเวณเคาน์เตอร์พยาบาลได้มากที่สุดถึง 20 เครื่อง ซึ่งในปัจจุบันเครื่องควบคุมการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดอัตโนมัติ ยังไม่สามารถเฝ้าระวังและแจ้งเตือนการให้สารน้ำในระยะไกลได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Ishijima, "Monitoring of Electrocardiograms in Bed without Utilizing Body Surface Electrodes," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 40, 1993.



- [2] Y. Hata, Y. Komaozaki, T. Sawayama, K. Taniguchi, and H. Nakajima, "A heart Pulse Monitoring System by Air Pressure and Ultrasonic Sensor Systems," in *Proceedings of IEEE System of System Engineering*, 2007.
- [3] K. Nakajima, A. Osa, T. Maekawa, and H. Mike, "Evaluation of Body Motion by Optical Flow Analysis," *Japan Journal of Applied Physic*, vol. 36, pp. 2929-2937, 1997.
- [4] Y. Nishida, M. Takeda, T. Mori, H. Mizoguchi, and T. Sato, "Unrestrained and Non-invasive Monitoring of Human's Respiration and Posture in Sleep Using Pressure Sensors," *Journal of the Robotics Society of Japan*, vol. 6, pp. 705-711, 1998.
- [5] H. Watanabe and K. Watanabe, "Non-Invasive Sensing of Coughing of a Patient on the Bed," *Journal of The Society of Instrument and Control Engineers*, vol. 35, pp. 1012-1019, 1999.
- [6] B. J. Rambo and L. A. Wood, *Nursing skills for nursing practice*, (3rd ed.). Philadelphia: W.B. Saunder. 1982.
- [7] K. K. Thariyan, V. Sanjeev S. R. Taneja, R. C. Gupta, and S. Ahluwalia, "Design & development of unique drop sensing unit for infusion pump," *Journal of scientific industrial research*, vol. 61, pp. 798-801, 2002.
- [8] R. C. Guvta, S. R. Taneja, K. K. Thariyan, and V. Sanjeev, "Design and implementation of controlled drug infusion system," *Journal of scientific industrial research*, vol. 64, pp. 761-766, 2005.