

# Dot Product

PTHREADS POSIX Threads for Multiprocessing

01076255 Computer Architecture



# Dot product

- Dot product หรือ ผลคูณเชิงสเกลาร์ ของเวกเตอร์  $a$  และเวกเตอร์  $b$  คือ ผลบวกของผลคูณระหว่างสมาชิกแต่ละตัวของ  $a$  และ  $b$

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & -5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4 & -2 & -1 \end{bmatrix} = (1)(4) + (3)(-2) + (-5)(-1) = 3$$

- โดยจะใช้ lib PTHREADS ในการทดลอง



# Hardware ที่ใช้ ในการทดลอง

```
Architecture:      x86_64
CPU op-mode(s):    32-bit, 64-bit
Byte Order:        Little Endian
CPU(s):            8
On-line CPU(s) list: 0-7
Thread(s) per core: 2
Core(s) per socket: 4
Socket(s):         1
NUMA node(s):      1
Vendor ID:         GenuineIntel
CPU family:        6
Model:             142
Model name:        Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz
Stepping:          10
CPU MHz:           1700.146
CPU max MHz:       3400.0000
CPU min MHz:       400.0000
BogoMIPS:          3600.00
Virtualization:    VT-x
L1d cache:         32K
L1i cache:         32K
L2 cache:          256K
L3 cache:          6144K
NUMA node0 CPU(s): 0-7
```

# 1. วิธีการทดลอง

- ทดลองใช้คำสั่ง perf เพื่อวัดการทำงานระดับ

Microarchitecture

ซึ่งจะวัดจำนวนของ clk-cycles, instruction, cache, dTLB-loads, dTLB-stores, iTLB-loads และ branch load

โดยจะเริ่มจากการวัดค่าการทำงานแบบปกติ และจากนั้นเพิ่มค่า workload เป็น 2 เท่า 4 เท่า และ 8 เท่าจากค่าเดิม เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ



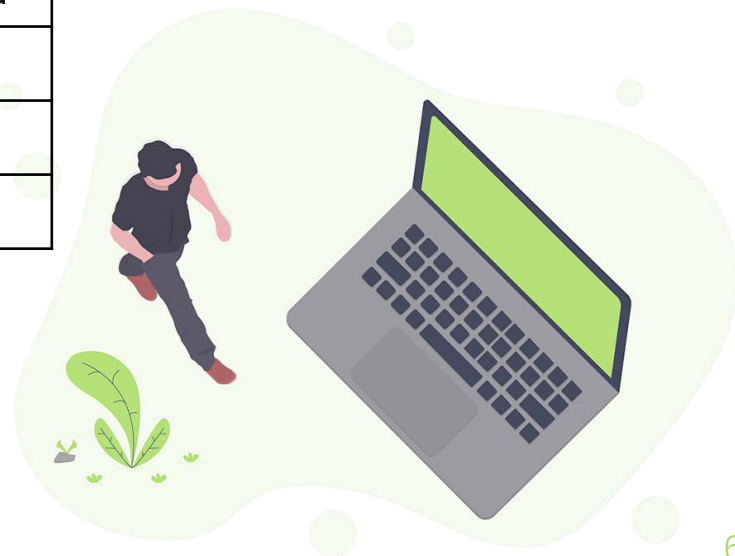
# ผลการทดลอง

Results



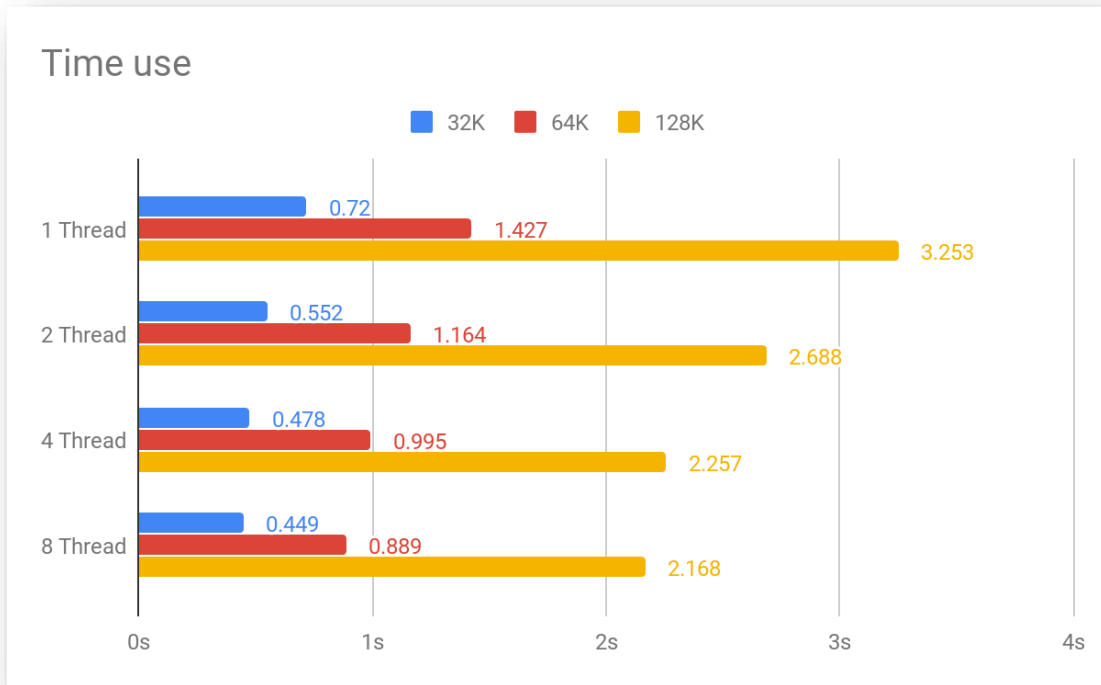
# เวลาที่ใช้ในการประมวลผลต่อ ภาระงาน

	1 Thread	2 Thread	4 Thread	8 Thread
32 K	0.720 s	0.552 s	0.478 s	0.449 s
64 K	1.427 s	1.164 s	0.995 s	0.889 s
128 K	3.253 s	2.688 s	2.257 s	2.168 s



# Time Use

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มค่า workload จะทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวน thread เพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเร็วขึ้นเช่นกัน



# ผลการทดลองเพิ่มจำนวน thread โดย workloadคงที่

workload	64 K			
thread	1T	2T	4T	8T
cpu-cycles	560	584	590	638
instructions	604	605	605	606
cache-references	86	86	86	86
cache-miss	44	49	49	42
dTLB-loads(K)	73,692	72,954	74,992	75,582
dTLB-loads( missesK )	5.044	6.952	6.551	5.854
iTLB-loads(K)	4.343	4.784	4.020	1.162
iTLB-loads-misses(K)	0.578	0.566	0.773	0.747





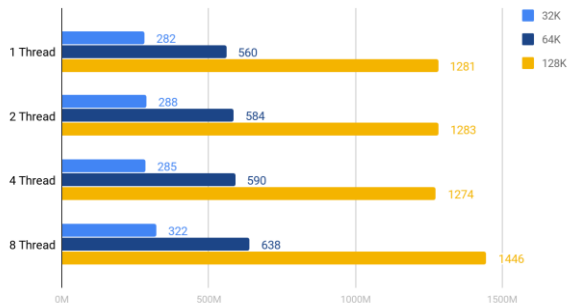
# ผลการทดลองเพิ่มจำนวน thread โดยเพิ่ม workload 2 เท่า

workload	128K			
thread	1T	2T	4T	8T
cpu-cycles	1,281	1,283	1,274	1,446
instructions	1,200	1,203	1,203	1,204
cache-references	176	176	175	177
cache-miss	90	88	88	85
dTLB-loads(K)	143,374	140,544	145,599	148,694
dTLB-loads(-missesK)	6.225	6.029	5.125	7.687
iTLB-loads(K)	0.973	1.582	2.657	2.331
iTLB-loads-misses(K)	0.707	1.194	1.497	1.424

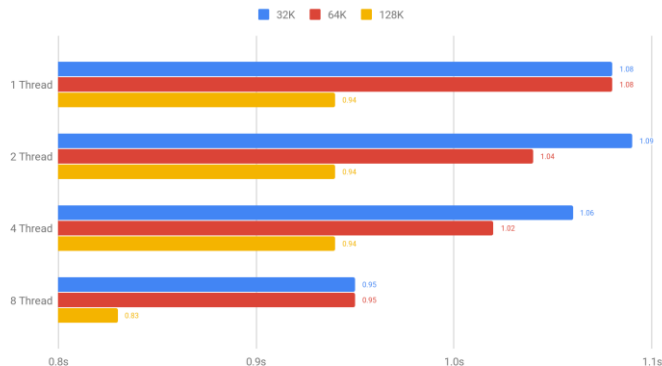


# วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

cpu-cycles



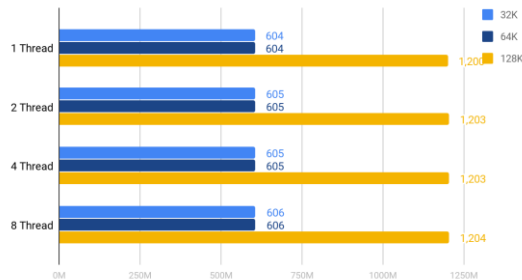
instructions per cpu-cycles



## cpu-cycles

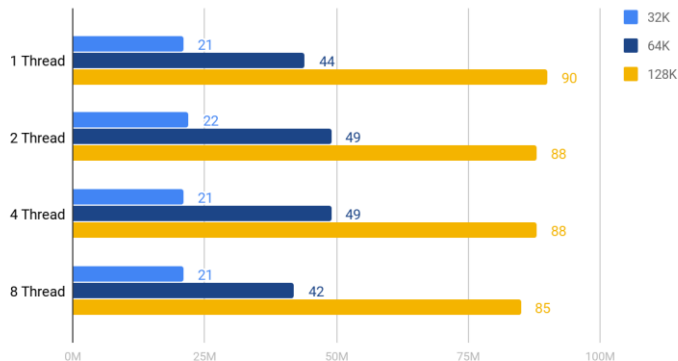
- ปริมาณ workload แปรผันตรงกับ cpu-cycle
- จำนวน thread แปรผันตรงกับ cpu-cycle
- ปริมาณ workload และ thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน instructions
- ปริมาณ workload และ thread แปรผกผันกับ ins/cycles

instructions

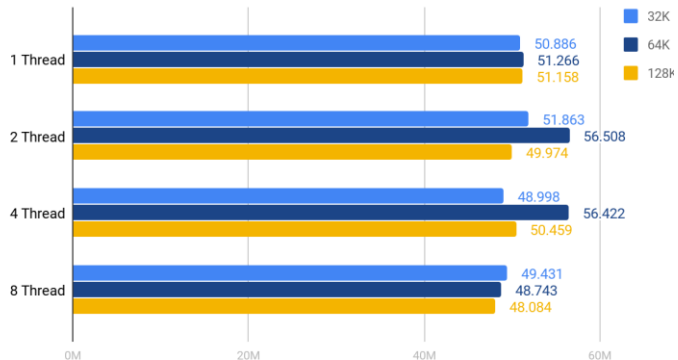


# วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

cache-misses



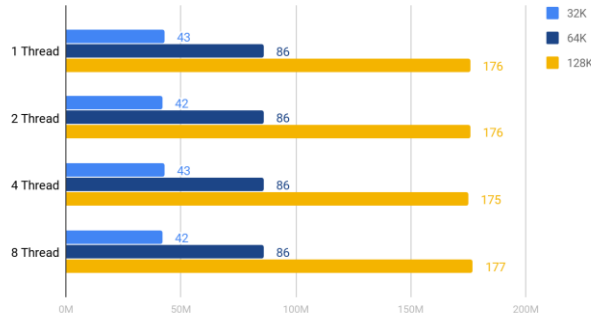
% cache-references



## cache-references

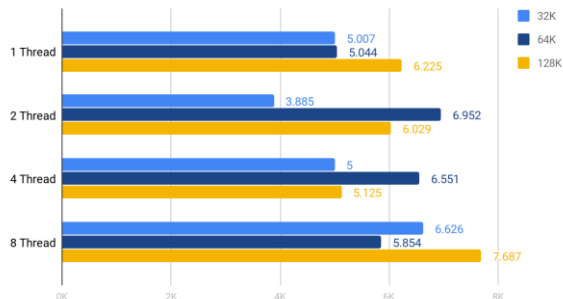
- ปริมาณ workload แปรผันตรงกับ cache-ref, cache-miss
- จำนวน thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน cache-ref, cache-miss
- ปริมาณ workload และ thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน % cache-ref

cache-references

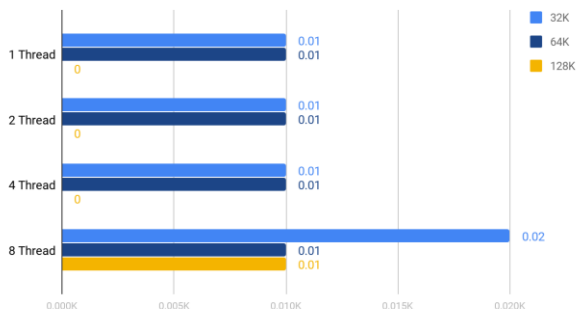


# “วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

dTLB-loads-misses



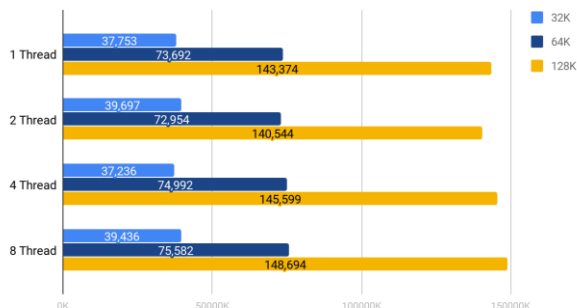
% dTLB-cache-hits



## dTLB-loads

- ปริมาณ dTLB-loads แปรผันตรงกับ workload
- จำนวน thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน dTLB-loads
- ปริมาณ workload และ thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน dTLB-loads-misses, % dTLB-loads-misses

dTLB-loads

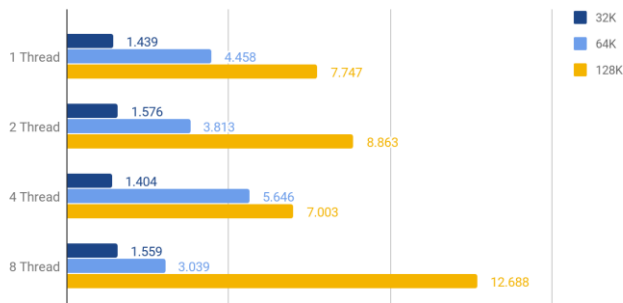


# วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

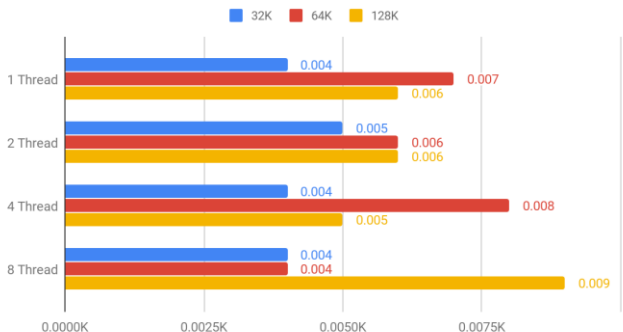
## dTLB-stores

- ปริมาณ dTLB-stores, dTLB-stores-misses แปรผันตรงกับ workload
- จำนวน thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน dTLB-stores, dTLB-stores-misses
- ปริมาณ workload และ thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน % dTLB-stores

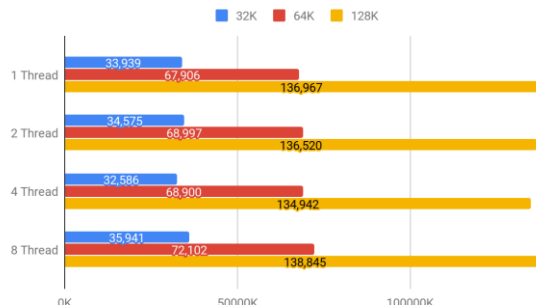
dTLB-stores-misses



% dTLB-stores

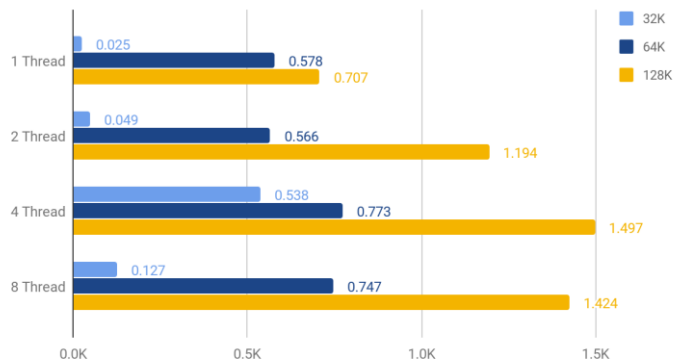


dTLB-stores



# วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

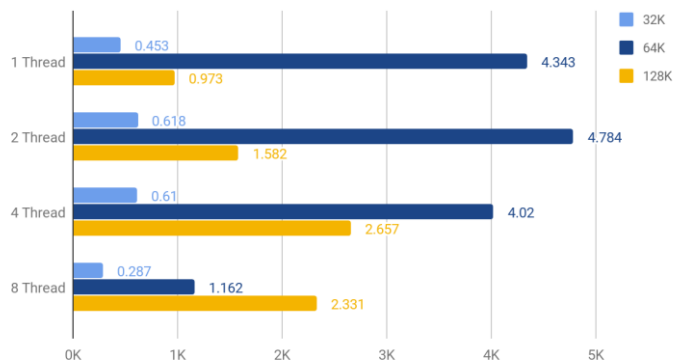
iTLB-load-misses



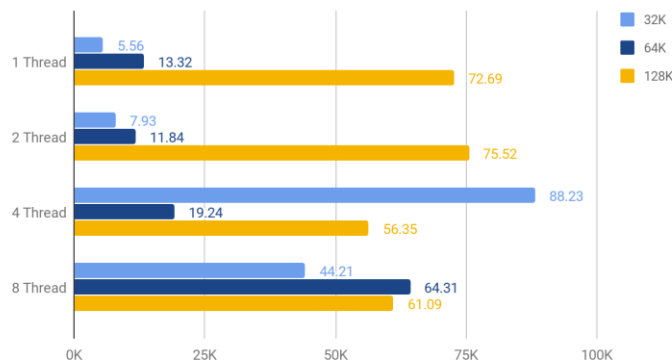
## iTLB-loads

- ปริมาณ workload และ thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน iTLB-loads
- ปริมาณ iTLB-load-misses, % iDTB-loads แปรผันตรงกับ workload และ thread

iTLB-loads

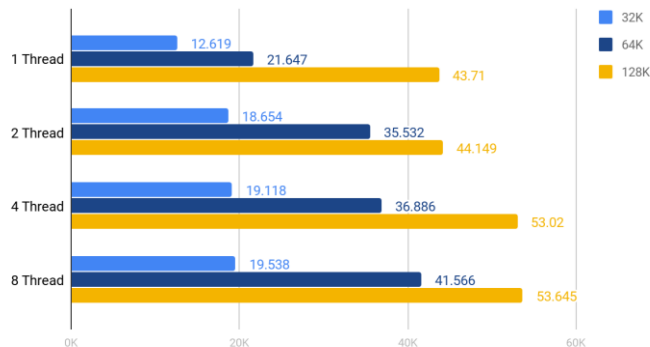


% iDTB-loads

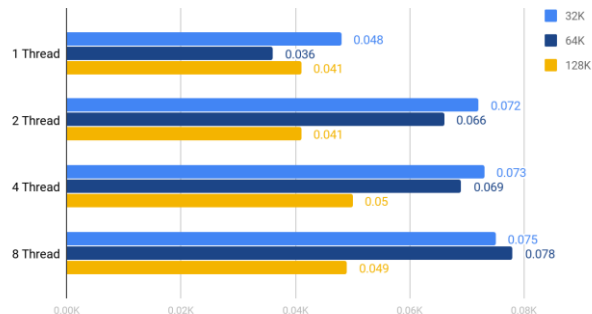


# วิเคราะห์ผลการทดลอง จาก graph

branch-loads-misses



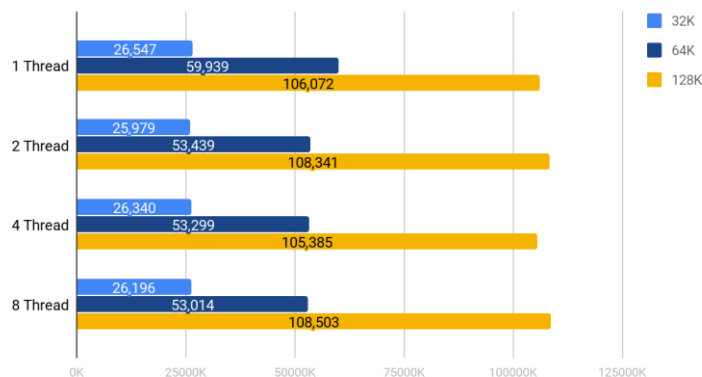
% branch-loads



## branch-loads

- ปริมาณ branch-loads, branch-loads-misses แปรผันตรงกับ workload
- จำนวน thread ไม่ส่งผลต่อจำนวน branch-loads
- จำนวน branch-loads-misses, % branch-loads แปรผันตรงกับ thread
- ปริมาณ % branch-loads แปรผกผันกับ workload

branch-loads



# Members

- Kritnarong Samertung 59010026
- Nuttapat Pimthong 59010444
- Bundit Seedao 59010759





# Thanks!

Any questions?

