

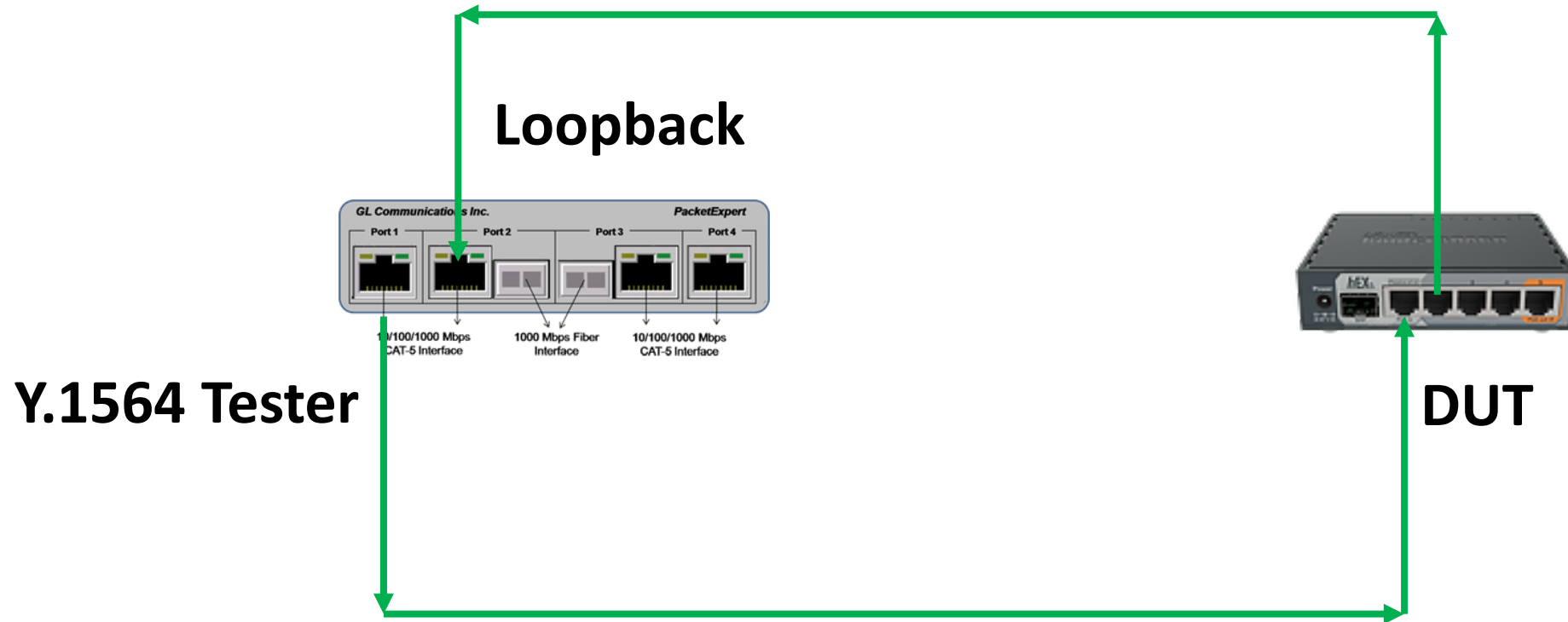
Service Performance testing on ROS as ITU-T Y.1564 standard

Presented By Surachai

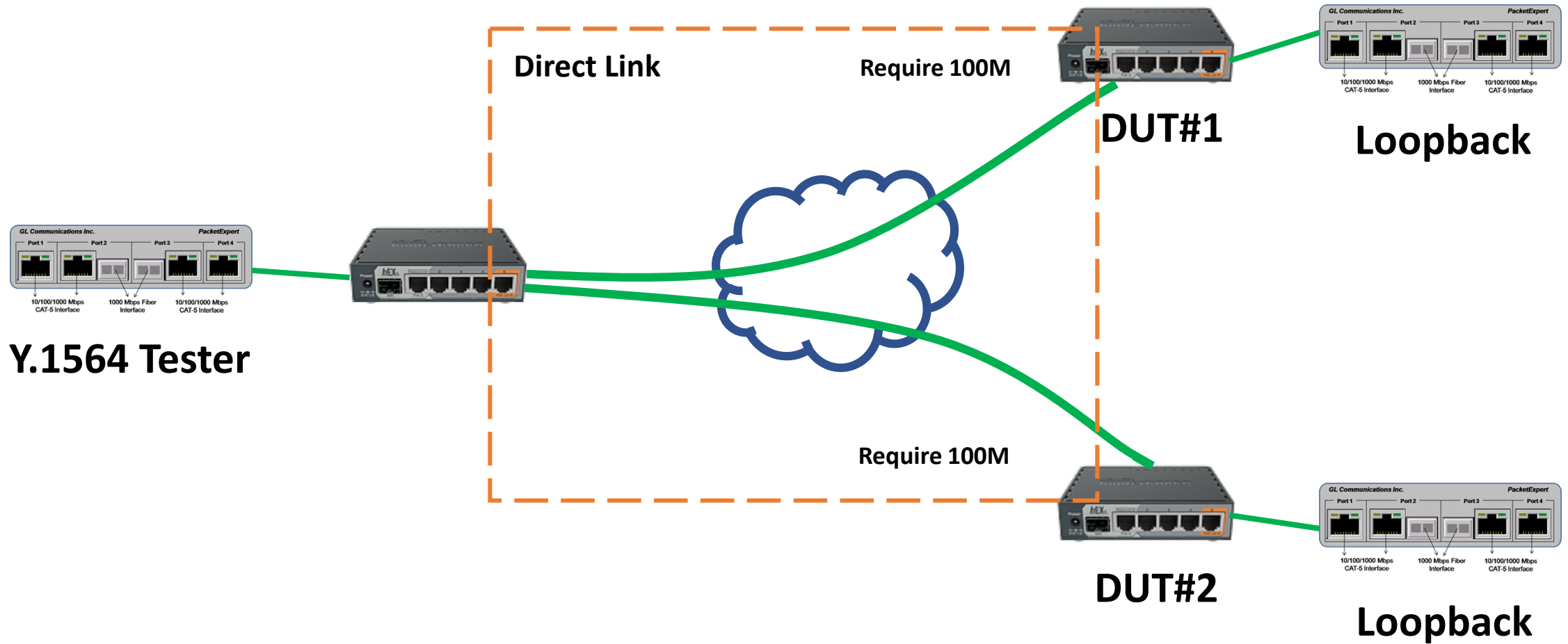
การทดสอบประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต Y.1564

- การทดสอบประสิทธิภาพระบบเครือข่ายเป็นการทดสอบการให้บริการติดตั้ง (**Service Agreement Measurement**) และแก้ไขปัญหาของการให้บริการบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผู้ใช้บริการมั่นใจในระบบเครือข่ายที่ใช้งานอยู่และได้ประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายตามที่ต้องการตามข้อตกลงในการขอใช้บริการ (**SLA : Service level Agreement**)

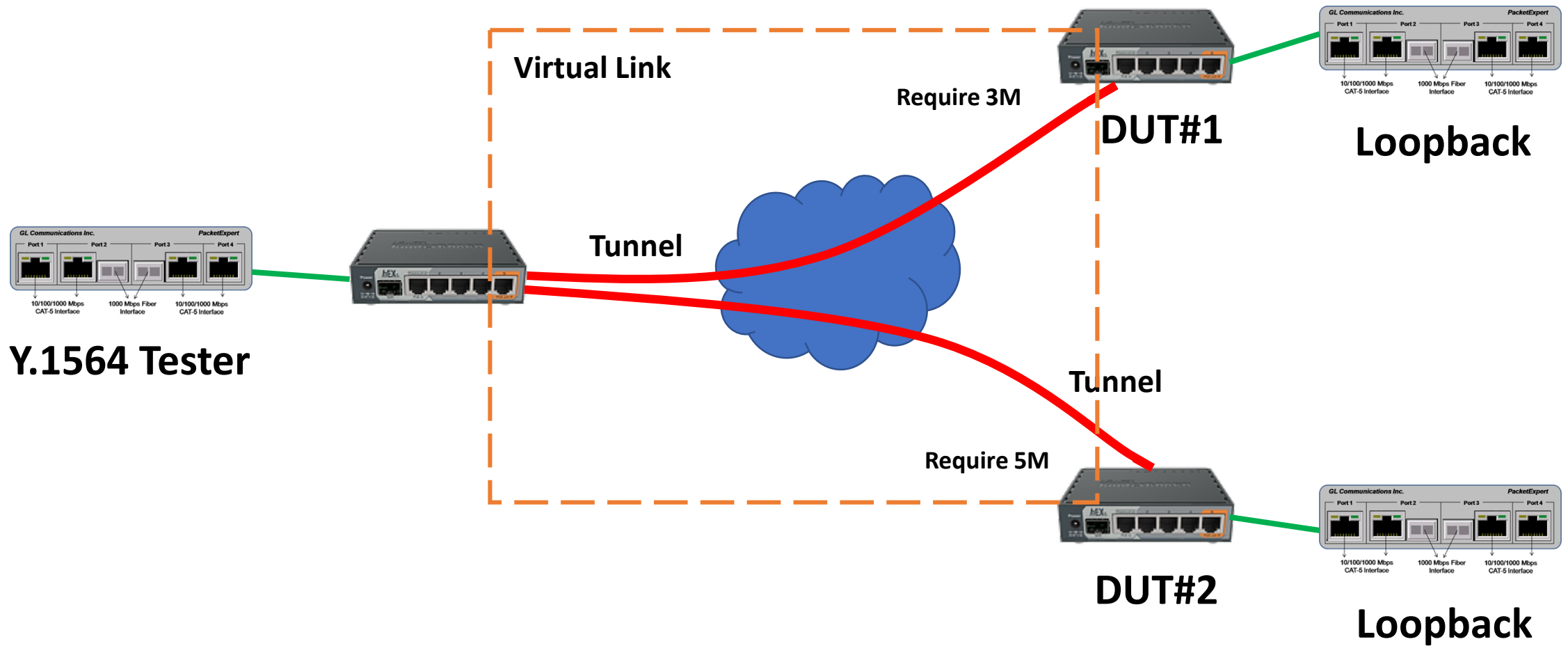
การนำไปใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการให้บริการผ่าน DUT



การนำไปใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ DUT ผ่าน Private Network



การนำไปใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ DUT ผ่าน VPN



ทำความรู้จักกับ ITU-T Y.1564

- เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของระบบเครือข่ายให้มีความสอดคล้องกับบริการที่ใช้งานตามขอบเขตที่กำหนดไว้
- เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการให้บริการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสามารถให้บริการได้ตามวัตถุประสงค์ในการรับส่งข้อมูลได้ทั้งหมดตามที่มีการออกแบบไว้
- เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการให้บริการในระบบเครือข่ายโดยใช้ความต้องการของการใช้บริการมา กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบในช่วงเวลาที่แตกต่างกันในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายที่ใช้บริการ

ทำไมต้องใช้ Y.1564 ในการทดสอบ ไม่ใช่ RFC 2544

- **RFC 2544** เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของการให้บริการบนระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งนำมาใช้ในการประเมินสมรรถนะภาพของอุปกรณ์ในระบบเครือข่าย **ภายในห้องปฏิบัติการ** เพื่อให้ทราบถึงการรับส่งข้อมูล และการสูญเสียของเฟรมข้อมูลเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถตอบโจทย์การใช้งานได้ทั้งหมดเช่น **QoS** และการตรวจสอบการให้ บริการพร้อมกันหลายรายการ
- **Y.1564** เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสนับสนุนการให้บริการของผู้ให้บริการซึ่งโดยทั่วไปจะมีการให้บริการที่หลากหลาย ซึ่งต้องการการทดสอบการให้บริการทั้งหมดและวัดผลออกมาว่าระบบเครือข่ายที่ให้บริการหรือใช้บริการอยู่นั้นสอดคล้องตามขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ ตามที่กำหนดไว้ใน **QoS** ที่ตั้งค่าไว้ในระบบเครือข่ายเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเภทและบริการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ให้บริการสามารถนำมาปรับใช้ และแก้ปัญหาของระบบเครือข่ายง่ายขึ้น

ทำไมต้องใช้ Y.1564 ในการทดสอบ ไม่ใช่ RFC 2544

* RFC 2544 สามารถทดสอบได้ในการวัดประสิทธิภาพสูงสุดของลิงค์ หรืออุปกรณ์ในระบบเครือข่าย

* Y.1564 จะใช้ในการวัดประสิทธิภาพสูงสุดของการให้บริการเช่นการรับส่งข้อมูลแบบ

CIR/EIR/Discarded การสูญเสียของเฟรมข้อมูล และความล่าช้าของเฟรมข้อมูล และนำมา

เปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละบริการ เพื่อให้ผู้ให้บริการหรือผู้ใช้งานมั่นใจประสิทธิภาพของการบริการว่าสามารถใช้งานได้ตามข้อตกลง

CIR (Committed Information Rate) ความเร็วที่ผู้ให้บริการสามารถรับประกันได้

EIR (Excess Information Rate) ความเร็วที่ผู้ให้บริการสามารถให้ได้สูงสุด

ประโยชน์ในการนำ Y.1564 มาใช้ในการทดสอบ

- สามารถจำลองสถานการณ์การทดสอบที่ใกล้เคียงกับการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายที่ใช้งานจริง
- สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบให้สอดคล้องกับค่าที่ถูกจำกัดหรือกำหนดไว้ในระบบเครือข่ายได้ เช่น 802.1q VLAN, 802.1ad, DSCP และ CoS (Class of Service)
- สามารถกำหนดเฟรมและแบนด์วิดท์ที่แตกต่างกันเช่น หน่วยส่งข้อมูลสูงสุด (MTU) หรือขนาดอัตราการส่งข้อมูลของเฟรม (CIR) และอัตราการส่งข้อมูลส่วนเกิน (EIR) โดยมีขนาดเฟรมที่แตกต่างกันหรือมีขนาดเท่ากันก็ได้

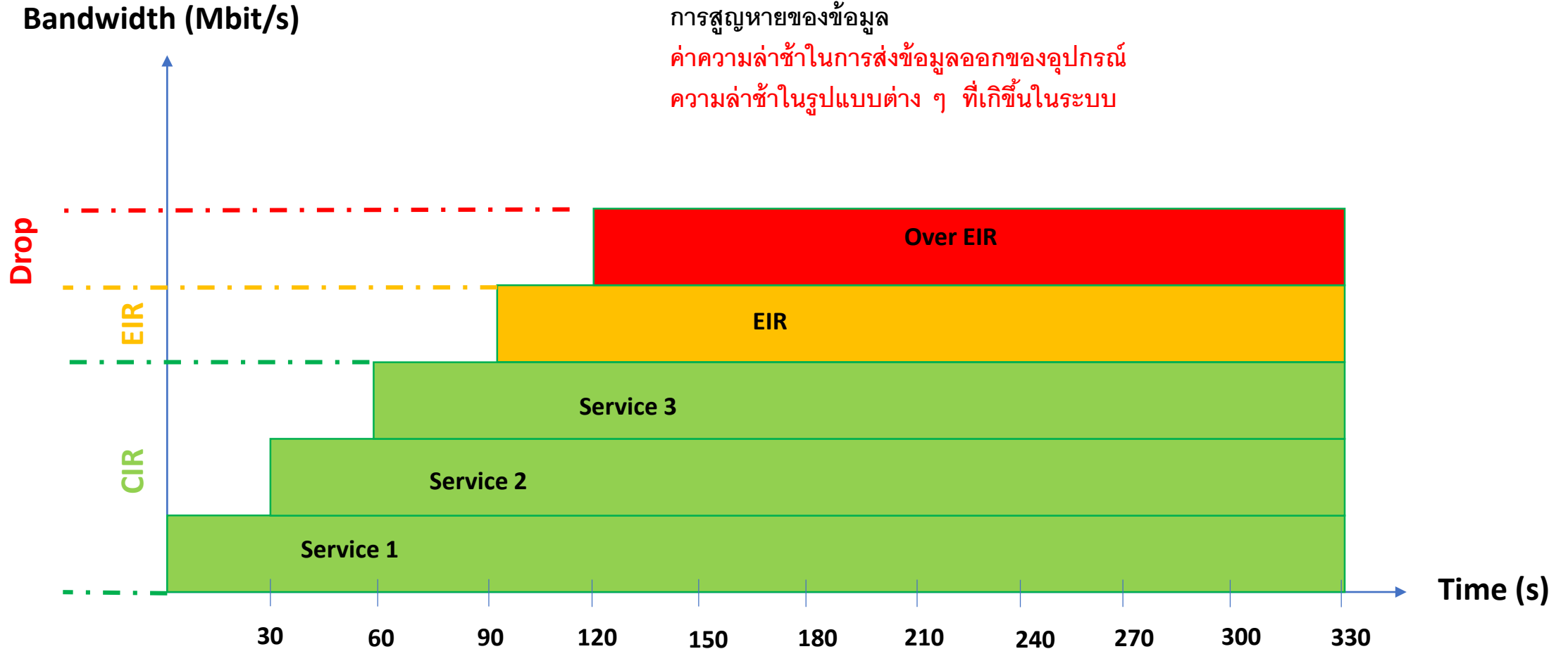
รูปแบบในการทดสอบ

การยอมรับการใช้บริการที่ต่างกันในแต่ละรูปแบบการให้บริการ

การสูญหายของข้อมูล

ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออกของอุปกรณ์

ความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ



ความต้องการใช้งาน โดยทั่วไปของผู้ใช้บริการ

ความต้องการใช้งานโดยทั่วไปของผู้ใช้บริการ	
การรับส่งข้อมูล	ความล่าช้าที่รับได้ในระบบ
50Mbps	10ms
100Mbps	10ms
150Mbps	10ms
200Mbps	10ms

รูปแบบการใช้บริการของผู้ใช้งาน



รูปแบบการใช้บริการผ่านผู้ให้บริการ



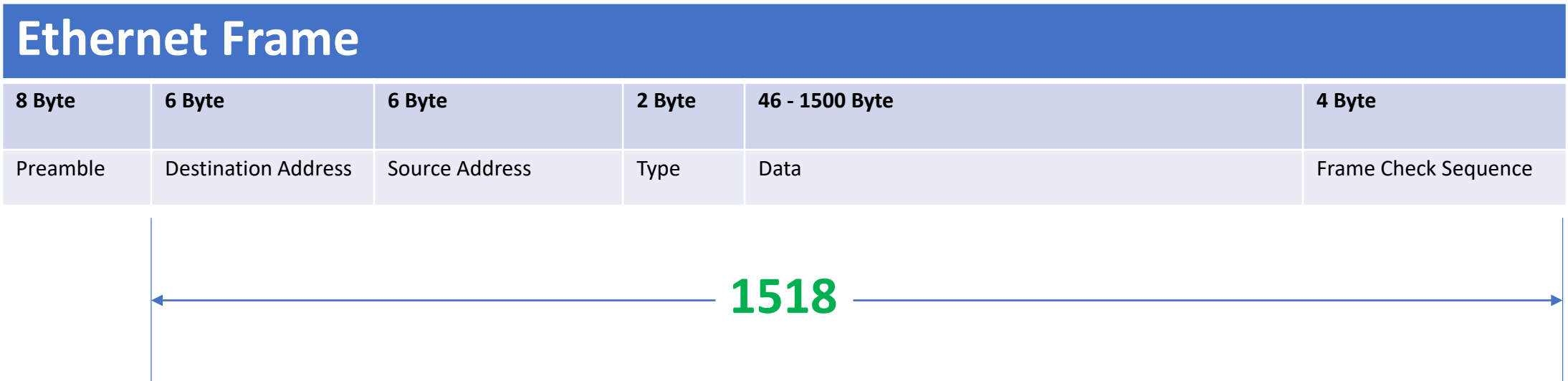
อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ตามที่ผู้ให้บริการตกลงไว้หรือไม่
ยอมรับเรื่องการสูญหายของข้อมูล (**packet lose**)
ยอมรับในเรื่องของระยะเวลาที่อุปกรณ์ใช้ส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย (**latency**)
ยอมรับการเกิดความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ (**jitter**)

รูปแบบความล่าช้าที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย Jitter

- **Propagation Delay** คือ การล่าช้าที่เกิดจากระยะเวลาข้อมูลส่งผ่านทางสายส่งข้อมูล
- **Serialization Delay** คือ การล่าช้าจากการส่งข้อมูลโดยดูจาก **Frame** ข้อมูลที่ผิดพลาด
- **Processing Delay** คือ การล่าช้าที่เกิดจากการประมวลผลของอุปกรณ์ในการส่งต่อข้อมูล
- **Queuing Delay** คือ การล่าช้าเนื่องจากการรอคิวในการส่งข้อมูล

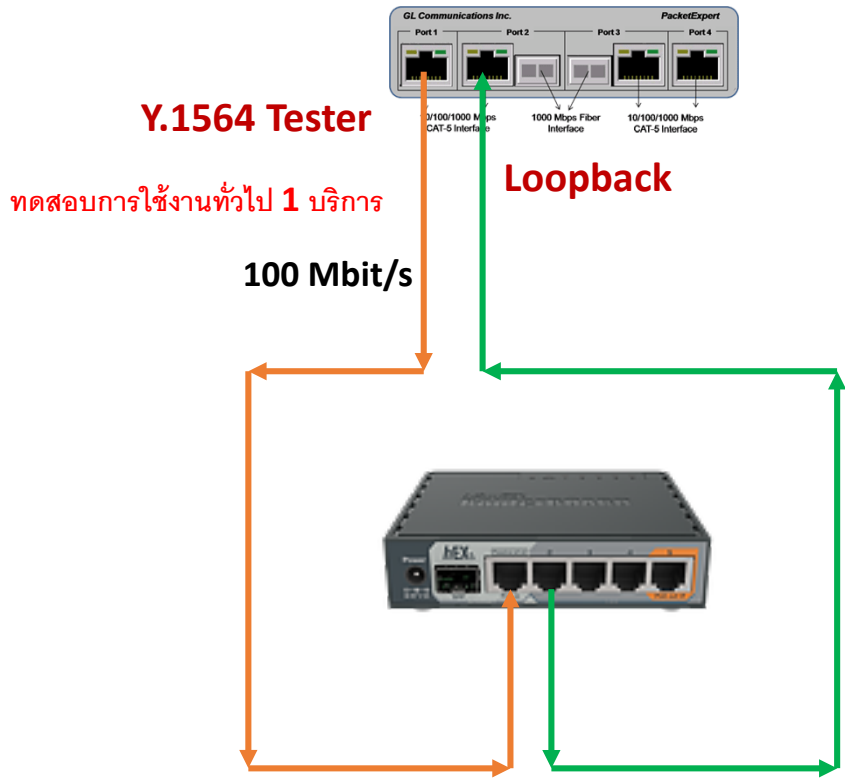
* **latency** ก็คือความล่าช้าเหมือนกันแต่จะไม่ได้รวมอยู่ใน **Jitter** เพราะว่าเป็นความล่าช้าจากการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ออกไปไม่ใช่ปัจจัยที่เกิดจากระบบเครือข่าย

รูปแบบของขนาดอีเทอร์เน็ตเฟรมที่ใช้



รูปแบบการทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับ

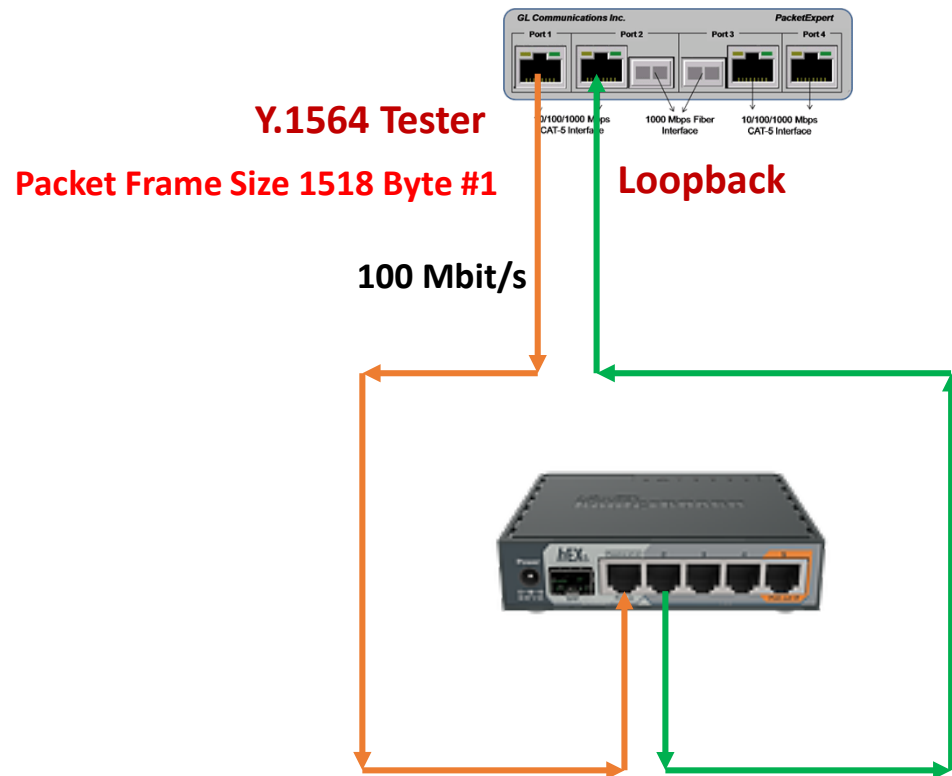
GL PacketExpert10G1G - ExpertSAM



- รายละเอียดอุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้งาน
 - Port Speed : 1 Gbit/s
 - Port type : 1000Base-T
- บริการทั่วไปที่ผู้ใช้งานต้องการ
 - ตาม CIR ที่ผู้ให้บริการกำหนด
- ผู้ให้บริการกำหนดรูปแบบการให้บริการ
 - ต้องการรับส่งข้อมูลที่ 100 Mbit/
 - ขนาดของ frame ข้อมูล 1518 Byte

รูปแบบการทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับ

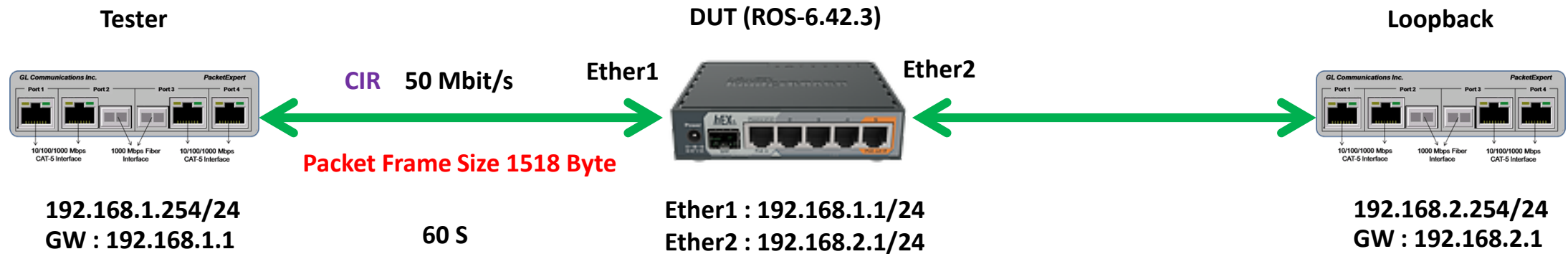
GL PacketExpert10G1G - ExpertSAM



- อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ
 - hEX S (DUT)
 - Packet Expert (Tester)
- บริการทั่วไปที่ผู้ใช้งานต้องการ
 - ตาม CIR ที่ผู้ให้บริการกำหนด
- ผู้ให้บริการกำหนดรูปแบบการให้บริการ
 - ต้องการรับส่งข้อมูลที่ 50, 100, 150, 200 Mbit/s
 - ขนาดของ frame ข้อมูล 1518 Byte
- เงื่อนไขในการให้บริการ
 - การสูญหายของข้อมูล 0.01%
 - ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออก 10 ms
 - ความล่าช้าในรูปแบบต่างๆ 10 ms

การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

admin@B8:69:F4:01:7B:33 (MikroTik) - WinBox v6.42.3 on hEX S (mmips)



Address List			
	Address	Network	Interface
+	192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1
+	192.168.2.1/24	192.168.2.0	ether2

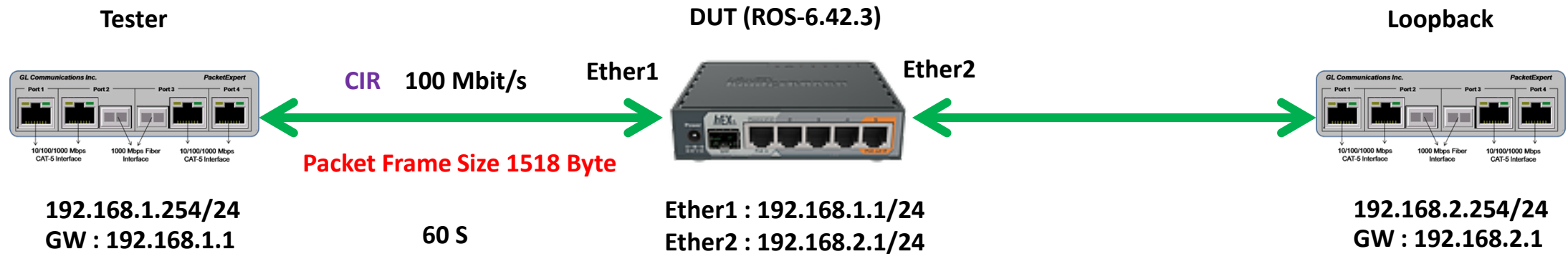
ผลทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับจากผู้ให้บริการ

DUT (hEX S)

การรับส่งข้อมูลที่ 50 Mbps ที่มีการสูญหายของข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ		0.01%	0%																												
ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	<table><tr><td>Test</td><td>1</td></tr><tr><td>Verdict</td><td>PASS</td></tr></table>	Test	1	Verdict	PASS	10ms	0.1ms																								
Test	1																														
Verdict	PASS																														
ล่าช้าที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	<table><tr><td>IR (Curr)</td><td>50.00</td></tr><tr><td>IR (Min)</td><td>50.00</td></tr><tr><td>IR (Avg)</td><td>50.01</td></tr><tr><td>IR (Max)</td><td>50.02</td></tr><tr><td>FL (Count)</td><td>0</td></tr><tr><td>FLR (Rate)</td><td>0.000</td></tr><tr><td>FTD (Curr)</td><td>0.111</td></tr><tr><td>FTD (Min)</td><td>0.110</td></tr><tr><td>FTD (Avg)</td><td>0.111</td></tr><tr><td>FTD (Max)</td><td>0.230</td></tr><tr><td>FDV (Curr)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Min)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Avg)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Max)</td><td>0.105</td></tr></table>	IR (Curr)	50.00	IR (Min)	50.00	IR (Avg)	50.01	IR (Max)	50.02	FL (Count)	0	FLR (Rate)	0.000	FTD (Curr)	0.111	FTD (Min)	0.110	FTD (Avg)	0.111	FTD (Max)	0.230	FDV (Curr)	< 1us	FDV (Min)	< 1us	FDV (Avg)	< 1us	FDV (Max)	0.105	10ms	<1us
IR (Curr)	50.00																														
IR (Min)	50.00																														
IR (Avg)	50.01																														
IR (Max)	50.02																														
FL (Count)	0																														
FLR (Rate)	0.000																														
FTD (Curr)	0.111																														
FTD (Min)	0.110																														
FTD (Avg)	0.111																														
FTD (Max)	0.230																														
FDV (Curr)	< 1us																														
FDV (Min)	< 1us																														
FDV (Avg)	< 1us																														
FDV (Max)	0.105																														

การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

admin@B8:69:F4:01:7B:33 (MikroTik) - WinBox v6.42.3 on hEX S (mmips)



Address List			
Address	Network	Interface	
192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1	
192.168.2.1/24	192.168.2.0	ether2	

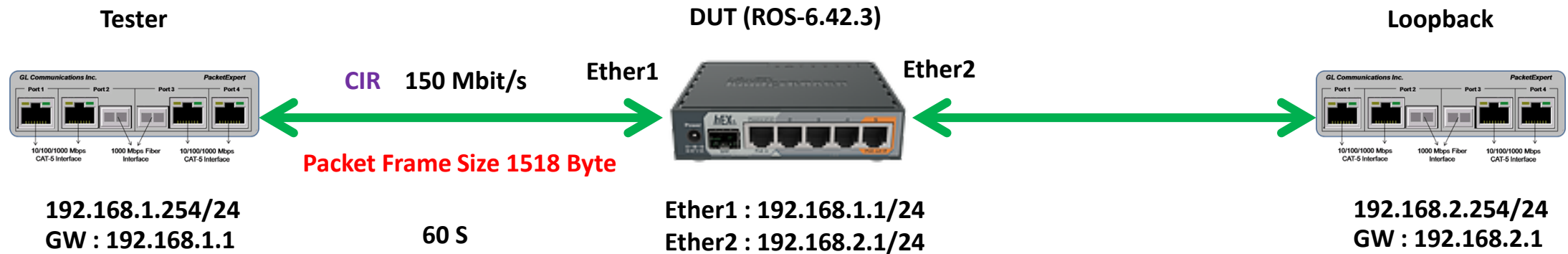
ผลทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับจากผู้ให้บริการ

DUT (hEX S)

การรับส่งข้อมูลที่ 100 Mbps ที่มีการสูญหายของข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ		0.01%	0%																												
ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	<table><tr><td>Test</td><td>1</td></tr><tr><td>Verdict</td><td>PASS</td></tr></table>	Test	1	Verdict	PASS	10ms	0.1ms																								
Test	1																														
Verdict	PASS																														
ล่าช้าที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	<table><tr><td>IR (Curr)</td><td>100.06</td></tr><tr><td>IR (Min)</td><td>100.04</td></tr><tr><td>IR (Avg)</td><td>100.05</td></tr><tr><td>IR (Max)</td><td>100.07</td></tr><tr><td>FL (Count)</td><td>0</td></tr><tr><td>FLR (Rate)</td><td>0.000</td></tr><tr><td>FTD (Curr)</td><td>0.111</td></tr><tr><td>FTD (Min)</td><td>0.110</td></tr><tr><td>FTD (Avg)</td><td>0.111</td></tr><tr><td>FTD (Max)</td><td>0.217</td></tr><tr><td>FDV (Curr)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Min)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Avg)</td><td>< 1us</td></tr><tr><td>FDV (Max)</td><td>0.097</td></tr></table>	IR (Curr)	100.06	IR (Min)	100.04	IR (Avg)	100.05	IR (Max)	100.07	FL (Count)	0	FLR (Rate)	0.000	FTD (Curr)	0.111	FTD (Min)	0.110	FTD (Avg)	0.111	FTD (Max)	0.217	FDV (Curr)	< 1us	FDV (Min)	< 1us	FDV (Avg)	< 1us	FDV (Max)	0.097	10ms	<1us
IR (Curr)	100.06																														
IR (Min)	100.04																														
IR (Avg)	100.05																														
IR (Max)	100.07																														
FL (Count)	0																														
FLR (Rate)	0.000																														
FTD (Curr)	0.111																														
FTD (Min)	0.110																														
FTD (Avg)	0.111																														
FTD (Max)	0.217																														
FDV (Curr)	< 1us																														
FDV (Min)	< 1us																														
FDV (Avg)	< 1us																														
FDV (Max)	0.097																														

การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

admin@B8:69:F4:01:7B:33 (MikroTik) - WinBox v6.42.3 on hEX S (mmips)



Address List			
Address	Network	Interface	
192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1	
192.168.2.1/24	192.168.2.0	ether2	

ผลทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับจากผู้ให้บริการ

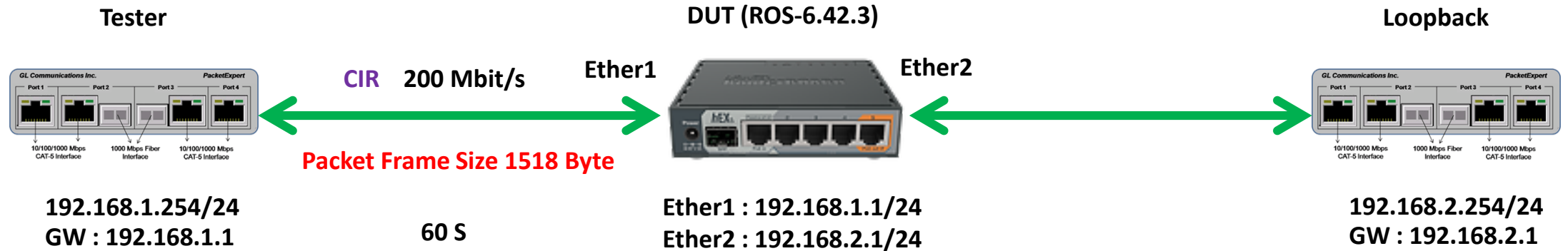
DUT (hEX S)

การรับส่งข้อมูลที่ 150 Mbps ที่มีการสูญหายของข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ		0.01%	0%
ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ		10ms	0.1ms
ล่าช้าที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้ใช้บริการยอมรับ		10ms	<1us

Test	1
Verdict	PASS
IR (Curr)	150.12
IR (Min)	150.12
IR (Avg)	150.12
IR (Max)	150.15
FL (Count)	0
FLR (Rate)	0.000
FTD (Curr)	0.111
FTD (Min)	0.110
FTD (Avg)	0.111
FTD (Max)	0.250
FDV (Curr)	< 1us
FDV (Min)	< 1us
FDV (Avg)	< 1us
FDV (Max)	0.129

การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

admin@B8:69:F4:01:7B:33 (MikroTik) - WinBox v6.42.3 on hEX S (mmips)



Address List			
	Address	Network	Interface
+	192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1
+	192.168.2.1/24	192.168.2.0	ether2

ผลทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับจากผู้ให้บริการ

DUT (hEX S)

การรับส่งข้อมูลที่ 200 Mbps ที่มีการสูญหายของข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	0.01%	0%
ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	10ms	0.1ms
ล่าช้าที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้ใช้บริการยอมรับ	10ms	0.005ms

Test	1
Verdict	PASS
IR (Curr)	200.21
IR (Min)	200.20
IR (Avg)	200.21
IR (Max)	200.24
FL (Count)	0
FLR (Rate)	0.000
FTD (Curr)	0.116
FTD (Min)	0.108
FTD (Avg)	0.117
FTD (Max)	0.221
FDV (Curr)	0.005
FDV (Min)	0.005
FDV (Avg)	0.005
FDV (Max)	0.070

ผลทดสอบอุปกรณ์ตามบริการที่ได้รับจากผู้ให้บริการ

- ผู้ให้บริการสามารถใช้อุปกรณ์ที่ทดสอบตามความเร็วและตามข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ตามรูปแบบบริการและความเร็วที่กำหนดไว้ได้
- อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบมีความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลที่ประมาณ **0.1ms** ซึ่งตามเงื่อนไขในการให้บริการได้กำหนดไว้ที่ **10ms**
- อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบมีความล่าช้าที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ประมาณ **0.005 ms** ซึ่งตามเงื่อนไขในการให้บริการได้กำหนดไว้ที่ **10ms**

* ผลการทดสอบนี้เป็นเพียงการทดสอบระหว่างอุปกรณ์กับเครื่องทดสอบเท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้ไม่สามารถนำไปอ้างอิงกับระบบเครือข่ายที่ใช้งานจริงได้

ผลการทดสอบที่ความเร็วแตกต่างกัน

ความล่าช้าในการส่งข้อมูล

ความล่าช้าในการส่งข้อมูลจากปัจจัย อื่นๆ เช่น **Queue**, การประมวลผล เป็นต้น

Test	1	Test	1	Test	1	Test	1	Test	1	Test	1
Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS
IR (Curr)	1.99	IR (Curr)	4.00	IR (Curr)	8.00	IR (Curr)	15.99	IR (Curr)	19.99	IR (Curr)	30.00
IR (Min)	1.99	IR (Min)	4.00	IR (Min)	8.00	IR (Min)	15.99	IR (Min)	19.99	IR (Min)	30.00
IR (Avg)	1.99	IR (Avg)	4.00	IR (Avg)	8.00	IR (Avg)	16.00	IR (Avg)	20.00	IR (Avg)	30.00
IR (Max)	2.01	IR (Max)	4.01	IR (Max)	8.01	IR (Max)	16.01	IR (Max)	20.01	IR (Max)	30.02
FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0
FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000
FTD (Curr)	0.115	FTD (Curr)	0.112	FTD (Curr)	0.112	FTD (Curr)	0.111	FTD (Curr)	0.111	FTD (Curr)	0.111
FTD (Min)	0.110	FTD (Min)	0.110	FTD (Min)	0.110	FTD (Min)	0.110	FTD (Min)	0.110	FTD (Min)	0.110
FTD (Avg)	0.116	FTD (Avg)	0.113	FTD (Avg)	0.112	FTD (Avg)	0.111	FTD (Avg)	0.111	FTD (Avg)	0.111
FTD (Max)	6.241	FTD (Max)	3.146	FTD (Max)	1.608	FTD (Max)	0.840	FTD (Max)	0.703	FTD (Max)	0.500
FDV (Curr)	4.813	FDV (Curr)	2.266	FDV (Curr)	1.473	FDV (Curr)	0.813	FDV (Curr)	0.639	FDV (Curr)	0.877
FDV (Min)	4.813	FDV (Min)	2.266	FDV (Min)	1.473	FDV (Min)	0.016	FDV (Min)	0.639	FDV (Min)	0.877
FDV (Avg)	7.588	FDV (Avg)	3.294	FDV (Avg)	2.103	FDV (Avg)	1.178	FDV (Avg)	1.032	FDV (Avg)	0.894
FDV (Max)	6128.312	FDV (Max)	3035.032	FDV (Max)	1487.808	FDV (Max)	721.032	FDV (Max)	574.312	FDV (Max)	385.928

* ที่ความเร็วใด ๆ ก็ตามจะเห็นว่าอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบจะมีค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออกไปใกล้เคียงกันที่ **0.1ms**

ผลการทดสอบที่ความเร็วแตกต่างกัน

ความล่าช้าในการส่งข้อมูล

ความล่าช้าในการส่งข้อมูลจากปัจจัย อื่นๆ เช่น **Queue**, การประมวลผล เป็นต้น

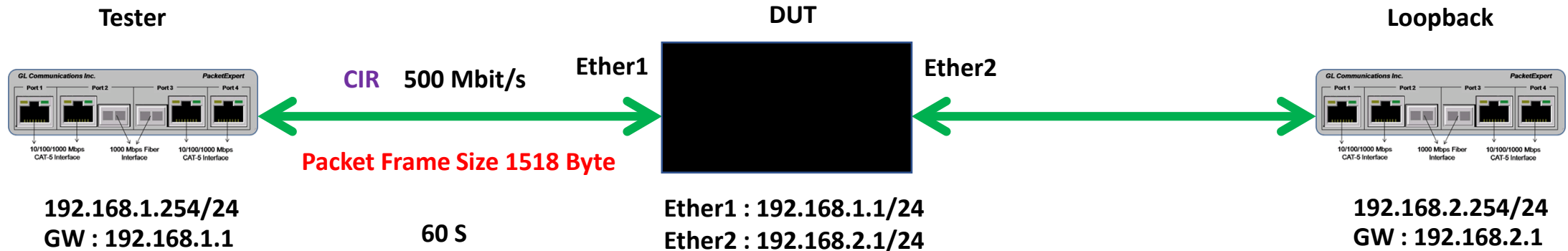
Test	1	Test	1	Test	1	Test	1	Test	1	Test	1	Test	1
Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	PASS	Verdict	FAIL	Verdict	FAIL	Verdict	FAIL
IR (Curr)	300.51	IR (Curr)	400.83	IR (Curr)	501.31	IR (Curr)	601.97	IR (Curr)	702.62	IR (Curr)	803.56	IR (Curr)	904.73
IR (Min)	300.50	IR (Min)	400.83	IR (Min)	501.29	IR (Min)	601.95	IR (Min)	701.44	IR (Min)	794.86	IR (Min)	892.99
IR (Avg)	300.51	IR (Avg)	400.84	IR (Avg)	501.31	IR (Avg)	601.97	IR (Avg)	702.54	IR (Avg)	803.33	IR (Avg)	904.51
IR (Max)	300.55	IR (Max)	400.85	IR (Max)	501.33	IR (Max)	601.99	IR (Max)	702.68	IR (Max)	803.59	IR (Max)	904.82
FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	0	FL (Count)	387	FL (Count)	1200	FL (Count)	1101
FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.000	FLR (Rate)	0.011	FLR (Rate)	0.030	FLR (Rate)	0.024
FTD (Curr)	0.118	FTD (Curr)	0.118	FTD (Curr)	0.114	FTD (Curr)	0.120	FTD (Curr)	0.118	FTD (Curr)	0.126	FTD (Curr)	0.118
FTD (Min)	0.108	FTD (Min)	0.106	FTD (Min)	0.104	FTD (Min)	0.107	FTD (Min)	0.109	FTD (Min)	0.108	FTD (Min)	0.111
FTD (Avg)	0.118	FTD (Avg)	0.118	FTD (Avg)	0.114	FTD (Avg)	0.120	FTD (Avg)	0.119	FTD (Avg)	0.126	FTD (Avg)	0.122
FTD (Max)	0.235	FTD (Max)	0.324	FTD (Max)	0.372	FTD (Max)	0.398	FTD (Max)	3.351	FTD (Max)	11.394	FTD (Max)	10.975
FDV (Curr)	0.010	FDV (Curr)	0.005	FDV (Curr)	0.003	FDV (Curr)	0.004	FDV (Curr)	0.004	FDV (Curr)	3.636	FDV (Curr)	0.503
FDV (Min)	0.010	FDV (Min)	0.005	FDV (Min)	0.003	FDV (Min)	0.004	FDV (Min)	0.004	FDV (Min)	3.636	FDV (Min)	0.503
FDV (Avg)	0.010	FDV (Avg)	0.005	FDV (Avg)	0.003	FDV (Avg)	0.004	FDV (Avg)	0.004	FDV (Avg)	3.644	FDV (Avg)	0.956
FDV (Max)	0.093	FDV (Max)	0.153	FDV (Max)	0.246	FDV (Max)	0.280	FDV (Max)	3.070	FDV (Max)	10093.224	FDV (Max)	9678.120

* ที่ความเร็วใด ๆ ก็ตามจะเห็นว่าอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบจะมีค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออกไปใกล้เคียงกันที่ **0.1ms**

ผลการทดสอบอุปกรณ์ตามความเร็วที่แตกต่างกัน

- ความล่าช้าในการส่งข้อมูล
 - จากการทดสอบจะเห็นว่าอุปกรณ์มีความล่าช้าในการส่งข้อมูลเท่ากันในความเร็วที่ต่างกัน ซึ่งค่าที่ได้เป็นประสิทธิภาพในการส่งต่อข้อมูลของอุปกรณ์ที่ทดสอบ ซึ่งในแต่ละรุ่นจะมีค่าที่แตกต่างกัน
- ความล่าช้าในการส่งข้อมูลจากปัจจัย อื่น เช่น **Queue**, การประมวลผล และอื่น ๆ
 - จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าความล่าช้าที่เกิดขึ้นนี้มีจุดที่น่าสนใจอยู่สองเรื่องด้วยกัน
 - การส่งข้อมูลที่มีความเร็วตั้งแต่ **2Mbps – 30Mbps** จะเห็นว่าแม้ไม่มีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นแต่ค่าความสูญเสียคือความล่าช้าของข้อมูลที่มีค่ามาก
 - การส่งข้อมูลที่มีความเร็วตั้งแต่ **700Mbps – 1000Mbps** จะเห็นว่าเกิดการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นและความล่าช้าในการส่งข้อมูลก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากเมื่อมีการสูญหายของข้อมูลมากก็ต้องมีการส่งข้อมูลใหม่เข้ามามากเช่นเดียวกัน ซึ่งในกรณีนี้เกิดจากการส่งข้อมูลที่มีความเร็วมากเกินไปที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลต่อออกไปได้จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งข้อมูลขึ้นพร้อมกันกับการสูญหายของข้อมูลที่ส่งต่อไปด้วย

การทดสอบความล่าช้าของอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน



Address List			
Address	Network	Interface	
192.168.1.1/24	192.168.1.0	ether1	
192.168.2.1/24	192.168.2.0	ether2	

- เงื่อนไขในการให้บริการ
 - การสูญหายของข้อมูล **0.01%**
 - ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออก **10 ms**
 - ความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ **10 ms**

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	ROS Version
hEX S	6.42.3
CCR1009-7G-1C-PC	6.42.3
RB951G-2HnD	6.42.3
RB450G	6.42.3
RB1100AHx4 Dude Edition	6.42.3

ค่าความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูล

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูล
hEX S	~ 0.116 ms
CCR1009-7G-1C-PC	~ 0.040 ms
RB951G-2HnD	~ 0.103 ms
RB450G	~ 0.142 ms
RB1100AHx4 Dude Edition	~ 0.061 ms

- การสูญหายของข้อมูล **0.01%**
- ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออก **10 ms**
- ความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ **10 ms**

ความเร็วที่ผู้ให้บริการสามารถรับประกันการใช้งานได้

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	ความเร็วที่ผู้ให้บริการสามารถให้บริการ
hEX S	~ 600 Mbps
CCR1009-7G-1C-PC	~ 980 Mbps
RB951G-2HnD	~ 400 Mbps
RB450G	~ 150 Mbps
RB1100AHx4 Dude Edition	~ 980 Mbps

- การสูญหายของข้อมูล **0.01%**
- ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออก **10 ms**
- ความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ **10 ms**

อันดับของอุปกรณ์ในการส่งต่อข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ	อุปกรณ์	ความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูล
1	CCR1009-7G-1C-PC	~ 0.040 ms
2	RB1100AHx4 Dude Edition	~ 0.061 ms
3	RB951G-2HnD	~ 0.103 ms
4	hEX S	~ 0.116 ms
5	RB450G	~ 0.142 ms

- การสูญหายของข้อมูล **0.01%**
- ค่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลออก **10 ms**
- ความล่าช้าในรูปแบบต่าง ๆ **10 ms**

การตรวจสอบระบบเครือข่ายให้มีความสอดคล้องกับบริการที่ใช้งาน

- จะเห็นว่าการทดสอบให้มีความสอดคล้องกับบริการที่ใช้งานนั้นจำเป็นต้องสอดคล้องกับรูปแบบการใช้งานของผู้ใช้งานมากที่สุด ซึ่งการนำเอาการทดสอบแบบ **Y.1564** นั้นสามารถกำหนดการทดสอบให้มีความสอดคล้องกับการใช้งานได้ตามรูปแบบบริการของผู้ใช้งาน

* การทดสอบทั้งหมดนี้เป็นการทดสอบอุปกรณ์ที่ผู้ให้บริการนำไปให้กับผู้ใช้บริการเท่านั้นภายใต้เงื่อนไขของผู้ให้บริการกำหนดไว้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับผู้ใช้บริการ และผู้ให้บริการสามารถรับประกันคุณภาพของการให้บริการได้เท่านั้น ซึ่งไม่รวมถึงประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายภายในของผู้ให้บริการ

ขอบคุณครับ