บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดลองประกอบด้วยเวลาการทำงาน (execution time) ของเบนช์มาร์ก เวลาเช็คพอยน์ (checkpoint latency) ขนาดของไฟล์สถานะ (size of state file) เวลาในการรีสตาร์ท (restart time) ขนาดของเช็คพอยน์โอเวอร์เฮด (checkpoint overhead) และเวลาที่เครื่องหยุดทำงาน (downtime) โดยมีการทำเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยเช็คพอยน์โปรโตคอลที่มีวิธีการแตกต่างกัน ดังนี้

1. การเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีน (freeze checkpoint)
2. การเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติ (live checkpoint)
3. การเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ที่ใช้เทรด (thread-based live checkpoint)

1. เวลาการทำงานของแอพพลิเคชันและเวลาที่ใช้ในการเช็คพอยน์

ตารางที่ 4.1
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการทำงาน เวลาเช็คพอยน์ และเวลาที่เวอร์ชวลแมชชีนหยุดทำงาน ของเบนช์มาร์ก EP คลาส B

Checkpoint protocol	Execution time (s)		Checkpoint latency (s)		Downtime (s)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Freeze checkpoint	133.04	1.65	11.30	.12	11.30	.12
Live checkpoint	122.32	1.46	11.48	.17	.11	.06
Thread-based live checkpoint	122.42	.77	5.00	.31	.21	.08

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ที่รันในเวอร์ชวลแมชชีนที่มีการทำเช็คพอยน์ด้วยวิธีการหยุดการทำงานใช้เวลามากที่สุด ($\bar{X}$=133.04; S.D.=1.65) ส่วนเวลาการทำงานของเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์แบบปกติและแบบที่ใช้เทรดใช้เวลาใกล้เคียงกัน ($\bar{X}$=122.32; S.D.=1.46 และ $\bar{X}$=122.42; S.D.=.77 ตามลำดับ) สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ วิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด

($\bar{X}$=5.00; S.D.=.31) ส่วนวิธีการของไลฟ์เช็คพอยน์ปกติและวิธีการแบบหยุดการทำงานใช้เวลาเช็คพอยน์ใกล้เคียงกัน ($\bar{X}$=11.48; S.D.=.17 และ $\bar{X}$=11.30; S.D.=.12 ตามลำดับ)

ตารางที่ 4.2

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการทำงาน เวลาเช็คพอยน์ และเวลาที่เวอร์ชวลแมชชีนหยุดทำงาน ของเบนช์มาร์ก CG คลาส B

Checkpoint protocol	Execution time (s)		Checkpoint latency (s)		Downtime (s)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Freeze checkpoint	115.16	3.31	13.92	.20	13.92	.20
Live checkpoint	108.81	3.44	14.68	.30	.13	.05
Thread-based live checkpoint	102.38	1.91	7.24	.43	.18	.24

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก CG คลาส B ที่รันในเวอร์ชวลแมชชีนที่มีการทำเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด ($\bar{X}$=102.38; S.D.=1.91) และการรันเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานใช้เวลามากที่สุด ($\bar{X}$=115.16; S.D.=3.31) สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ วิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด ($\bar{X}$=7.24; S.D.=.43) และวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลาเช็คพอยน์มากที่สุด ($\bar{X}$=14.68; S.D.=.30)

ตารางที่ 4.3

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการทำงาน เวลาเช็คพอยน์ และเวลาที่เวอร์ชวลแมชชีนหยุดทำงาน ของเบนช์มาร์ก BT คลาส A

Checkpoint protocol	Execution time (s)		Checkpoint latency (s)		Downtime (s)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Freeze checkpoint	108.53	1.17	12.82	.57	12.82	.57
Live checkpoint	113.09	2.12	103.33	.99	.12	.12
Thread-based live checkpoint	99.28	2.02	7.03	1.26	.62	.64

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก BT คลาส A ที่รันในเวอร์ชวลแมชชีนที่มีการทำเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด

($\bar{X}$=99.28; S.D.=2.02) และการรันเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลามากที่สุด ($\bar{X}$=113.09; S.D.=2.12) สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ วิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด ($\bar{X}$=7.03; S.D.=1.26) และวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลาเช็คพอยน์มากที่สุด ($\bar{X}$=103.33; S.D.=.99)

ตารางที่ 4.4

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการทำงาน เวลาเช็คพอยน์ และเวลาที่เวอร์ชวลแมชชีนหยุดทำงาน ของเบนช์มาร์ก DC คลาส W

Checkpoint protocol	Execution time (s)		Checkpoint latency (s)		Downtime (s)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Freeze checkpoint	114.53	3.48	14.39	.71	14.39	.71
Live checkpoint	115.43	3.00	35.21	4.00	.94	.70
Thread-based live checkpoint	100.81	2.56	11.81	2.62	1.27	.58

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก DC คลาส W ที่รันในเวอร์ชวลแมชชีนที่มีการทำเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด ($\bar{X}$=100.81; S.D.=2.56) และการรันเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลาใกล้เคียงกัน ($\bar{X}$=114.53; S.D.=3.48 และ $\bar{X}$=115.43; S.D.=3.00 ตามลำดับ) สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ วิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยที่สุด ($\bar{X}$=11.81; S.D.=2.62) และวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลาเช็คพอยน์มากที่สุด ($\bar{X}$=35.21; S.D.=4.00)

ตารางที่ 4.5

การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์กที่ใช้ในการทดลอง ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกัน

Benchmark		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
EP.B	Execution time	3.085	2	27	.062
	Checkpoint latency	3.258	2	27	.054
CG.B	Execution time	1.850	2	27	.177
	Checkpoint latency	3.236	2	27	.055
BT.A	Execution time	2.654	2	27	.089
	Checkpoint latency	2.890	2	27	.073
DC.W	Execution time	.139	2	27	.870
	Checkpoint latency	2.624	2	27	.091

จากตารางที่ 4.5 พบว่าความแปรปรวนของเวลาในการทำงานและเวลาในการเช็คพอยน์ ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่ต่างกัน 3 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในเบนช์มาร์กทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.6

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันด้วย F-test

EP.B		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Execution time	Between Groups	759.251	2	379.626	208.841	.000
	Within Groups	49.080	27	1.818		
	Total	808.331	29			
Checkpoint latency	Between Groups	272.032	2	136.016	2948.652	.000
	Within Groups	1.245	27	.046		
	Total	273.277	29			

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเวลาในการทำงานและเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.7

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันเป็นรายคู่ด้วย Scheffe

EP.B	(I) protocol	(J) protocol	Mean Difference (I-J)	Sig.
Execution time	freeze	live	10.71900*	.000
		thread-based	10.62400*	.000
	live	freeze	-10.71900*	.000
		thread-based	-.09500	.988
	thread-based	freeze	-10.62400*	.000
		live	.09500	.988
Checkpoint latency	freeze	live	-.17800	.199
		thread-based	6.29700*	.000
	live	freeze	.17800	.199
		thread-based	6.47500*	.000
	thread-based	freeze	-6.29700*	.000
		live	-6.47500*	.000

*p<.05

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนแบบหยุดการทำงานใช้เวลามากกว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) ส่วนการทำงานของเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาไม่แตกต่างจากการทำงานที่มีการเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05)

สำหรับเวลาที่ใช้ในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก EP คลาส B พบว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05)

ตารางที่ 4.8

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก CG คลาส B ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันด้วย F-test

CG.B		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Execution time	Between Groups	816.653	2	408.326	46.362	.000
	Within Groups	237.799	27	8.807		
	Total	1054.452	29			
Checkpoint latency	Between Groups	335.625	2	167.813	1592.547	.000
	Within Groups	2.845	27	.105		
	Total	338.470	29			

จากตารางที่ 4.8 พบว่าเวลาในการทำงานและเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก CG คลาส B ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.9

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก CG คลาส B ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันเป็นรายคู่ด้วย Scheffe

CG.B	(I) protocol	(J) protocol	Mean Difference (I-J)	Sig.
Execution time	freeze	live	6.35000*	.000
		thread-based	12.78000*	.000
	live	freeze	-6.35000*	.000
		thread-based	6.43000*	.000
	thread-based	freeze	-12.78000*	.000
		live	-6.43000*	.000
Checkpoint latency	freeze	live	-.76300*	.000
		thread-based	6.68300*	.000
	live	freeze	.76300*	.000
		thread-based	7.44600*	.000
	thread-based	freeze	-6.68300*	.000
		live	-7.44600*	.000

*p<.05

จากตารางที่ 4.9 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก CG คลาส B ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลาน้อยกว่าการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$) และเวลาการทำงานของเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาการทำงานที่มีการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$)

สำหรับเวลาที่ใช้ในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก CG คลาส B พบว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$)

ตารางที่ 4.10

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก BT คลาส A ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันด้วย F-test

BT.A		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Execution time	Between Groups	990.212	2	495.106	149.468	.000
	Within Groups	89.436	27	3.312		
	Total	1079.648	29			
Checkpoint latency	Between Groups	58336.692	2	29168.346	30234.504	.000
	Within Groups	26.048	27	.965		
	Total	58362.740	29			

จากตารางที่ 4.10 พบว่าเวลาในการทำงานและเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก BT คลาส A ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.11

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก BT คลาส A ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันเป็นรายคู่ด้วย Scheffe

BT.A	(I) protocol	(J) protocol	Mean Difference (I-J)	Sig.
Execution time	freeze	live	-4.55600*	.000
		thread-based	9.25300*	.000
	live	freeze	4.55600*	.000
		thread-based	13.80900*	.000
	thread-based	freeze	-9.25300*	.000
		live	-13.80900*	.000
Checkpoint latency	freeze	live	-90.51300*	.000
		thread-based	5.79300*	.000
	live	freeze	90.51300*	.000
		thread-based	96.30600*	.000
	thread-based	freeze	-5.79300*	.000
		live	-96.30600*	.000

*p<.05

จากตารางที่ 4.11 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก BT คลาส A ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลามากกว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05) และเวลาการทำงานของเบนช์มาร์กที่มีการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาการทำงานที่มีการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05)

สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก BT คลาส A พบว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาเช็คพอยน์น้อยกว่าการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ (p<.05)

ตารางที่ 4.12

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก DC คลาส W ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันด้วย F-test

DC.W		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Execution time	Between Groups	1343.741	2	671.870	72.795	.000
	Within Groups	249.201	27	9.230		
	Total	1592.942	29			
Checkpoint latency	Between Groups	3291.880	2	1645.940	211.257	.000
	Within Groups	210.362	27	7.791		
	Total	3502.241	29			

จากตารางที่ 4.12 พบว่าเวลาในการทำงานและเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก DC คลาส W ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.13

การทดสอบความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก DC คลาส W ระหว่างวิธีการเช็คพอยน์ที่แตกต่างกันเป็นรายคู่ด้วย Scheffe

DC.W	(I) protocol	(J) protocol	Mean Difference (I-J)	Sig.
Execution time	freeze	live	-.89600	.806
		thread-based	13.72800*	.000
	live	freeze	.89600	.806
		thread-based	14.62400*	.000
	thread-based	freeze	-13.72800*	.000
		live	-14.62400*	.000
Checkpoint latency	freeze	live	-20.81800*	.000
		thread-based	2.58100	.137
	live	freeze	20.81800*	.000
		thread-based	23.39900*	.000
	thread-based	freeze	-2.58100	.137
		live	-23.39900*	.000

*p<.05

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเวลาในการทำงานของเบนช์มาร์ก DC คลาส W ที่มีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนด้วยวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาการทำงานที่มีการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$)

สำหรับเวลาในการเช็คพอยน์ของเบนช์มาร์ก DC คลาส W พบว่าการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานและแบบที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์ใช้เวลาเช็คพอยน์ไม่แตกต่างกัน และการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติใช้เวลามากกว่าวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$)

2. ขนาดของไฟล์สถานะและเวลาที่ใช้ในการรีสตาร์ท

ตารางที่ 4.14

ขนาดของไฟล์สถานะและเวลาที่ใช้ในการรีสตาร์ทเวอร์ชวลแมชชีน

Benchmark	Checkpoint protocol	Size of state file (MB)	Restart time (s)
EP.B	Freeze checkpoint	361.30	3.61
	Live checkpoint	368.16	3.92
	Thread-based live checkpoint	366.75	3.87
CG.B	Freeze checkpoint	457.05	4.64
	Live checkpoint	473.33	5.08
	Thread-based live checkpoint	543.94	5.76
BT.A	Freeze checkpoint	402.83	4.27
	Live checkpoint	3183.21	46.39
	Thread-based live checkpoint	660.86	6.62
DC.W	Freeze checkpoint	453.29	5.08
	Live checkpoint	643.16	6.83
	Thread-based live checkpoint	580.18	6.36

จากตารางที่ 4.14 พบว่าโดยปกติ การเช็คพอยน์ด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์จะทำให้ขนาดของไฟล์สถานะใหญ่กว่าการเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงาน เนื่องจากหน่วยความจำถูกเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่ทำเช็คพอยน์ ในกรณีของเบนช์มาร์ก BT คลาส A การเช็คพอยน์ด้วยวิธีการไลฟ์เช็คพอยน์ปกติจะสร้างไฟล์สถานะที่มีขนาดใหญ่กว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการอื่นอย่างเห็นได้ชัดซึ่งเกิดจากพฤติกรรมการทำงานของเบนช์มาร์ก BT ที่เขียนข้อมูลลงหน่วยความจำเป็นปริมาณมาก ทำให้มีการคัดลอก dirty page จำนวนมากลงสู่เช็คพอยน์ไฟล์ ซึ่งทำให้การเช็คพอยน์และการรีสตาร์ทใช้เวลานาน

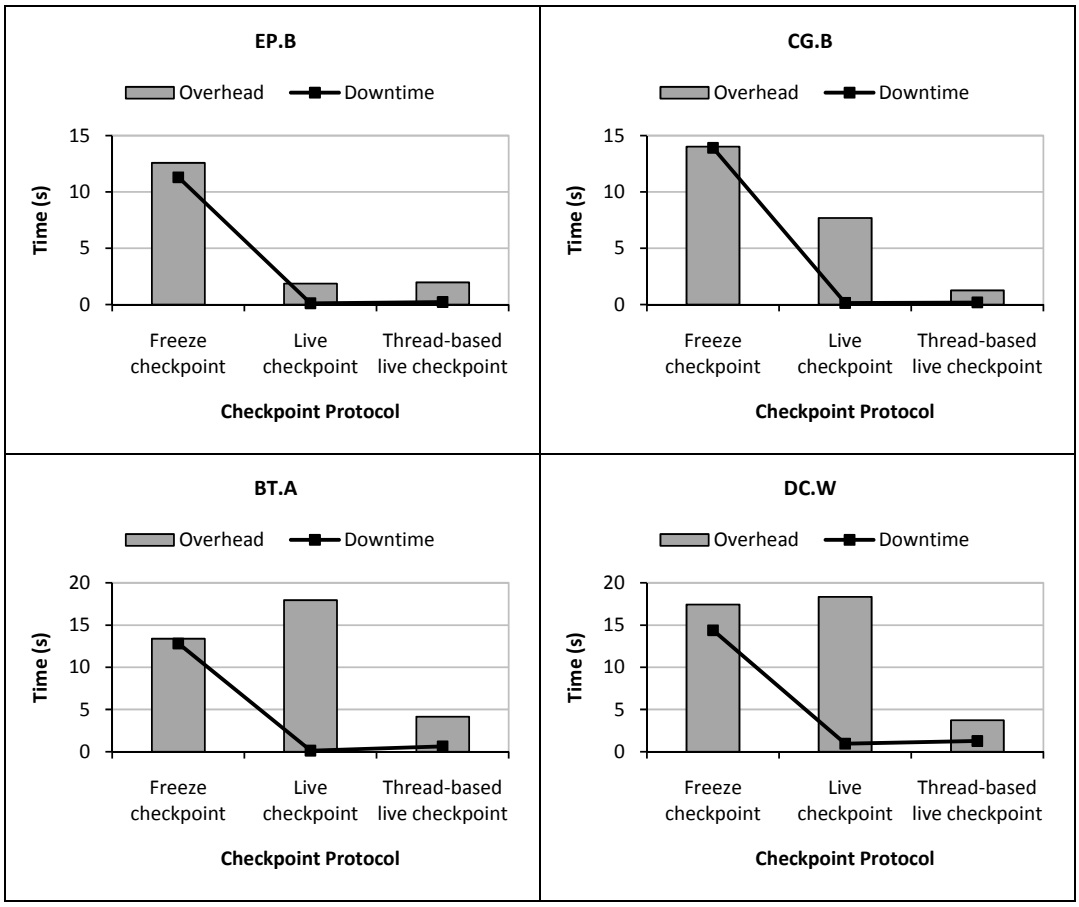
เวลาที่ใช้ในการรีสตาร์ทเวอร์ชวลแมชชีนคือเวลาที่เวอร์ชวลแมชชีนถูกเรียกขึ้นมาให้ทำงานต่อโดยใช้สถานะที่ถูกบันทึกอยู่ในเช็คพอยน์ไฟล์ เริ่มตั้งแต่เวอร์ชวลแมชชีนได้รับคำสั่งให้ทำการรีสตาร์ท และเมื่อสถานะของเวอร์ชวลแมชชีนถูกโหลดขึ้นมาเสร็จสมบูรณ์แล้ว มันจะสามารถเริ่มต้นทำงานได้ ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดการรีสตาร์ท จากตารางที่ 4.14 เวลาที่ใช้ในการรีสตาร์ทจะขึ้นอยู่กับขนาดของเช็คพอยน์ไฟล์

3. ขนาดของเช็คพอยน์โอเวอร์เฮดและเวลาที่เครื่องหยุดทำงาน

ตารางที่ 4.15
ขนาดโอเวอร์เฮดของแต่ละวิธีการเช็คพอยน์

Benchmark	Checkpoint protocol	Overhead	
		(s)	(%)
EP.B	Freeze checkpoint	12.58	10.44%
	Live checkpoint	1.86	1.54%
	Thread-based live checkpoint	1.96	1.63%
CG.B	Freeze checkpoint	14.03	13.87%
	Live checkpoint	7.68	7.59%
	Thread-based live checkpoint	1.25	1.24%
BT.A	Freeze checkpoint	13.39	14.07%
	Live checkpoint	17.95	18.87%
	Thread-based live checkpoint	4.14	4.35%
DC.W	Freeze checkpoint	17.44	17.96%
	Live checkpoint	18.34	18.89%
	Thread-based live checkpoint	3.72	3.83%

ภาพที่ 4.1
เช็คพอยน์โอเวอร์เฮดและดาวน์ไทม์ของแต่ละวิธีการเช็คพอยน์



ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.1 แสดงเช็คพอยน์โอเวอร์เฮดของวิธีการเช็คพอยน์แต่ละแบบ โดยเปรียบเทียบกับเวลาการทำงานของเบนช์มาร์ก EP คลาส B ($\bar{X}$=120.46; S.D.=.76) CG คลาส B ($\bar{X}$=101.13; S.D.=.70) BT คลาส A ($\bar{X}$=95.14; S.D.=.19) และ DC คลาส W ($\bar{X}$=97.09; S.D.=4.62) ในเวอร์ชวลแมชชีนที่ไม่มีการทำเช็คพอยน์ พบว่าวิธีการที่ใช้เทรดในไลฟ์เช็คพอยน์มีโอเวอร์เฮดน้อยที่สุดในเบนช์มาร์ก CG คลาส B, BT คลาส A และ DC คลาส W (1.24%, 4.35% และ 3.83% ตามลำดับ) ส่วนในเบนช์มาร์ก EP คลาส B พบว่าวิธีการเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ที่ใช้เทรดและแบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติมีโอเวอร์เฮดใกล้เคียงกัน

สำหรับเวลาที่เครื่องหยุดทำงาน (downtime) การเช็คพอยน์แบบหยุดการทำงานจะมีค่าดาวน์ไทม์สูงกว่าการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการอื่น เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเช็คพอยน์ทั้งหมดคือ

เวลาที่เครื่องหยุดการทำงาน ส่วนการเช็คพอยน์ด้วยวิธีการของไลฟ์เช็คพอยน์แบบปกติและแบบที่ใช้เทรด ดาวน์ไทม์จะมีค่าน้อยมากเนื่องจากเวอร์ชวลแมชชีนไม่ต้องหยุดทำงานในขณะที่มีการเช็คพอยน์ อย่างไรก็ตาม ค่าดาวน์ไทม์สามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อแอพพลิเคชันมีการเขียนไฟล์ขนาดใหญ่ ดังที่พบในเบนช์มาร์ก DC ซึ่งพบว่าค่าดาวน์ไทม์เพิ่มขึ้น .81s-.83s ในการเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ปกติ และ .65s-1.09s ในการเช็คพอยน์แบบไลฟ์เช็คพอยน์ที่ใช้เทรด