

## บทที่ 4

### การทดสอบระบบ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินผลการใช้งานและปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยได้ออกแบบการทดสอบด้วยการจำลองเครือข่ายของระบบ ในการทดสอบระบบซึ่งมีระบบเครือข่ายภายในดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยการทดสอบกำหนดให้มี 2 ลักษณะคือ การทดสอบหาค่า MOS และการทดสอบหา Concurrent User โดยได้ทำการทดสอบระบบตามฟังก์ชันการทำงานต่างๆของระบบ

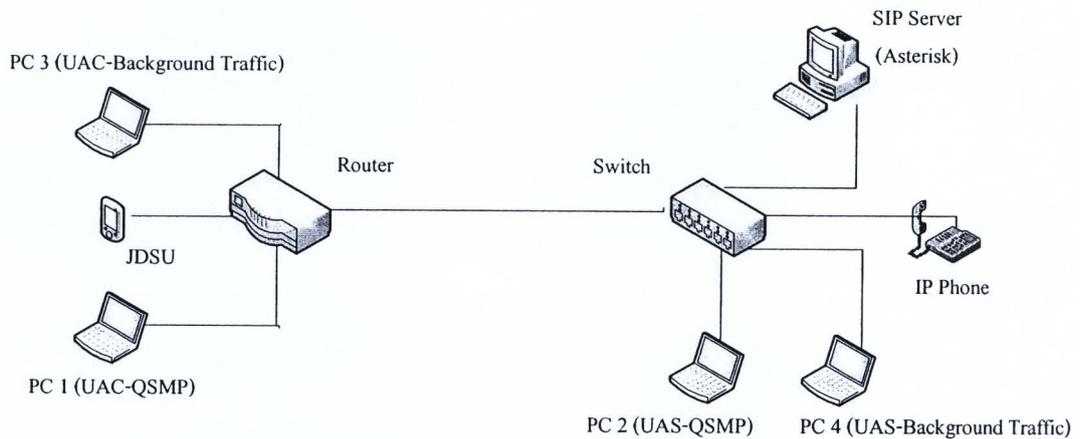
#### 4.1 วิธีการทดสอบโปรแกรมโดยการวัดค่า MOS

งานวิจัยนี้ได้จำลองเครือข่ายขึ้นมาตามรูปที่ 4.1 เพื่อทดสอบโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งจะมีการพิสูจน์ความถูกต้องของผลลัพธ์จากการตรวจวัด โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่จริงในเครือข่ายของผู้ให้บริการโทรคมนาคม โดยในที่นี้จะใช้เครื่องมือวัดของ JDSU รุ่น HST 3000 ซึ่งจะมีลักษณะการวัดที่แตกต่างกับโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นดังนี้

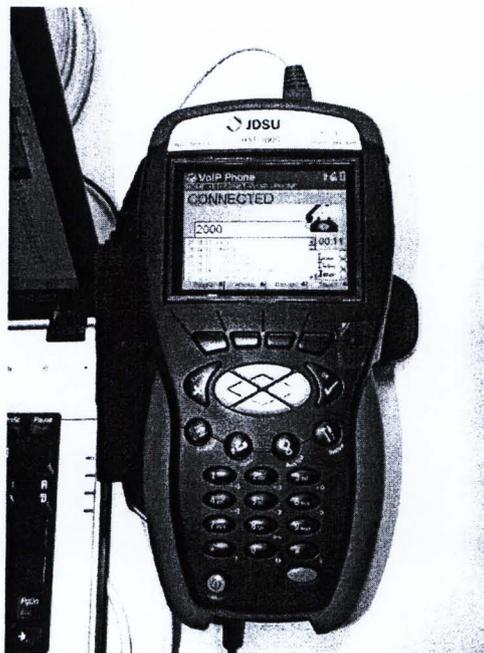
4.1.1 ลักษณะวิธีการวัดของ JDSU รุ่น HST 3000 ซึ่งจะมีรูปแบบการวัดโดยการใช้เครื่องมือวัด JDSU เป็นตัว SIP Terminal Phone ซึ่งจะต้องทำการ Configuration เครื่องมือวัด JDSU ให้ Register กับ SIP Server (Asterisk) แล้วทำการเรียกไปยัง IP Phone ตามรูปที่ 4.1 เมื่อเครื่องมือวัด JDSU กับ IP Phone สามารถเชื่อมต่อกันได้ ที่เครื่องมือวัด JDSU ก็จะสามารถเรียกดูค่าการสูญหายของแพ็กเก็ต ความล่าช้าของข้อมูล ความผันแปรเฉลี่ยของระยะเวลาดีเลย์และ ค่า MOS บนเครื่องมือวัด JDSU ได้ ซึ่งจะเป็นการวัดคุณภาพของ Voice บน link ระหว่าง Router กับ Switch ซึ่ง Router กับ Switch นี้จะรองรับแบนด์วิดท์ 100 Mbps (ตาม Spec) โดยในระหว่างการวัดนี้ก็จะมีการสร้าง background traffic ให้กับเครือข่ายที่ทำการวัด โดยจะมี PC1 เป็นตัวสร้าง background traffic ที่จะส่งไปยัง PC3 ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายที่ทำหน้าที่รับ background traffic

4.1.2 ลักษณะวิธีการวัดของ โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้น จะเป็นลักษณะ Server กับ Client โดยจากรูปที่ 4.1 จะให้ PC 2 เป็นเครื่องลูกข่าย ที่จะทำการ Run โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา และใน PC 1 ก็ทำการสร้าง background traffic เพื่อจำลองสภาวะการทำงานในระบบจริง ส่วน PC 4 จะทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายของ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา และใน PC3 ก็ทำหน้าที่เป็นตัวรับ background

traffic (เครื่องแม่ข่าย) ซึ่งเมื่อ PC 2 ส่งข้อมูลเข้าไปในเครือข่ายตามที่ผู้ใช้กำหนด PC 4 ก็จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลนั้นที่ แล้วทำการรายงานผลนั้นไปยัง PC 2 ซึ่งจะมีทั้งค่าการสูญหายของแพ็กเก็ตเกิดความล่าช้าของข้อมูล ความผันแปรเฉลี่ยของระยะเวลาดีเลย์ และจะคำนวณค่า MOS ออกมาโดยอัตโนมัติให้ผู้ใช้งานได้ทราบ เพื่อจะได้ทราบคุณภาพของเครือข่ายในขณะนั้น



รูปที่ 4.1 ลักษณะการใช้โปรแกรมที่พัฒนาวัดค่า MOS จากเครือข่ายจำลอง



รูปที่ 4.2 เครื่องมือวัดของ JDSU รุ่น HST 3000

จากการทดสอบเบื้องต้นโดยการสร้างเครือข่ายจำลองและสร้าง background traffic ปริมาณน้อยไปหามากโดยจะเริ่มตั้งแต่ 30, 50, 80, 90, 100 Mbps ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีจะทำการตรวจวัดค่าความล่าช้าทางเวลา ค่าความแปรผันของความล่าช้าทางเวลา ค่าการสูญหายของข้อมูลและค่า MOS จำนวน 10 ครั้ง แล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด JDSU ในแต่ละกรณีโดยเลือกใช้ CODEC G.711, G729 และ GSM ตามลำดับตามที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC G.711

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 30 Mbps/1	0	1	6	4.06	0	0	8	4.09
Gen 30 Mbps/2	0	3	6	4.06	0	0	2	4.10
Gen 30 Mbps/3	0	3	6	4.04	0	0	4	4.10
Gen 30 Mbps/4	0	3	6	4.01	0	0	6	4.09
Gen 30 Mbps/5	0	2	2	4.14	0	0.152	8	4.09
Gen 30 Mbps/6	0	2	5	4.06	0	0	4	4.10
Gen 30 Mbps/7	0	2	5	4.04	0	0	4	4.10
Gen 30 Mbps/8	0	2	5	4.04	0	0	6	4.09
Gen 30 Mbps/9	0	3	3	4.11	0	0	4	4.10
Gen 30 Mbps/10	0	3	3	4.09	0	0.001	4	4.10
Gen 50 Mbps/1	0	2	9	4.14	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/2	0	2	9	4.11	0	0.002	8	4.09
Gen 50 Mbps/3	0	2	9	4.04	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/4	0	3	9	4.04	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/5	0	2	5	4.2	0	0	7	4.09
Gen 50 Mbps/6	0	2	5	4.14	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/7	0	2	5	4.09	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/8	0	2	5	4.06	0	1.624	5	4.09
Gen 50 Mbps/9	0	2	7	4.06	0	0	6	4.09
Gen 50 Mbps/10	0	2	7	4.14	0	0.005	6	4.09
Gen 80 Mbps/1	0	3	6	4.11	0.69	0.36	5	4.14
Gen 80 Mbps/2	0	3	6	4.11	0.69	1.389	12	4.13
Gen 80 Mbps/3	0	3	12	4.06	0.69	1.762	6	4.14
Gen 80 Mbps/4	0	2	15	4.18	0.69	1.474	8	4.13
Gen 80 Mbps/5	0	2	15	4.04	0	1.179	5	4.19
Gen 80 Mbps/6	0	3	15	3.98	0	1.888	10	4.19
Gen 80 Mbps/7	0	3	15	3.95	0	1.438	12	4.19
Gen 80 Mbps/8	0	2	5	4.2	0.69	1.474	10	4.13
Gen 80 Mbps/9	0	3	5	4.09	0.69	1.156	8	4.13

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC G.711  
(ต่อ)

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 80 Mbps/10	0	3	13	4.06	0.69	0.457	6	4.14
Gen 90 Mbps/1	0	3	7	4.18	0.69	0.938	10	4.13
Gen 90 Mbps/2	0	4	16	4.16	0.69	3.693	14	4.12
Gen 90 Mbps/3	0	4	16	4.11	0.69	2.414	12	4.13
Gen 90 Mbps/4	0	4	16	4.09	1.4	0.746	10	4.07
Gen 90 Mbps/5	0	2	4	4.18	1.4	0.878	11	4.07
Gen 90 Mbps/6	0	2	8	4.14	1.4	2.318	7	4.07
Gen 90 Mbps/7	0	3	9	4.04	0	3.353	10	4.19
Gen 90 Mbps/8	0	3	10	4.18	0	2.689	6	4.19
Gen 90 Mbps/9	0	3	10	4.11	0.69	2.625	9	4.13
Gen 90 Mbps/10	0	3	10	4.06	0.69	3.658	13	4.13
Gen 100 Mbps/1	1	3	10	4.04	1.4	2.886	11	3.97
Gen 100 Mbps/2	1	3	10	3.91	1.4	1.193	12	3.97
Gen 100 Mbps/3	1	3	10	3.84	1.9	1.863	10	3.92
Gen 100 Mbps/4	2	3	10	3.81	1.4	1.231	9	3.97
Gen 100 Mbps/5	2	3	8	4.01	1.9	1.41	11	3.92
Gen 100 Mbps/6	1	3	9	3.95	1.4	2.207	12	3.97
Gen 100 Mbps/7	1	3	9	3.91	1.4	2.494	11	3.97
Gen 100 Mbps/8	3	2	7	3.98	1.9	3.737	10	3.92
Gen 100 Mbps/9	3	2	7	3.84	2.3	1.581	11	3.88
Gen 100 Mbps/10	2	2	15	3.77	2.1	3.769	12	3.90

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC G.729

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 30 Mbps/1	0	1	3	3.91	0	0	3	3.90
Gen 30 Mbps/2	0	1	3	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/3	0	1	4	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/4	0	1	4	3.91	0	0	3	3.90
Gen 30 Mbps/5	0	1	4	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/6	0	2	4	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/7	0	1	3	3.91	0	0	3	3.90
Gen 30 Mbps/8	0	1	4	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/9	0	2	2	3.91	0	0	2	3.91
Gen 30 Mbps/10	0	2	3	3.91	0	1.058	3	3.90
Gen 50 Mbps/1	0	1	7	3.91	0	0	3	3.90

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC G.729  
(ต่อ)

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 50 Mbps/2	0	3	7	3.91	0	0.441	2	3.90
Gen 50 Mbps/3	0	2	4	3.91	0	0.03	3	3.90
Gen 50 Mbps/4	0	2	4	3.91	0	1.536	4	3.90
Gen 50 Mbps/5	0	2	5	3.91	0	0.802	4	3.90
Gen 50 Mbps/6	0	2	5	3.91	0	1.793	4	3.90
Gen 50 Mbps/7	0	1	4	3.91	0	0.817	4	3.90
Gen 50 Mbps/8	0	1	5	3.91	0	1.022	4	3.90
Gen 50 Mbps/9	0	1	5	3.91	0	3.045	3	3.90
Gen 50 Mbps/10	0	1	5	3.91	0	0.81	5	3.90
Gen 80 Mbps/1	0	2	5	3.91	0	3.258	5	3.85
Gen 80 Mbps/2	0	2	8	3.91	0	3.473	6	3.97
Gen 80 Mbps/3	0	2	6	3.91	0	2.976	5	3.85
Gen 80 Mbps/4	0	1	7	3.91	0	3.298	7	3.97
Gen 80 Mbps/5	0	2	6	3.91	0	3.024	6	3.97
Gen 80 Mbps/6	0	2	8	3.91	0	1.719	5	3.85
Gen 80 Mbps/7	0	1	7	3.91	0	1.99	7	3.97
Gen 80 Mbps/8	0	2	7	3.91	0	1.017	6	3.97
Gen 80 Mbps/9	0	2	5	3.91	0	1.35	6	3.97
Gen 80 Mbps/10	0	2	7	3.91	0	1.816	7	3.97
Gen 90 Mbps/1	1	2	8	3.91	0.4	0.49	7	3.86
Gen 90 Mbps/2	0	2	8	3.91	0.6	0.209	7	3.86
Gen 90 Mbps/3	0	2	5	3.91	0.6	0.36	8	3.90
Gen 90 Mbps/4	0	2	7	3.91	0.3	1.488	9	3.95
Gen 90 Mbps/5	0	2	5	3.91	0	1.513	8	3.90
Gen 90 Mbps/6	0	2	5	3.91	0.4	2.086	6	3.86
Gen 90 Mbps/7	0	2	7	3.91	0.4	2.548	8	3.95
Gen 90 Mbps/8	0	2	8	3.91	0.4	1.748	9	3.95
Gen 90 Mbps/9	0	2	8	3.91	0	2.025	8	3.90
Gen 90 Mbps/10	0	2	8	3.91	0.2	2.06	7	3.86
Gen 100 Mbps/1	2	2	8	3.91	1.6	3.578	9	3.82
Gen 100 Mbps/2	2	2	11	3.91	1.8	3.35	8	3.95
Gen 100 Mbps/3	2	2	7	3.91	1.4	1.317	9	3.82
Gen 100 Mbps/4	2	1	11	3.91	1.2	1.993	8	3.95
Gen 100 Mbps/5	2	2	11	3.91	1.6	1.859	10	3.82
Gen 100 Mbps/6	1	2	8	3.91	1.4	3.276	8	3.95
Gen 100 Mbps/7	0	2	8	3.91	1.2	1.719	8	3.95
Gen 100 Mbps/8	0	2	8	3.91	1.4	2.975	9	3.84
Gen 100 Mbps/9	2	2	8	3.91	0.8	3.44	8	3.95
Gen 100 Mbps/10	1	2	8	3.91	1.4	1.719	8	3.95

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC GSM

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 30 Mbps/1	0	3	3	3.57	0	0	3	3.57
Gen 30 Mbps/2	0	3	3	3.57	0	0	2	3.57
Gen 30 Mbps/3	0	3	2	3.57	0	0	3	3.57
Gen 30 Mbps/4	0	3	3	3.57	0	0	3	3.57
Gen 30 Mbps/5	0	3	4	3.57	0	0	4	3.57
Gen 30 Mbps/6	0	3	5	3.57	0	0	4	3.57
Gen 30 Mbps/7	0	5	3	3.57	0	0	4	3.57
Gen 30 Mbps/8	0	5	3	3.57	0	0	3	3.57
Gen 30 Mbps/9	0	5	2	3.57	0	0	4	3.57
Gen 30 Mbps/10	0	4	4	3.57	0	0	4	3.57
Gen 50 Mbps/1	0	3	6	3.57	0	0.916	5	3.56
Gen 50 Mbps/2	0	3	6	3.57	0	0.377	6	3.56
Gen 50 Mbps/3	0	4	5	3.57	0	0.299	5	3.56
Gen 50 Mbps/4	0	4	5	3.57	0	0.858	6	3.56
Gen 50 Mbps/5	0	3	8	3.75	0	0.409	5	3.56
Gen 50 Mbps/6	0	4	8	3.57	0	0.831	6	3.56
Gen 50 Mbps/7	0	3	5	3.57	0	0.277	5	3.56
Gen 50 Mbps/8	0	3	8	3.57	0	0.409	6	3.56
Gen 50 Mbps/9	0	4	8	3.57	0	0.858	5	3.56
Gen 50 Mbps/10	0	4	8	3.57	0	0.916	7	3.56
Gen 80 Mbps/1	0	3	6	3.53	0	2.398	5	3.56
Gen 80 Mbps/2	0	3	6	3.53	0	1.623	6	3.56
Gen 80 Mbps/3	0	3	6	3.54	0	1.224	7	3.56
Gen 80 Mbps/4	0	4	7	3.54	0	1.623	6	3.56
Gen 80 Mbps/5	0	4	5	3.53	0.2	2.188	6	3.54
Gen 80 Mbps/6	0	4	6	3.53	0	2.188	6	3.56
Gen 80 Mbps/7	1	3	7	3.53	0.4	2.253	6	3.51
Gen 80 Mbps/8	0	3	6	3.53	0	2.656	5	3.56
Gen 80 Mbps/9	0	3	7	3.53	0	1.988	7	3.56
Gen 80 Mbps/10	0	3	7	3.53	0.2	1.224	6	3.54
Gen 90 Mbps/1	0	4	8	3.53	0.1	2.231	9	3.54
Gen 90 Mbps/2	0	4	11	3.44	0.4	2.275	9	3.51
Gen 90 Mbps/3	0	4	11	3.43	0.4	2.761	10	3.5
Gen 90 Mbps/4	0	4	11	3.44	0.2	3.351	11	3.52
Gen 90 Mbps/5	0	4	8	3.63	0.3	3.586	8	3.52
Gen 90 Mbps/6	0	5	11	3.44	0.2	3.338	7	3.53
Gen 90 Mbps/7	0	3	7	3.53	0.2	2.519	10	3.53
Gen 90 Mbps/8	0	4	8	3.53	0.4	2.761	8	3.51
Gen 90 Mbps/9	0	3	8	3.43	0.2	3.825	8	3.53

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมากับเครื่องมือวัด JDSU โดยใช้ CODEC GSM (ต่อ)

จำนวน Background traffic	JDSU - Handheld (HST-3000)				DQSMP			
	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS	loss(%)	jitter(ms)	delay(ms)	MOS
Gen 90 Mbps/10	0	3	11	3.53	0.1	2.687	9	3.54
Gen 100 Mbps/1	1	3	9	3.21	0.72	2.158	8	3.37
Gen 100 Mbps/2	1	3	9	3.21	0.53	3.948	12	3.38
Gen 100 Mbps/3	1	4	6	3.25	0.68	3.253	11	3.37
Gen 100 Mbps/4	2	4	7	3.25	0.42	2.68	8	3.41
Gen 100 Mbps/5	2	3	10	3.16	0.6	3.524	8	3.38
Gen 100 Mbps/6	2	3	10	3.16	0.98	4.21	10	3.33
Gen 100 Mbps/7	1	4	8	3.44	0.88	4.12	10	3.34
Gen 100 Mbps/8	1	4	12	3.44	0.98	4.12	8	3.24
Gen 100 Mbps/9	2	3	6	3.44	0.58	3.532	8	3.38
Gen 100 Mbps/10	2	3	12	3.35	0.68	3.332	11	3.37

จากนั้นนำค่าที่วัดในตาราง 4.1 ถึง 4.3 ได้มาหาค่าเฉลี่ยและค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งจะได้แสดงในตารางที่ 4.4 ถึง 4.9 ตาม CODEC G.711, G.729 และ GSM ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Average) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC G.711

จำนวน Background traffic	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Gen 30 Mbps/1	0	0	4.7	5	2.4	0.0153	4.065	4.097
Gen 50 Mbps/2	0	0	7	6.2	2.1	0.1631	4.102	4.09
Gen 80 Mbps/3	0	0.483	10.7	8.2	2.7	1.2577	4.078	4.151
Gen 90 Mbps/4	0	0.765	10.6	10.2	3.1	2.3312	4.125	4.123
Gen 100 Mbps/5	1.7	1.71	9.5	10.9	2.7	2.2371	3.906	3.939

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Stdev) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC G.711

จำนวน Background traffic	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Gen 30 Mbps/1	0	0	1.4944	1.943650	0.69920	0.048032	0.038369	0.004830
Gen 50 Mbps/2	0	0	1.8856	0.788810	0.316227	0.513310	0.053082	0
Gen 80 Mbps/3	0	0.333301	4.5958	2.699794	0.483045	0.500936	0.078570	0.027264
Gen 90 Mbps/4	0	0.517284	4.1419	2.485513	0.737864	1.127731	0.051261	0.044234
Gen 100 Mbps/5	0.82327	0.347850	2.2730	0.994428	0.483045	0.96846	0.089839	0.034785

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Average) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC G.729

จำนวน	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Background traffic								
Gen 30 Mbps/1	0	0	3.4	2.4	1.3	0.1058	3.91	3.906
Gen 50 Mbps/2	0	0	5.1	3.6	1.6	1.0296	3.91	3.9
Gen 80 Mbps/3	0	0	6.6	6	1.8	2.3921	3.91	3.934
Gen 90 Mbps/4	0.1	0.33	6.9	7.7	2	1.4527	3.91	3.899
Gen 100 Mbps/5	1.4	1.38	8.8	8.5	1.9	2.5226	3.91	3.9

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Stdev) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC G.729

จำนวน	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Background traffic								
Gen 30 Mbps/1	0	0	0.699205	0.516397	0.483045	0.334568	0	0.007163
Gen 50 Mbps/2	0	0	1.100504	0.843274	0.69920	0.909949	0	0
Gen 80 Mbps/3	0	0	1.074967	0.816496	0.421637	0.906919	0	0.057965
Gen 90 Mbps/4	0.316227	0.211081	1.370320	0.948683	0	0.820348	0	0.039285
Gen 100 Mbps/5	0.843274	0.274064	1.549193	0.707106	0.316227	0.874211	0	0.064807

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Average) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC GSM

จำนวน	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Background traffic								
Gen 30 Mbps/1	0	0	3.2	3.4	3.7	0	3.57	3.57
Gen 50 Mbps/2	0	0	6.7	5.6	3.5	0.615	3.57	3.56
Gen 80 Mbps/3	0.1	0.08	6.3	6	3.3	1.9365	3.532	3.551
Gen 90 Mbps/4	0	0.25	9.4	8.9	3.8	2.9334	3.493	3.523
Gen 100 Mbps/5	1.5	0.705	8.9	9.4	3.4	3.4877	3.291	3.357

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Stdev) ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ CODEC GSM

จำนวน	loss(%)		delay(ms)		jitter(ms)		MOS	
	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP	JDSU	DQSMP
Background traffic								
Gen 30 Mbps/1	0	0	0.918936	0.699205	0.948683	0	0	0
Gen 50 Mbps/2	0	0	1.418136	0.699205	0.527046	0.279199	0	0
Gen 80 Mbps/3	0.316227	0.139841	0.674948	0.666666	0.483045	0.491242	0.004216	0.016633
Gen 90 Mbps/4	0	0.117851	1.712697	1.197219	0.632455	0.555544	0.067173	0.013374
Gen 100 Mbps/5	0.527046	0.189106	2.183269	1.577621	0.516397	0.669683	0.115897	0.046678

จากการทดลองผลของการวัดของเครื่องมือวัด JDSU กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้น จะเห็นว่าผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เพื่อให้การทดสอบ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ มีความถูกต้องทางสถิติมากขึ้น ผู้วิจัยจึงใช้การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อให้ได้เป็นไปตามมาตรฐานงานวิจัย

#### 4.2 การทดสอบสมมติฐาน (Tests of Hypothesis)

จากผลการทดสอบโดยการวัดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด JDSU ว่าจะสามารถยอมรับได้หรือไม่ แค่นั้นนั้น ก็โดยการใช้วิธีการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณโดยนำผลที่ได้จากการวัดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและเครื่องมือวัด JDSU มาเปรียบเทียบกับ ซึ่งจะแสดงวิธีการคำนวณโดยจะอ้างอิงทฤษฎีจากบทที่ 2 พอเป็นตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่าง 1 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC G.711 ที่ Generate Traffic 90 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.4 กับ 4.5 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

JDSU	DQSMP
$n_1 = 10$	$n_2 = 10$
$\bar{X}_1 = 4.125$	$\bar{X}_2 = 4.123$
$\sigma_1 = 0.051$	$\sigma_2 = 0.44$

ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

หรือ  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

2) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 4.125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{X}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 4.123\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= 0.002 / 0.02 \\ &= 0.1\end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = 0.1 < -1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

ตัวอย่าง 2 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC G.711 ที่ Generate Traffic 100 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.4 กับ 4.5 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

<u>JDSU</u>	<u>Developed Program</u>
$n_1 = 10$	$n_2 = 10$
$\bar{x}_1 = 3.906$	$\bar{x}_2 = 3.939$
$\sigma_1 = 0.089$	$\sigma_2 = 0.034$

ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$  VS  $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

หรือ  $H_1 : \mu_1 = \mu_2$  VS  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

2) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned}\bar{X}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 3.906\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{X}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 3.939\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= -0.033 / 0.03 \\ &= -1.09\end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = -1.09 > -1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

ตัวอย่าง 3 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC G.729 ที่ Generate Traffic 30 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.6 กับ 4.7 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0$  :  $\mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

JDSU

$$n_1 = 10$$

$$\bar{x}_1 = 3.91$$

$$\sigma_1 = 0$$

Developed Program

$$n_2 = 10$$

$$\bar{x}_2 = 3.906$$

$$\sigma_2 = 0.007$$

ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

หรือ  $H_1 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

2) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 3.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{X}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 3.906 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= 0.004 / 0.0022 \\ &= 1.8 \end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = 1.8 < 1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

ตัวอย่าง 4 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC G.729 ที่ Generate Traffic 80 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.6 กับ 4.7 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

<u>JDSU</u>	<u>Developed Program</u>
$n_1 = 10$	$n_2 = 10$
$\bar{X}_1 = 3.91$	$\bar{X}_2 = 3.934$
$\sigma_1 = 0$	$\sigma_2 = 0.046$

ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

หรือ  $H_1 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

2) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 3.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{X}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 3.934 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= -0.024 / 0.018 \\ &= -1.331 \end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = -1.33 > -1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

ตัวอย่าง 5 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC GSM ที่ Generate Traffic 90 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.8 กับ 4.9 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

JDSU

$$n_1 = 10$$

$$\bar{x}_1 = 3.493$$

$$\sigma_1 = 0.067$$

Developed Program

$$n_2 = 10$$

$$\bar{x}_2 = 3.523$$

$$\sigma_2 = 0.013$$



ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

VS

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

หรือ

$$H_1 : \mu_1 = \mu_2$$

VS

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

2) กำหนดค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 3.493 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 3.523 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= -0.03 / 0.021 \\ &= -1.39 \end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = -1.39 > -1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

ตัวอย่าง 6 ทดสอบสมมติฐานที่ CODEC GSM ที่ Generate Traffic 100 mbps จากการทดสอบวัดเครื่องมือวัด JDSU กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่แสดงในตารางที่ 4.8 กับ 4.9 โดยเราเชื่อมั่นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$  และมีค่า  $\alpha = 0.05$  เมื่อได้ค่าจากตารางดังนี้

<u>JDSU</u>	<u>Developed Program</u>
$n_1 = 10$	$n_2 = 10$
$\bar{x}_1 = 3.291$	$\bar{x}_2 = 3.537$
$\sigma_1 = 0.115$	$\sigma_2 = 0.046$

ให้  $\mu_1$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ JDSU

ให้  $\mu_2$  แทน ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ Developed Program

1) ตั้งสมมติฐานการวิจัย

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

หรือ  $H_1 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

2) คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= \sum_{i=1}^{n_1} X_{1i} \\ &= 3.29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_2 &= \sum_{i=1}^{n_2} X_{2i} \\ &= 3.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } Z &= (x_1 - x_2) / \sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)} \\ &= -0.066 / 0.039 \\ &= -1.68 \end{aligned}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

4) กำหนดอาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $Z > Z_{0.025} = 1.96$  หรือ  $Z < -Z_{0.025} = -1.96$

5) การสรุปผล

เนื่องจาก  $Z = -1.68 > -1.96$  ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงยอมรับ  $H_0$

จากผลการคำนวณข้างต้นนั้นเป็นยกตัวอย่างการคำนวณบางค่าของการ Generate background traffic ซึ่งถ้าเป็นทั้งหมดของทุกการ Generate background traffic ทุกค่าตั้งแต่ 30, 50, 80, 90, 100 Mbps จะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.10 ซึ่งจะเป็นตารางผลการคำนวณในการหาค่าการทดสอบสมมติฐานของ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการคำนวณในการหาค่าการทดสอบสมมติฐานของ โปรแกรมที่พัฒนา

	G.711	G.729	GSM
ที่ 30 Mbps	-2.64 (ปฏิเสธ $H_0$ )	1.8 (ยอมรับ $H_0$ )	หาค่าไม่ได้
ที่ 50 Mbps	0.715 (ยอมรับ $H_0$ )	หาค่าไม่ได้	หาค่าไม่ได้
ที่ 80 Mbps	-2.79 (ปฏิเสธ $H_0$ )	-1.33 (ยอมรับ $H_0$ )	-3.64 (ปฏิเสธ $H_0$ )
ที่ 90 Mbps	0.1 (ยอมรับ $H_0$ )	0.08 (ยอมรับ $H_0$ )	-1.39 (ยอมรับ $H_0$ )
ที่ 100 Mbps	-1.09 (ยอมรับ $H_0$ )	0.494 (ยอมรับ $H_0$ )	-1.68 (ยอมรับ $H_0$ )

จากตารางที่ 4.10 ถ้าเรามองภาพรวมจะเห็นว่าส่วนใหญ่จะยอมรับกับการทดสอบสมมติฐานของ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ CODEC G.729 จะสังเกตได้ว่าการทดสอบสมมติฐาน สามารถยอมรับได้เกือบทุกการ Generate background traffic ยกเว้นที่ Generate background traffic 50 Mbps ที่ไม่สามารถหาค่าได้ก็เพราะว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับศูนย์ ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวหารในสูตรทำให้ไม่สามารถหาค่าออกมาได้

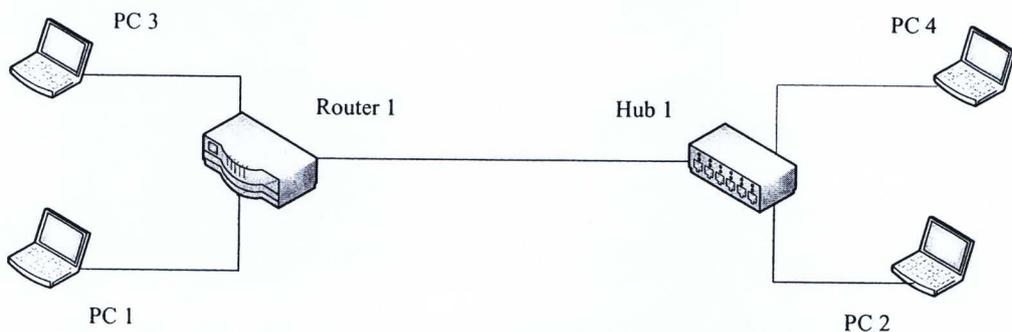
โดยที่ CODEC G.711 การทดสอบสมมติฐานจะมีการปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ 95% อยู่สองกรณีคือที่การ Generate background traffic 30 Mbps และ 80 Mbps แต่จะสังเกตว่าค่าที่คำนวณได้ก็ไม่ห่างจากค่าความเชื่อมั่นที่นัยสำคัญ 95% (-1.96 ถึง 1.96) มากนัก คือ ที่การ Generate background traffic 30 Mbps จะคำนวณได้ค่า -2.64 ในขณะที่การ Generate background traffic 80 Mbps ก็จะคำนวณได้ -2.79 นอกนั้นก็ค่า Generate background traffic อื่นๆ ก็สามารถยอมรับ  $H_0$  ได้ทั้งหมด

ส่วนที่ CODEC GSM ก็จะเป็นลักษณะเช่นเดียวกันซึ่งส่วนใหญ่ก็สามารถยอมรับการทดสอบสมมติฐานของ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ยกเว้นที่ Generate background traffic 30 Mbps กับ 50 Mbps ที่ไม่สามารถหาค่าได้ก็เพราะว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับศูนย์ ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวหารในสูตรทำให้ไม่สามารถหาค่าออกมาได้

ซึ่งจะถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วค่าการยอมรับ  $H_0$  จะมีค่า 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การปฏิเสธ  $H_0$  มีค่าเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์จะเป็นส่วนของการหาค่าไม่ได้ ซึ่งในส่วนนี้เกิดจากค่าข้อมูลที่วัดได้ไม่มีการเบี่ยงเบน

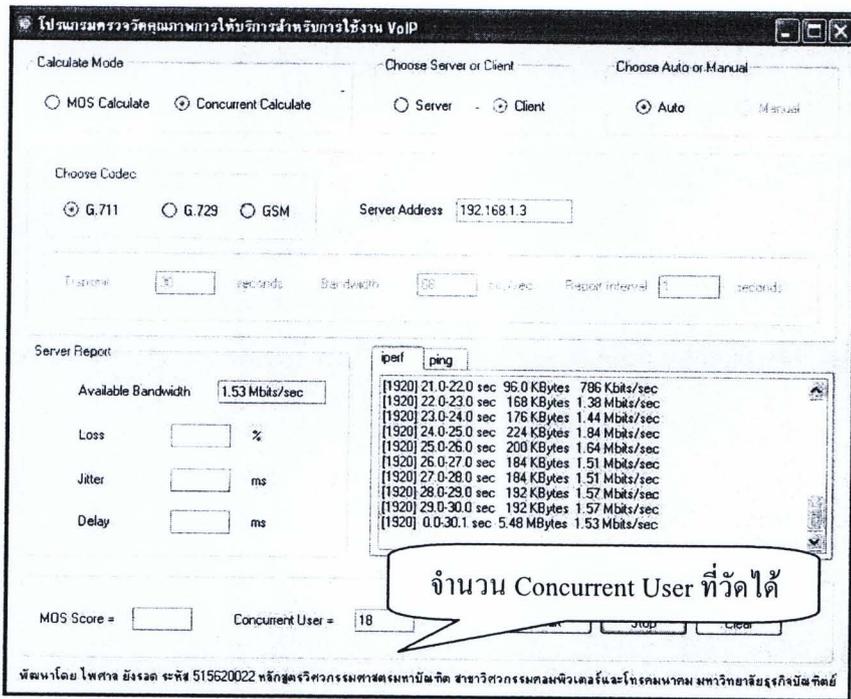
#### 4.3 วิธีการทดสอบโปรแกรมโดยการวัดค่า Concurrent User

การทดสอบหาค่า Concurrent Use ก็เช่นเดียวกันกับการทดสอบการหาค่า MOS โดยได้ทำการจำลองเครือข่ายขึ้นมาตามรูปที่ 4.3 แล้วใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นวัดหาค่า Concurrent Use ก็จะสามารถทราบแบนด์วิดท์ที่เหลือ และ จำนวนผู้ใช้งานพร้อมกันในเครือข่ายนั้นแล้ว ก็จะใช้ PC 3 และ PC 4 ในการสร้าง background traffic โดยใช้โปรแกรม Iperf ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรี เข้าไปในเครือข่าย โดยที่ปริมาณ traffic ที่สร้างขึ้นในเครือข่ายนั้นจะทำการสร้างแบนด์วิดท์ให้เต็มเครือข่ายแล้วใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นวัดค่า MOS ที่เกิดขึ้นของ CODEC G.711 เพราะมีแบนด์วิดท์มากกว่า CODEC อื่นๆ เพื่อจะได้ทราบคุณภาพของ call ที่ใช้งานในขณะนั้น โดย PC 1 และ PC 2 ใช้ในการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะทำหน้าที่เป็น Server และ Client ตามลำดับ ส่วน PC 3 และ PC 4 ใช้ในการสร้าง background traffic ซึ่งจะมีทั้ง Server และ Client เช่นกันแต่จะใช้ Hub (ตาม spec จะรองรับแบนด์วิดท์ได้ 10 Mbps) แทน Switch



รูปที่ 4.3 ลักษณะการใช้โปรแกรมที่พัฒนาวัดค่า Concurrent User จากเครือข่ายจำลอง

จากการทดสอบตามรูปที่ 4.3 จะมีการทดสอบใน 2 ลักษณะคือ การทดสอบในลักษณะที่ไม่มี background traffic และ การทดสอบแบบมี background traffic เต็มเครือข่ายตามที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ (ตาม spec) ซึ่งจากการวัดค่า Concurrent Use ที่ใช้งานระหว่าง Router กับ Hub จะได้เท่ากับ 18 Concurrent User ตามรูปที่ 4.4 ที่จะแสดงต่อไป



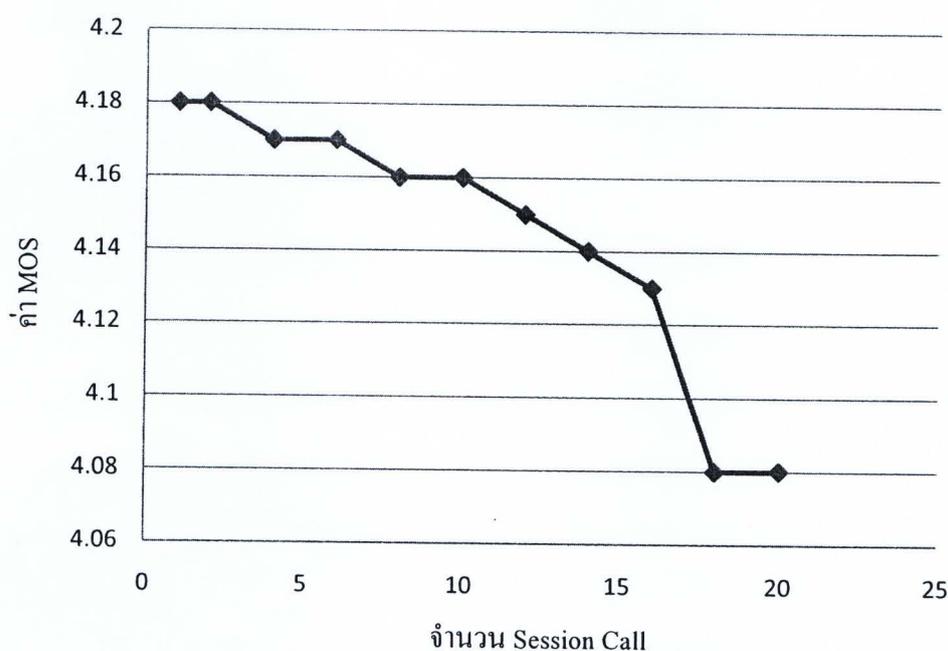
รูปที่ 4.4 โปรแกรมแสดงจำนวน Concurrent User ที่วัดได้ในเครือข่าย

4.2.1 การทดสอบในลักษณะที่ไม่มี background traffic โดยได้นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสร้างทำการสร้าง Session Call ตั้งแต่ 1, 2, 4, 8 ถึง 20 Call ตามลำดับ โดยแต่ละ Session Call จะทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ก่อนที่จะบันทึกข้อมูลลงในแต่ละช่อง ซึ่งจะได้เห็นค่า MOS ที่เปลี่ยนแปลงไปในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่า MOS เมื่อจำนวน Call Session เพิ่มขึ้นในเครือข่ายที่ไม่มี background traffic

	Loss (%)	Jitter (ms)	Delay (ms)	MOS
1 Session Call ( 88 Kbps )	0.074	3.481	10	4.18
2 Session Call ( 176 Kbps )	0.22	0.808	3	4.18
4 Session Call ( 352 Kbps )	0	15157	1	4.17
6 Session Call ( 528 Kbps )	0.075	3.028	24	4.17
8 Session Call ( 704 Kbps )	0.11	11.117	17	4.16
10 Session Call ( 880 Kbps )	0.44	1.436	7	4.16
12 Session Call ( 1056 Kbps )	0.13	15.513	13	4.15
14 Session Call ( 1232 Kbps )	0.22	15.152	18	4.14
16 Session Call ( 1408 Kbps )	0.23	13.464	38	4.13
18 Session Call ( 1584 Kbps )	0.65	18.515	34	4.08
20 Session Call ( 1760 Kbps )	0.73	12.889	38	4.08

จากตารางที่ 4.11 ผลที่ได้จากการวัดในกรณีที่ไม่มี background traffic สามารถนำมาเขียนกราฟ เพื่อที่จะให้เห็นภาพได้ดีขึ้น โดยจะเห็นว่าเมื่อจำนวน Session Call ช่วงที่เครือข่ายไม่สามารถรองรับได้คือที่ 18 Calls ขึ้นไป ค่า MOS ที่วัดได้ จะลดลงอย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.5



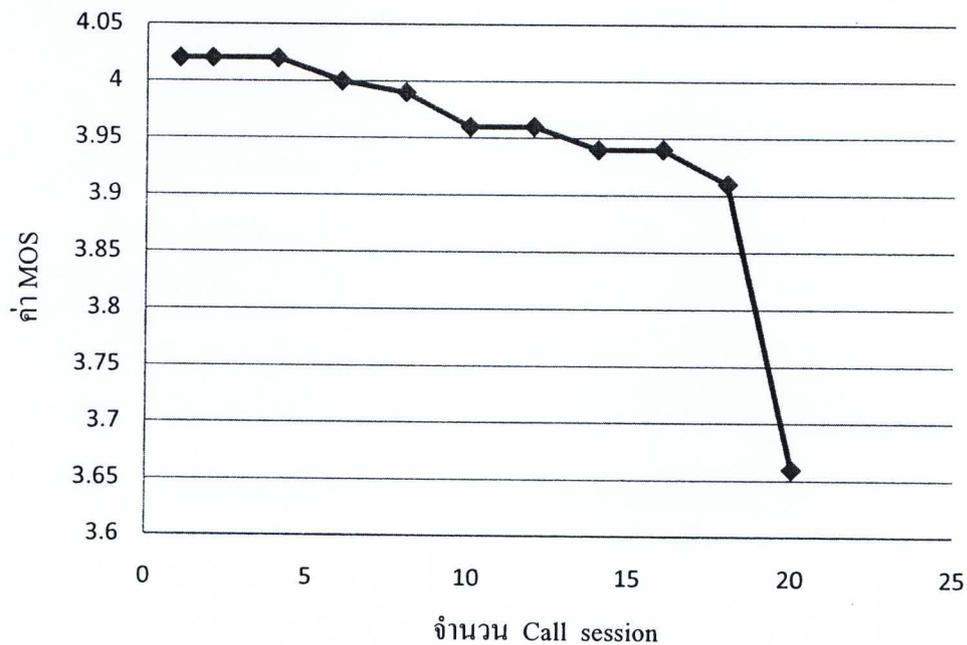
รูปที่ 4.5 ค่า MOS เมื่อมีจำนวน Session Call เพิ่มขึ้นกรณีที่ไม่มี background traffic

4.2.2 การทดสอบในลักษณะที่มี background traffic จากการทดสอบตามรูปที่ 4.3 โดยจะทำการสร้าง background traffic ระหว่าง Router กับ Hub ให้เท่ากับแบนด์วิธของเครือข่ายที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้คือ 10 Mbps และได้้นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสร้าง Session Call โดยแต่ละ Session Call จะทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ก่อนที่จะบันทึกข้อมูลลงในแต่ละช่อง ตั้งแต่ 1, 2, 4, 8 ถึง 20 Calls ตามลำดับ ซึ่งจะได้เห็นค่า MOS ที่เปลี่ยนแปลงไปในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่า MOS เมื่อจำนวน Call Session เพิ่มขึ้นในเครือข่ายที่มี background traffic 100%

	Loss (%)	Jitter (ms)	Delay (ms)	MOS
1 Session Call ( 88 Kbps )	0.12	19.036	157	4.02
2 Session Call ( 176 Kbps )	0.21	25.036	136	4.02
4 Session Call ( 352 Kbps )	0.34	16.386	137	4.02
6 Session Call ( 528 Kbps )	0.46	39.353	100	4.00
8 Session Call ( 704 Kbps )	0.4	19.245	160	3.99
10 Session Call ( 880 Kbps )	0.24	45.273	158	3.96
12 Session Call ( 1056 Kbps )	1.2	2.826	138	3.96
14 Session Call ( 1232 Kbps )	0.44	74.513	91	3.94
16 Session Call ( 1408 Kbps )	1	16.514	154	3.94
18 Session Call ( 1584 Kbps )	1.5	9.388	145	3.91
20 Session Call ( 1760 Kbps )	3.3	41.240	132	3.66

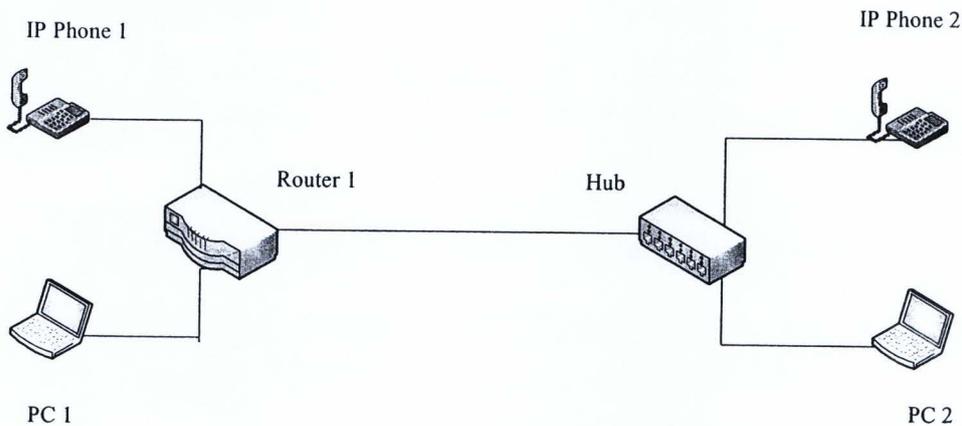
จากตารางที่ 4.12 ผลที่ได้จากการวัดในกรณีที่มี background traffic สามารถนำมาเขียนกราฟ เพื่อที่จะให้เห็นภาพได้ดีขึ้น โดยค่า MOS ที่เริ่มต้นที่ Session Call มีจำนวนน้อย จะสังเกตว่าค่า MOS จะมีค่าน้อยกว่า ผลที่ได้จากการวัดช่วงที่ไม่มี background traffic ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่า MOS เมื่อมีจำนวน Session Call เพิ่มขึ้นกรณีที่มี background traffic 100%

จากการทดสอบ จะเห็นว่า แม้จะมี background traffic จนเต็มในเครือข่าย ก็มิได้หมายความว่า เมื่อเราใช้งาน VoIP ในเครือข่ายนั้นแล้วจะใช้งานไม่ได้ แต่พบว่ายังสามารถใช้งานได้ดี ในกรณีที่ มี จำนวน Session call น้อย ๆ เหตุก็เพราะว่าในอุปกรณ์ Router และ Hub จะมี Buffer อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถรองรับ Bandwidth ที่เกินจากที่วัดได้จากโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตรงนี้ได้ แต่เมื่อเพิ่มจำนวน Session call มากขึ้นจะสังเกตเห็นว่าค่า Loss, Delay, Jitter ก็จะมีเพิ่มขึ้นตามก็ ทำให้ค่า MOS ที่ได้ค่อย ๆ ลดลง ทำให้คุณภาพของเสียงที่ได้ค่อย ๆ ลดลงด้วย

การทดสอบอีกลักษณะหนึ่งที่สามารถทำได้ก็คือ การทำทดสอบการใช้งาน VoIP จริงๆ เข้าไปในเครือข่าย ตามรูปที่ 4.3 โดยจะใช้ IP Phone 1 และ IP Phone 2 ทำการซึ่งใน IP Phone ทั้ง 2 ตัวจะมี ฟังก์ชัน Peer to Peer เมื่อทำการเซตอัพใน IP Phone ทั้ง 2 เรียบร้อยแล้วทำการโทรหากัน โดยจะมี PC 1 และ PC 2 เป็นตัว Server และ Client ในการสร้าง background traffic เข้าไปในเครือข่ายจากน้อยไปหามากจนเต็ม แล้วให้ผู้ฟังสังเกตคุณภาพของเสียงที่โทรหากันระหว่าง IP Phone 1 กับ IP Phone 2 ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ลักษณะการทดสอบ Concurrent User จากเครือข่ายที่จำลอง