รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

อัลกอริธึมแบบแพร่กระจายบนระบบแบบกระจายเพื่อมุ่งสู่อุตสาหกรรม 4.0

Epidemic Algorithms on Distributed Systems towards Industry 4.0

ประเภททุน ทุนวิจัยเริ่มต้นสำหรับอาจารย์ใหม่ รหัสโครงการ KREF186007

นายภาสุ พูนภักดี

ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากกองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	5
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย	5
3.2 ตารางแผนงานวิจัย	5
บทที่ 4 ผลการวิจัย	7
4.1 บทนำ	7
4.2 ระเบียบวิธีวิจัย : การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์/บริการของบริการขนส่งสินค้าด้วยโดรน	7
4.3 คำอธิบายแบบจำลอง	8
4.4 ผลการวิจัย	9
4.5 อภิปรายผล	10
4.5 อภิปรายผล	10
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	12
5.1 สรุปผลการวิจัย	12
5.2 ข้อเสนอแนะ	12
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	13
การเผยแพร่งานวิจัย	13
เอกสารอ้างอิง	14
ภาคผนวก ก เอกสารผลงานวิจัย	15
ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย	24
ประวัตินักวิจัย	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
ที่มาและความสำคัญ

ระบบการรวมกันของโลกไซเบอร์และโลกกายภาพ (Cyber-Physical Systems: CPSs) เป็นหนึ่งในพื้นฐานของอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งโครงสร้างของการออกแบบ CPSs นี้อยู่บนพื้นฐานของระบบเครือข่ายแบบกระจาย (decentralized network systems) ซึ่งเป็นเหมือนกับเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer to Peer) โดยตัวอย่างของระบบเครือข่ายแบบกระจายคือ Gnutella ระบบเครือข่ายแบบกระจายที่มีการทำงานแบบรวมศูนย์เพียงส่วนเดียว คือการเริ่มระบบใหม่ (O'Reilly Media, Inc.,2004) ในบริบท CPSs นั้น จะมี 2 ระดับของหน่วยการทำงาน คือ สถานีกลาง และเซ็นเซอร์ โดยสถานีกลาง จะมีหน้าที่เฝ้าดูสถานะและข้อมูลของระบบ ที่ถูกกระจายจากเซ็นเซอร์

โพรโตคอลแบบแพร่กระจาย (epidemic protocols) หรืออีกชื่อหนึ่งคือ โพรโตคอลแบบซุบซิบ (gossip-based protocols) คือกระบวนการสื่อสารที่ได้รับแรงบันดาลใจจากสิ่งมีชีวิต เพื่อใช้ในการกระจายข้อมูลในระบบกระจายศูนย์ขนาดใหญ่ ลักษณะสำคัญของโพรโตคอลแบบแพร่กระจาย คือ 1) การคงทนต่อความเสียหาย 2) สภาพทนทาน และ 3) การรองรับการขยายระบบ ซึ่งลักษณะเหล่านี้เกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารของข้อมูลอย่างทั่วถึง โดยอยู่บนพื้นฐานของระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อกัน (Poonpakdee and Di Fatta, 2017) ในแง่มุมของการเก็บข้อมูลรวม ความเร็วของการประมวลผลของข้อมูลรวมและความแม่นยำของข้อมูลที่ประมวลผลเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประเมินระบบ ว่าระบบมีประสิทธิภาพมากน้อยอย่างไร ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่อระบบที่ส่งเสริมประสิทธิภาพของภาคอุตสาหกรรม เช่น ระบบช่วยในการตัดสินใจ (decision support systems) งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอวิธีการในการเพิ่มประสิทธิผล อันอยู่บนพื้นฐานของความเร็วของการประมวลผลรวมและความแม่นยำของข้อมูลที่ประมวลผลดังกล่าวมาข้างต้น ในบริบทของระบบเครือข่ายแบบกระจาย เพื่อมุ่งสู่อุตสาหกรรม 4.0 อันจะช่วยให้สถานีกลาง สามารถตรวจสอบระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับอุตสาหกรรม 4.0 ร่วมถึงระบบเครือข่ายแบบกระจายและ CPSs ทั้งในส่วนของนิยามและการพัฒนา

1.1.2 เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานในระบบเครือข่ายแบบกระจายในด้านความเร็วของการประมวลผลของข้อมูลรวมและความแม่นยำของข้อมูลที่ประมวลผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรม 4.0

1.1.3 เพื่อกระตุ้นให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง สามารถนำแนวคิดของโพรโตคอลแบบแพร่กระจายมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรม 4.0

1.2.2 การวิเคราะห์หาผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรม 4.0

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาใช้ในการสร้างโปรแกรมจำลอง

1.3.3 พัฒนาโปรแกรมจำลองและเก็บข้อมูลจากโปรแกรมจำลอง

1.3.4 นำข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมจำลองมาวิเคราะห์และทำการประเมินผล

1.3.5 สรุปผลการดำเนินงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 การศึกษาแนวทางใหม่ ที่สามารถนำมาช่วยในการกระจายข้อมูล ในระบบขนาดใหญ่

1.4.2 การนำเสนอแนวทางการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ มาช่วยสนับสนุนโจทย์ในโลกปัจจุบัน เช่น Industry 4.0 หรือ Financial Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โพรโตคอลแบบแพร่กระจายถูกออกแบบมาเพื่อมุ่งหวังที่จะแก้ไขปัญหาในระบบขนาดใหญ่ นิยามของโพรโตคอลแบบแพร่กระจายคือ การสื่อสารโดยมีพื้นฐานมาจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต โดยนำเอาแนวคิดของลักษณะการระบาดของไวรัสและลักษณะการสื่อสารแบบซุบซิบของมนุษย์มาประยุกต์ใช้ใน โดยลักษณะสำคัญของโพรโตคอลแบบแพร่กระจาย คือ สภาพทนทาน และ การรองรับการขยายระบบ ซึ่งลักษณะเหล่านี้เกี่ยวกับการส่งผ่านข้อมูลอย่างทั่วถึง โดยอยู่บนพื้นฐานของระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อกัน [6] โดยกระบวนการหลักที่สำคัญของโพรโตคอลแบบแพร่กระจาย คือ การสื่อสารแบบสุ่ม เพื่อมุ่งสู่ลักษณะสำคัญทั้งสองข้างต้น

ได้มีหลากหลายแอพลิเคชั่นที่มีการนำหลักการดังกล่าวมาเพื่อแก้ปัญหาในหลากหลายวัตถุประสงค์ และในหลากหลายสภาพแวดล้อม โดยตัวอย่างของแอพลิเคชั่นเหล่านั้นคือ เครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer to Peer) (Bansod et. Al., 2008), การประมวลผลแบบกระจาย (Di et. al., 2009), เครือข่ายเฉพาะกิจไร้สาย (Mobile Ad Hoc Networks: MANET) (Vahdat and Becker, 2000), การประมวลผลแบบประสิทธิภาพสูงในระบบขนาดใหญ่ (exascale high performance computing) (Katti et. Al., 2015), การทำเหมืองข้อมูล (data mining) (Di Fatta et. al., 2011)

โพรโตคอลแบบแพร่กระจายถูกนำมาพัฒนาและใช้ในการแก้ปัญหาข้อมูลรวม (data aggregation) เนื่องด้วยการเป็นระบบที่มีการกระจายของข้อมูลสูง เช่น เครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งกำลังได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้ในวงกว้าง (Bawa et. al., 2003) เนื่องด้วยในระบบเหล่านี้ข้อมูลรวมมีความสำคัญมากกว่าข้อมูลแบบเฉพาะส่วน (Kempe et. al., 2013) ดังนั้นเครื่องมือที่สามารถประมวลผลคุณลักษณะของระบบเครือข่ายเป็นสิ่งจำเป็น (Jesus et. al., 2010) ระบบตรวจสอบสถานะคือตัวอย่างความสำคัญของข้อมูลรวมคือ ผู้ดูแลระบบมีแนวโน้มจะสนใจข้อมูลภาพกว้างจากทุกหน่วยการทำงานมากกว่าข้อมูลเฉพาะส่วนย่อยของการทำงาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างของการการนำโพรโตคอลแบบแพร่กระจายมาใช้ในระบบตรวจสอบสถานะ คือระบบที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในเมือง การศึกษานั้นได้แสดงการใช้งาน ระบบเครือข่ายแบบกระจายในกระบวนการผลิต ด้านที่น่าสนใจในงานนี้คือภัยน้ำท่วมซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อระบบระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำจากฝนที่ตกหนักได้ ผลจากเหตุการณ์นี้โรงงานบำบัดน้ำเสียจะไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ และเกิดปัญหาน้ำท่วมซึ่งมีผลกระทบต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนโดยรอบ ต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไประบบระบายน้ำถูกจัดการโดยระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การควบคุมแบบทันท่วงที ที่ต้องการการใช้เซ็นเซอร์และระบบที่ได้รับการควบคุมแบบทันท่วงที เพื่อสามารถจัดการกับปัญหาน้ำท่วมที่แตกต่างกันออกไป

หลากหลายงานวิจัยที่มีกระบวนการควบคุมแบบทันท่วงทีเข้ามาเกี่ยวข้องจะอยู่บนพื้นฐานของระบบเครือข่ายแบบรวมศูนย์ที่เกิดปัญหาต่างๆเนื่องจากปริมาณข้อมูลที่ใหญ่เพียงพอที่สามารถถูกอ่าน จัดการและประมวลผลได้ ข้อเสียของระบบเครือข่ายแบบรวมศูนย์ ประกอบด้วย 1) การมีโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน 2) สถานีกลางจำเป็นที่จะต้องติดต่อกับทุกๆส่วนของระบบทั้งหมด และ 3) ความล้มเหลวหนึ่งใดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหรือส่วนใดก็ตามของระบบ โดยเฉพาะหน่วยการทำงานกลาง สามารถทำให้ระบบทั้งหมดล่มได้

เพื่อที่จะแก้ข้อเสียดังกล่าวข้างต้น ระบบเครือข่ายแบบกระจายถูกนำมาพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่ Cosenza ใน Italy (Garofalo et. al., 2017) ซึ่งเอาระบบเครือข่ายแบบกระจายและมีการควบคุมแบบทันท่วงทีมาใช้กับโพรโตคอลแบบแพร่กระจายซึ่งสามารถแสดงประสิทธิภาพที่ดีและมีคุณสมบัติที่มีการคงทนต่อความเสียหาย ลักษณะของระบบนี้คือ

- แต่ละหน่วยการทำงานของระบบสามารถทำงานได้อย่างอิสระและสามารถประมวลผลได้โดยอัตโนมัติ
- แต่ละหน่วยการทำงานจะไม่เก็บข้อมูลทั้งหมดในระบบและจะเก็บแค่บางส่วนและทำงานโดยมีพื้นฐานจากข้อมูลนั้น
- แต่ละหน่วยการทำงานจะมีความสำคัญเท่ากันไม่หน่วยการทำงานได้ที่ควบคุมหน่วยการทำงานอื่น

โดยโพรโตคอลแบบแพร่กระจายนั้นถูกมาใช้ในส่วนของการวัดค่าเฉลี่ยของระดับน้ำ ซึ่งเมื่อค่าเฉลี่ยของระดับน้ำเกินกว่าที่กำหนด ระบบทำการปล่อยน้ำให้กลับมาเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับน้ำ ซึ่งค่าเฉลี่ยของระดับน้ำนั้นมาจากข้อมูลของระดับน้ำแต่ละจุดโดยวัดจากเซนเซอร์ ผลจากการศึกษาของงานวิจัยที่นำเอาโพรโตคอลแบบแพร่กระจายมาแก้ปัญหาระบบน้ำท่วมแสดงให้เห็นว่าโพรโตคอลแบบแพร่กระจายสามารถช่วยให้ระบบบำบัดน้ำสามารถควบคุมระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาใช้ในการสร้างโปรแกรมจำลอง

3.1.3 พัฒนาโปรแกรมจำลองและเก็บข้อมูลจากโปรแกรมจำลอง

3.1.4 นำข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมจำลองมาวิเคราะห์และทำการประเมินผล

3.1.5 สรุปผลการดำเนินงาน

3.2 ตารางแผนงานวิจัย

ตารางแผนงานวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่												ผู้รับผิดชอบ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง													ภาสุ
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาใช้ในการสร้างโปรแกรมจำลอง													ภาสุ
3. พัฒนาโปรแกรมจำลองและเก็บข้อมูลจากโปรแกรมจำลอง													ภาสุ
4. นำข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมจำลองมาวิเคราะห์และทำการประเมินผล													ภาสุ
5. สรุปผลการดำเนินงาน													ภาสุ
6. จัดทำผลงานทางวิชาการเพื่อนำเสนอในการประชุม สัมมนา / ระดับนานาชาติ(International Conference) จำนวน 1 ฉบับ													ภาสุ
7. เดินทางไปนำเสนอบทความ													ภาสุ
8. ตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ													ภาสุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางผลงานในแต่ละช่วงเวลา

ปีที่	เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1	1-2	ได้องค์ความรู้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
	3-5	ได้ข้อมูลที่ถูกสร้างจากโปรแกรมจำลอง
	6-7	ได้ข้อมูลที่ถูกวิเคราะห์และผลการประเมินจากตัวชี้วัด
	8-9	สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำบทความวิจัย
	10-12	นำเสนอผลงานในการประชุม / สัมมนา ระดับนานาชาติ (International Conference) และตีพิมพ์ผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา นวัตกรรมทางเทคโนโลยีได้แสดงให้เห็นแล้วว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงในอนาคตของเรา เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นที่นิยมอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเชิงพาณิชย์เศรษฐกิจ [1], [3] โดยการทำธุรกิจบนอินเทอร์เน็ตวันนี้พึ่งพาสถาบันการเงินเป็นส่วนใหญ่ [4] ซึ่งกิจกรรมของบุคคลที่สามต้องใช้ต้นทุนในการทำธุรกรรมและเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นมาจากการทำธุรกรรมโดยไม่มีบุคคลที่สาม ดังนั้น เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าด้วยการประหยัดเวลาและความไว้วางใจ เทคโนโลยี Blockchain ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลง [4] โดยระบบอนุญาตให้มีระบบการจ่ายเงินสดอิเล็กทรอนิกส์ส่งเงินโดยตรง [2], [4] นอกจากนี้ blockchain ยังมีศักยภาพสูงที่จะสามารถเข้าถึงขีดจำกัดของความสามารถในการปรับขยายได้ [1] ระบบ Bitcoin ซึ่งเป็นระบบการเข้ารหัสลับแบบเข้ารหัสสำหรับอินเทอร์เน็ตนั้น เป็นตัวอย่างที่ได้รับความนิยมมากที่สุดของระบบจริงที่สืบทอดแนวคิดของเทคโนโลยี Blockchain อันเป็นเป็นกลไกพื้นฐาน มี Distributed system เป็นหนึ่งในลักษณะพื้นฐานของเทคโนโลยี Blockchain ที่มีระบบเครือข่ายแบบ peer-to-peer โดยข้อได้เปรียบหลักของ Distributed system ได้แก่ ความสามารถในการยืดขยายและความผิดพลาดในบริบทของสถาบันการเงิน เทคโนโลยี Blockchain มีผลกระทบอย่างใหญ่หลวงต่อโลกดิจิทัลจากข้อตกลงการแจกจ่ายที่มีการตรวจสอบธุรกรรมออนไลน์ทุกครั้ง

โดยไม่กระทบต่อความเป็นส่วนตัวของเนื้อหาดิจิทัลและบุคคลที่เกี่ยวข้อง [5] อย่างไรก็ตาม กลไกการออกอากาศสามารถนำข้อความและข้อมูลที่ไม่จำเป็นไปใช้กับระบบซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของข้อความสูง ปัญหานี้ได้สร้างแรงบันดาลใจให้แนวคิดในการใช้โปรโตคอลในการแพร่ระบาด โปรโตคอลการระบาดเป็นโปรโตคอลสื่อสารและการสื่อสารที่ได้รับแรงบันดาลใจจากชีวภาพโดยใช้กลไก Unicast เพื่อกระจายข้อมูลและคำนวณการรวมข้อมูลในระบบเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ โดยลักษณะสำคัญของโปรโตคอลการแพร่ระบาดคือความผิดพลาด ความทนทานและความยืดหยุ่น [6] มีโปรโตคอลการแพร่ระบาดของโรคระบาดในหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่การวิจัยหลายแห่งรวมทั้งเครือข่ายการซ้อนทับแบบ Peer-to-Peer (P2P) [7], การคำนวณแบบกระจาย [8], การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง [9], การรวบรวมข้อมูล [10] [11] โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอผลงานเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้โปรโตคอลการแพร่ระบาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแจกแจงข้อตกลงร่วมกันใน Blockchain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.1 Distributed Ledger Technology

เนื่องจากการเกิดขึ้นของกลยุทธ์ทางด้านการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีใหม่ๆ ในปัจจุบัน ทำให้ Distributed Ledger Technology (DLT) ได้กลายเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทำธุรกรรม โดย DLT มีฟังก์ชันในการบันทึกข้อมูลในวิธีการแก้ปัญหาแบบกระจายอำนาจซึ่งสามารถนำไปใช้กับหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ บริการทางการเงินหรือการเข้ารหัสลับ [12] การโอนการเป็นเจ้าของสินทรัพย์ [13] เป็นต้น

4.2.2 Blockchain Technology

Blockchain เป็นโครงสร้างข้อมูลประเภทหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บและส่งข้อมูลในแพ็คเกจ โดยแพ็คเกจนี้เรียกว่าบล็อกที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างผู้เข้าร่วมในห่วงโซ่ดิจิทัลเข้าไว้ด้วยกัน โดยการทำธุรกรรมแต่ละครั้งจะได้รับการยืนยันโดยเอกฉันท์ของผู้เข้าร่วม โดยข้อมูลที่ป้อนในแต่ละครั้งจะไม่ถูกลบหรือทำลาย [5]

4.2.3 Epidemic Protocols

Epidemic Protocols คือกระบวนทัศน์การสื่อสารและการคำนวณแบบสุ่ม ที่มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครือข่ายที่มีขอบเขตมาก [15] โปรโตคอลนี้เป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากมีระบบเครือข่ายแบบซ้อนทับแบบ peer-to-peer (P2P) และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ แอพพลิเคชั่น [10] โดยทั่วไปโปรโตคอลการแพร่ระบาดมีการกำหนดเป็นระยะ ๆ โดยมีความยาวรอบที่กำหนดไว้ แต่ละโหนดจะส่งค่าท้องถิ่นไปยังโหนดที่ถูกสุ่มเลือกในแต่ละรอบ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ว่าเหมาะสมสำหรับการเผยแพร่ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูลในเครือข่ายขนาดใหญ่

4.3 The Epidemic Transaction Distribution Protocol

ในงานวิจัยนี้ the Epidemic Transaction Distribution Protocols ถูกพัฒนามาจากแนวคิดของ Epidemic Protocols โดยที่แต่ล่ะโหนดจะเก็บรายการของการทำธุรกรรมไว้ที่แคช ซึ่งในแต่ล่ะรอบของการทำงาน โหนดที่ทำหน้าที่เป็นผู้ส่งจะทำการส่งข้อมูลรายการที่เก็บไว้ไปหาโหนดที่ถูกเลือกเป็นผู้รับ โดยที่ผู้รับจะถูกเลือกมาแบบสุ่มจากในรายชื่อที่ผู้ส่งเก็บไว้ หลังจากที่ผู้รับได้รับข้อมูลจากผู้ส่ง ผู้รับจะส่งข้อมูลรายการกลับไปที่ผู้ส่งและทำการรวมข้อมูลที่ได้รับมาระหว่างผู้รับและผู้ส่งเข้าด้วยกัน ในทำนองเดียวกันเมื่อผู้ส่งได้รับข้อมูลที่ตอบกลับมา ผู้ส่งก็จะทำการรวมข้อมูลเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 คำอธิบายแบบจำลอง

ในส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอการจำลองที่ใช้ในงานนี้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองที่เรียกว่า PeerSim [14] ซึ่ง PeerSim เป็นแบบจำลองเครือข่ายที่ใช้ Java ซึ่งอิงกับเหตุการณ์แบบแยกส่วน โดยวัตถุประสงค์ของการสมัครคือการแจกจ่ายธุรกรรมตามแนวความคิดของบัญชีแยกประเภท ซึ่งมีการจำลองธุรกิจธนาคารโดยมีข้อมูลในแคชซึ่งหมายถึงการทำธุรกรรมของธนาคาร โดยรายละเอียดของคุณสมบัติของแบบจำลองมีดังนี้

- จำนวนของโหนดทั้งหมดที่ใช้ในแบบจำลองคือ 1,000 โหนด
- ลักษณะของโครงข่ายเชื่อมต่อของโหนดคือ Random Graph
- เวลาที่ใช้ในการสื่อสารในแต่ล่ะรอบคือ 4 นาที โดยระยะเวลาในการส่งข้อมูลจากผู้รับถึงผู้ส่งจะถูกสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1 นาที
- จำนวนรอบที่ใช้ในการทดสอบมี 100 รอบ โดยในรอบที่ 50 ได้จำลองสถานการณ์ที่ทุกโหนดโอนเงินไปที่โหนดๆ เดียว
- เป้าหมายของแบบจำลองคือการวัดความเร็วในการกระจายข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูลในแต่ล่ะโหนด

4.5 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

ผลการทดลองสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกคือค่าเฉลี่ยของขนาดแคชในเครื่องจะแสดงให้เห็นว่าโหนดได้รับข้อมูลอย่างไร ส่วนผลลัพธ์สำหรับชุดที่สอง เป็นการตรวจสอบความเร็วในการกระจายข้อมูล

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าโหนดมีความสามารถในการได้รับข้อมูลอย่างไร โดยแกน Y แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดแคช ส่วนแกน X แสดงจำนวนรอบ สำหรับในรอบแรกนั้น ทุกๆโหนดจะแจกจ่ายข้อมูลของตนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้กับโหนดอื่น ๆ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของขนาดแคชของแต่ละโหนดจะเพิ่มขึ้นจนกว่าข้อมูลจะมีความพ้องตรงกัน สำหรับในรอบที่ 50 นั้น ทุกโหนดจะโอนเงินบางส่วนไปยังโหนดที่ระบุ ดังนั้นการทำธุรกรรมจึงเกิดขึ้นและข้อมูลก็ได้มีการแจกจ่ายออกไ

รูปที่ 4 แสดงผลของความเร็วในการกระจายข้อมูล โดยที่แกน Y แสดงความเร็วในการกระจายข้อมูลและแกน X แสดงจำนวนรอบ โดยในรอบที่ 1 ทุกโหนดเริ่มกระจายข้อมูลระหว่างกันโดยใช้เวลาน้อยกว่า 10 รอบในการที่ข้อมูลจากทุกโหนดจะการจายทั่วทั้งระบบ และในรอบที่ 50 ทุกโหนดเริ่มทำการโอนเงินไปที่โหนดๆหนึ่ง ซึ่งข้อมูลกระจายทั่วทั้งระบบน้อยกว่า 10 รอบ

จากรูปที่ 3 และ 4 สามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของขนาดแคชในระบบมีความสัมพันธ์กับความเร็วและความถูกต้องของข้อมูล โดยในระบบขนาด 1,000 โหนด จำนวนรอบที่ใช้สำหรับกระจายข้อมูลทั่วทั้งระบบน้อยกว่า 10 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอีคอมเมิร์ซ ทำให้การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อบริษัทในการขยายขีดความสามารถในการแข่งขันและการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด ระบบ Distributed system เช่น ระบบ Blockchain ได้กลายเป็นที่ระบบน่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการค้า ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า Blockchain ได้ช่วยให้คู่สัญญาสามารถทำธุรกรรมทางการเงินได้อย่างสะดวก ไม่ต้องมีตัวกลางที่น่าเชื่อถือ และมีต้นทุนการทำธุรกรรมต่ำ ซึ่งหมายความว่าการใช้ระบบสัญญาอัจฉริยะจะแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่ดีกว่ารูปแบบของระบบสัญญาปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ยังคงมีงานวิจัยที่เปิดกว้างขึ้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีนี้

ในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาความสอดคล้องของการแจกจ่าย โดยมีจุดมุ่งหมายคือการใช้แนวคิดเรื่อง Epidemic protocols เพื่อดำเนินการกระจายข้อมูลด้วยรูปแบบการสื่อสารแบบ unicast ในขณะที่ Blockchain ใช้รูปแบบการสื่อสารการแพร่ภาพ โดยผลการศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า Epidemic protocols สามารถกระจายข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ยังมีหลายปัจจัย เช่น message overhead, network topology และอื่น ๆ ที่ต้องกังวล นอกจากนั้น กลไกการเชื่อมต่อกราฟของโปรโตคอลยังเป็นหนึ่งในหน้าที่สำคัญที่ควรมุ่งเน้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

การเผยแพร่งานวิจัย

Poonpakdee, P., Koiwanit, J., Yuangyai, C., and Chatwiriya, W. (2018). Applying Epidemic Algorithm for Financial Service Based on Blockchain Technology. The 4th International Conference on Engineering, Apply Science and Technology (ICEAST). July 4-7, 2018, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

Deloitte. "White Paper: The Blockchain (R)evolution The Swiss Perspective" pp. 1-39, Febuary 2017.

A. Kosba, A. Miller, E. Shi, Z. Wen and C. Papamanthou, "Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts", IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), San Jose, CA, 2016, pp. 839-858, 2016

S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," 2008.

A. Ekblaw, A. Azaria, J.D. Halamka, and A. Lippman, "A Case Study for Blockchain in Healthcare: MedRec prototype for electronic health records and medical research data," Proceedings of IEEE Open & Big Data Conf. 13, 13, August 2016.

M. Crosby, Nachiappan, P. Pattanayak, S. Verma, V. Kalyanaraman, "BlockChain Technology Beyond Bitcoin," SutardjaCenter for Entrepreneurship & Technology Technical Report, October 2015.

P. Poonpakdee, and G. Di Fatta, "Robust and efficient membership management in large-scale dynamic networks," Future Gener. Comput. Syst., vol. 75, pp. 85 - 93, 2017.

N. Bansod, A. Malgi, B. K. Choi, and J. Mayo, "Muon: Epidemic based mutual anonymity in unstructured P2P networks," Computer Networks, vol. 52, no. 5, pp. 915 - 934, 2008.

S. Di, C. L. Wang, and D. H. Hu, "Gossip-based dynamic load balancing in an autonomous desktop grid," in Proc. of the 10th International Conference on HighPerformance Computing in Asia-Pacific Region, pp. 85 - 92, 2009.

Soltero, P., Bridges, P., Arnold, D., and Lang, M. (2013), A gossipbased approach to exascale system services, in Proceedings of the 3rd International Workshop on Runtime and Operating Systems for Supercomputers, ser. ROSS 13. ACM.

F. Blasa, S. Cafiero, G. Fortino, and G. Di Fatta, "Symmetric push-sum protocol for decentralised aggregation," in Proc. of the Int.l Conf. on Advances in P2P Systems, pp. 27 - 32, 2011.

M. Ayiad, A. Katti, and G. Di Fatta, "Agreement in Epidemic Information Dissemination," IDCS 2016, pp. 28 - 30, 2016.

P.L. Seijas, S. Thompson, and D. McAdams, "Scripting smart contracts for distributed ledger technology," Cryptology ePrint Archive, Report 2016/1156, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

World Bank Group, "Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain," FinTech Note, no. 1, 2017.

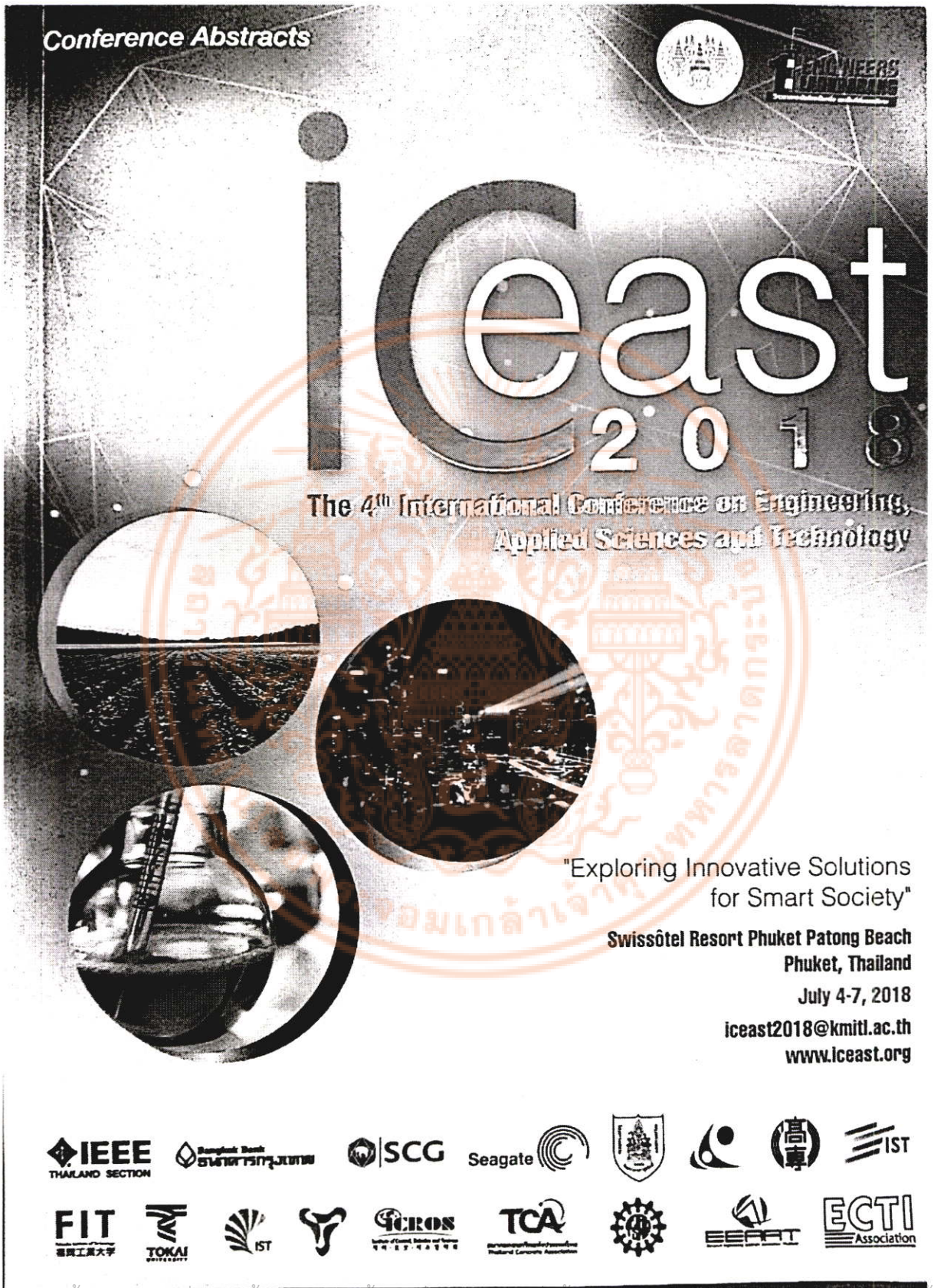
P. Poonpakdee, J. Koiwanit and C. Yuangyai, "Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0," in Procedia Computer Science of the 14th Int. Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC'17), vol. 110, pp. 46 - 53, 2017.

A. Montresor, and M. Jelasity, "PeerSim: A scalable P2P simulator", in Proc. of the 9th Int. Conference on Peer-to-Peer (P2P09), pp. 99 - 100, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก
เอกสารผลงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Applying Epidemic Algorithm for Financial Service based on Blockchain Technology

Pasu Poonpakdee*, Jarotwan Koiwanit*, Chumpol Yuangyai* and Watchara Chatwiriyaya**

*Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok 10520, Thailand

**Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok 10520, Thailand

Abstract Our global market is emerging transformation strategy that can make the difference between success and failure. Smart contract systems through developments of technological innovations are increasingly seen as alternative technologies to impact transactional processes significantly. Blockchain is a smart contract protocol with trust offering the potential for creating new transaction platforms and thus shows a radical change of the current core value creation in third parties. These results in enormous cost and time savings and the reduced risk for the parties. This study proposed a method to improve the efficiency of distributed consensus in blockchains using epidemic algorithm. The results showed that epidemic protocols can distribute the information similar to blockchain.

Index Terms Epidemic Algorithms, Blockchain, Distributed Consensus, Financial Technology

I. INTRODUCTION

In recent years, technological innovations have demonstrated on many occasions to offer a radical change as a glimpse into our future. These technologies are rapidly going popularity especially on commercial economy [1], [2]. Doing businesses on the internet these days rely mostly on financial institutions [3]. The third parties activities require the transaction costs and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

time spent. To serve customers satisfaction with time and money saving together with trust, blockchain has been introduced with regard to transformation [3]. The system allows electronic cash payment system to send money directly to each other between market participants without the trust from a third electronic party [3], [4]. In addition, blockchain has high potential to reach its limits with regard to its scalability [1]. Bitcoin, the decentralized crypto-currency for the internet, is the most popular example of the real system that that inherits the concept of blockchain technology as a fundamental mechanism.

Decentralized system is one of the fundamental characteristics of blockchain technology due to its basis is the peer-to-peer network. The main advantages of decentralized systems include extensibility and fault tolerance. In the context of financial institutions, the blockchain technology has the massive impact to the digital world from a distributed consensus where the verification of every online transaction is possible at any time without compromising the privacy of the digital assets and parties involved [5]. In order to perform a distributed consensus, the blockchain technology uses a broadcast mechanism as message transmission. However the broadcast mechanism can introduce unnecessary messages and data to the system, which effects high message overhead.

This problem has inspired a concept to apply epidemic protocols to perform distributed consensus to blockchain. Epidemic protocols are bio-inspired communication and computation protocols based on unicast mechanism aim to distribute information and compute data aggregation in largescale networked systems. The protocols adopt fully decentralized paradigm as basis. The important characteristics of epidemic protocols are fault-tolerant, robustness and scalability. [6]. Epidemic protocols are emerging in many applications related to many research areas, including Peer-to-Peer (P2P) overlay networks [7], distributed computing [8], exascale high performance computing [9], data aggregation [10] and global consensus [11]. This study presented the preliminary work on applying epidemic protocols in order to improve the efficiency of distributed consensus in blockchain.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The rest of the paper is organized as follows. The related works are presented in section 2 consisting of epidemic protocols and the convergence detection method based on epidemic approach. The simulation configuration related to this work is described in section 3. The experimental results of simulations are shown in Section 4. Finally, section 5 provides conclusion and future works.

II. RELATED WORK

A. Distributed Ledger Technology

As the emerging transformation strategy, Distributed Ledger Technology (DLT) has increasingly seen as one of the new technologies that impact transactional processes. DLT provides the function to recording information in a decentralized solution, which can be applied to many fields namely, financial services or cryptocurrencies [12], asset ownership transfer [13]. Based on the hypothesis that the asset could be anything of value. DLT can ensures that double-spending is prevented which means an asset is only transferred by its true owner and cannot be transferred more than once. In DLT, transactions are stored in a continuous ledger and they can be added to the ledger with an approval. So a greater trust in the validators or operators of the ledger is necessary for a distributed ledger [13].

B. Blockchain Technology

Blockchain is a type of data structure aiming to store and transmit data in packages. The packages are called blocks that can be able to connect among participants in a digital chain. Each transaction will be verified by consensus of participants and the data, once entered, will not be erased [5]. Fig. 1 represents how blockchain distributes the information over the network that prevents the problem of distributed consensus. Fig. 1. Blockchain broadcasts the information. The sequence of consensus process in blockchain is shown as follow.

1) New transactions are broadcast to every nodes.

2) Each node receives new transactions and creates a block collecting new transactions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) Each node perform a proof-of-work process for its block.

4) After a node completes a proof-of-work, then the block is broadcast to every nodes.

5) The block that contains all valid transactions, is accepted by nodes

6) Nodes create the next block in the chain.

7) Nodes always consider the longest chain as the correct chain and will continue working on it.

According to Nakamoto, blockchain can prove that distributed consensus is possible on large scale network systems.

C. Epidemic Protocols

Epidemic protocol is a randomizes communication and computation paradigm that aims to solve problem especially in an extreme-scale network system [14]. Since peer-to-peer (P2P) overlay network system have significantly become more popular and the system can be applied in a broad range of applications [10], several epidemic protocols have been introduced. In general, epidemic protocols are set periodically with a fixed cycle length. Each node will send its local value to a random peer in each cycle. They have been proved to be suitable for information dissemination and data aggregation in large-scale networks.

In order to perform randomized communication, it is unrealistic for each node to contain the global knowledge in large-scale networks. A peer sampling service is required and provided by epidemic membership protocol, a practical implementation of the peer sampling service that returns a random node, similarly to a random selection from the global knowledge.

In term of consensus, epidemic protocols provide several advantages over centralized paradigms due to the fault tolerance, scalability, decentralization and lightweight properties. In addition, epidemic protocols can also support asynchronous applications.

III. THE EPIDEMIC TRANSACTION DISTRIBUTION PROTOCOL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

In this work, the Epidemic Transaction Distribution Protocol was implemented based on gossip-based communication paradigm. Each node contains the list of transactions and keeps them in the local cache. At each cycle, the node (sender) will send its local cache to a randomly selected node (receiver) via a push message. When the receiver receives the push message, the pull message will be sent to the sender. Then, the receiver will merge the cache from the message with the local cache. The sender will also merge the cache from the pull message to update the information. Table I describes the notation adopted in the following algorithms. Algorithm 1 shows the pseudocode of the Epidemic Transaction Distribution Protocol.

TABLE I

Fig. 2 represents how the Epidemic Transaction Distribution Protocol distributes the information over the network.

The major different between the Epidemic Transaction Distribution Protocol and blockchain is how the information is Algorithm 1 The Epidemic Transaction Distribution Protocol

Fig. 2. The Epidemic Transaction Distribution Protocol distributes the information. disseminated through the system. Blockchain adopts the message broadcast while the Epidemic Transaction Distribution Protocol is message unicast.

IV. SIMULATION CONFIGURATION

This section presents the configuration of simulation that is used in this work. The results were produced from the simulation, called PeerSim [15]. PeerSim is a Java-based network simulation based on discrete event. The objective of the application is to distribute the transaction based on the concept of distributed ledger. This work simulates the banking business where the information in the local cache refers to the banking transaction.

In term of technical configuration, the initial topology is a regular random graph and the structure of the network topology is static. The network size is 1,000 nodes. The simulation was run for 100 cycles. The cycle length of the simulation is set to 40,200 and the network latency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

is randomized between 0 to 10,000. Therefore, if the cycle length is set to four minutes, then the maximum network latency is about one minute. More detail about the architecture of the simulation model is explained in [14]. The goal of the simulation is to evaluate the distribution speed and correctness of the information in each node.

In the first cycle, every node will distribute the information in their local cache to other nodes. After 50 cycles, the simulation emulate the situation when every nodes transfer the money to a single node.

V. EXPERIMENTAL RESULTS

The experimental results can be categorized in two sets. First, the average of local cache's size shows how the node gains the information. Second, the distribution speed of the information is examined.

Fig. 3 shows how the node gains the information. Y-axis presents the average of local cache's size. X-axis present the number of cycles. At the first cycle, every nodes will distribute their local information how much money they have, to others, so the average of local cache's size is increasing until a consensus is reached. At cycle 50th, every node transfer some of their money to a given node. So the transactions are created and the information is distributed.

Fig. 4 shows the speed of information distribution. Y-axis presents the distribution speed. X-axis present the numberof cycles. At the first cycle, every nodes start to distribute the information. So the information about a given node has not been notice to every nodes. It requires several cycle to distribute the information. The information is distributed again at cycle 50th when the money is transferred. According to Fig. 3 and 4, it claims that the average of local cache's size has relationship with the distribution speed. The number of required cycles for consensus is lower than 10 cycles.

VI. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Because of the ongoing emergence of e-commerce, the ability to change these days is necessary to companies to expand their competitive advantages and market shares. Decentralized systems such as blockchain are becoming attractive especially in commercial systems. In this study, it was found that blockchain allows parties to do financial transactions in a clean and without any centrally trusted intermediary together with low transactional cost. This means that using smart contract systems show better benefits over the existing and present forms of contract systems. However, there are still opened research areas to improve the efficiency of this technology.

In this work, the study in distributed consensus is focused. The aim is to adopt the concept of epidemic protocols to perform information distribution with unicast communication pattern, while blockchain is using broadcast communication pattern. The preliminary results show that epidemic protocols can distribute the information with an optimal speed. However, there are many factors e.g. message overhead, network topology and etc. that have to be concerned. In addition, the graph rewiring mechanism of membership protocols is one of the important functions that should be concentrated on.

REFERENCES

[1] Deloitte. "White Paper: The Blockchain (R)evolution The Swiss Perspective" pp. 1-39, Febuary 2017.

[2] A. Kosba, A. Miller, E. Shi, Z. Wen and C. Papamanthou, "Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts", IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), San Jose, CA, 2016, pp. 839-858, 2016

[3] S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," 2008.

[4] A. Ekblaw, A. Azaria, J.D. Halamka, and A. Lippman, "A Case Study for Blockchain in Healthcare: MedRec prototype for electronic health records and medical research data," Proceedings of IEEE Open & Big Data Conf. 13, 13, August 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[5] M. Crosby, Nachiappan, P. Pattanayak, S. Verma, V. Kalyanaraman, "BlockChain Technology Beyond Bitcoin," SutardjaCenter for Entrepreneurship & Technology Technical Report, October 2015.

[6] P. Poonpakdee, and G. Di Fatta, "Robust and efficient membership management in large-scale dynamic networks," Future Gener. Comput. Syst., vol. 75, pp. 85 - 93, 2017.

[7] N. Bansod, A. Malgi, B. K. Choi, and J. Mayo, "Muon: Epidemic based mutual anonymity in unstructured P2P networks," Computer Networks, vol. 52, no. 5, pp. 915 - 934, 2008.

[8] S. Di, C. L. Wang, and D. H. Hu, "Gossip-based dynamic load balancing in an autonomous desktop grid," in Proc. of the 10th International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, pp. 85 - 92, 2009.

[9] Soltero, P., Bridges, P., Arnold, D., and Lang, M. (2013), A gossipbased approach to exascale system services, in Proceedings of the 3rd International Workshop on Runtime and Operating Systems for Supercomputers, ser. ROSS 13. ACM.

[10] F. Blasa, S. Cafiero, G. Fortino, and G. Di Fatta, "Symmetric push-sum protocol for decentralised aggregation," in Proc. of the Int.l Conf. on Advances in P2P Systems, pp. 27 - 32, 2011.

[11] M. Ayiad, A. Katti, and G. Di Fatta, "Agreement in Epidemic Information Dissemination," IDCS 2016, pp. 28 - 30, 2016.

[12] P.L. Seijas, S. Thompson, and D. McAdams, "Scripting smart contracts for distributed ledger technology," Cryptology ePrint Archive, Report 2016/1156, 2016.

[13] World Bank Group, "Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain," FinTech Note, no. 1, 2017.

[14] P. Poonpakdee, J. Koiwanit and C. Yuangyai, "Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0," in Procedia Computer Science of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

14th Int. Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC'17), vol. 110, pp. 46 - 53, 2017.

[15] A. Montresor, and M. Jelasity, "PeerSim: A scalable P2P simulator", in Proc. of the 9th Int. Conference on Peer-to-Peer (P2P09), pp. 99 - 100, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สัญญาเลขที่ KREF186008

โครงการ การประเมินวัฏจักรชีวิตของการใช้โดรนในการขนส่งสินค้าในพื้นที่ห่างไกลในประเทศไทย
Life cycle assessment of drone delivery in rural location in Thailand

รายงานสรุปการเงินรอบ 12 **เดือน**

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ดร.ภาสุ พูนภักดี

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 20 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2561

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่ายสะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-	-	-
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทน	-	-	-	-	-
ค่าใช้สอย	53,000	50,000	3,000	53,000	-
ค่าวัสดุ	47,000	38,820	4,433	45,933	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	-
รวม	100,000	-	11,516	98,933	-

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	เมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี)
งวดที่ 1	95,000	12/10/17
งวดที่ 2	-	-
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 1	54.47	25/12/17
ดอกเบี้ย ครั้งที่ 2	8.78	25/06/18
รวม	95,063.25	❶ 95,063.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

งวดที่	จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)	
งวดที่ 1	100,000	100,000
งวดที่ 2	-	-
ฯลฯ		
รวม	100,000	❷ 100,000

จำนวนเงินคงเหลือ ❶ - ❷ ..... - 5,063.25 ..... **บาท**

.....

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

.....

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัตินักวิจัย

ข้อมูลประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร. ภาสุ พูนภักดี

เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง วันเดือนปีเกิด 18 ตุลาคม 2528 อายุ 33 ปี

หน้าที่การงานปัจจุบัน (อาจารย์/~~เจ้าหน้าที่~~ /นักวิจัย /~~นักศึกษาระดับ~~...../~~อื่นๆ~~)

ตำแหน่ง อาจารย์

เริ่มทำงาน ณ สจล. ตั้งแต่ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เงินเดือนประจำ 32,760 บาท เงินประจำตำแหน่ง -

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D.	Computer Science	University of Reading, UK	2559
MSc	Software Engineering	University of Portsmouth, UK	2554
วศ.บ.	วิศวกรรมซอฟต์แวร์และความรู้	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2551

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ Epidemic Algorithms, Extreme Scale Distributed Systems

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2560	The article titled "Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0" was chosen as the Best Paper Award	The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017) and Elsevier

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. **Poonpakdee, P.**, Koiwanit, J., Yuangyai, C. (2017). Accuracy of Centralized and Decentralized manufacturing systems towards an Industry 4.0's perspective. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. **Poonpakdee, P.**, Suksangpunya, N. (2017). Epidemic Convergence Detection in Decentralized Network Systems towards Industry 4.0. International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.
3. **Poonpakdee, P.**, Koiwanit, J., Yuangyai, C. (2017). Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017). July 24-26, 2017, Leuven, Belgium.
4. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2017). Robust and Efficient Membership Management in Large-Scale Dynamic Networks. Future Generation Computer Systems, vol. 75, Oct. 2017, pp. 85 - 93. (Impact factor: 3.997)
5. **Poonpakdee, P.** (2016). Epidemic Aggregation without Membership Management in Undesired Topology. International Conference on Engineering and Technology 2016 (ICET 2016), Oct.2016, Japan.
6. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2014). Expander Graph Quality Optimisation in Randomised Communication. ICDM Workshops, IEEE, pp. 597 - 604.
7. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2015). Expansion Quality of Epidemic Protocols. 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing 2014, ser. Studies in Computational Intelligence. Springer International Publishing, vol. 570, pp. 291–300.
8. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2015). Connectivity Recovery in Epidemic Membership Protocols. IDCS, Springer, pp. 177 - 189.
9. **Poonpakdee, P.**, Orhon, N. G., Di Fatta, G. (2013) Convergence Detection in Epidemic Aggregation. Euro-Par Workshops, Springer, pp. 292 - 300.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. **Poonpakdee, P.**, Koiwanit, J., Yuangyai, C. (2017). Accuracy of Centralized and Decentralized manufacturing systems towards an Industry 4.0's perspective. The Third International Conference on Science, Engineering and Environment (SEE-USQ). November 12-17, 2017, Brisbane, Australia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. **Poonpakdee, P.**, Suksangpunya, N. (2017). Epidemic Convergence Detection in Decentralized Network Systems towards Industry 4.0. International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC 2017). August 23-25, 2017, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.

3. **Poonpakdee, P.**, Koiwanit, J., Yuangyai, C. (2017). Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. The 14th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2017). July 24-26, 2017, Leuven, Belgium.

4. **Poonpakdee, P.** (2016). Epidemic Aggregation without Membership Management in Undesired Topology. International Conference on Engineering and Technology 2016 (ICET 2016), Oct.2016, Japan.

5. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2015). Expansion Quality of Epidemic Protocols. 8th International Symposium on Intelligent Distributed Computing 2014, ser. Studies in Computational Intelligence. Springer International Publishing, vol. 570, pp. 291–300.

6. **Poonpakdee, P.**, Di Fatta, G. (2015). Connectivity Recovery in Epidemic Membership Protocols. IDCS, Springer, pp. 177 - 189.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.