สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบปฏิบัติการ
(Operating Systems)

ดร.ประภาพร รัตนธำรง

ตำราที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2567

1 พื้นฐานระบบคอมพิวเตอร์ (Computer system background) 19

1.1 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ (Elements of computer systems) 20

1.2 ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ (Computer hardware) 20

1.3 ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ (Computer software) 30

1.4 ปฏิสัมพันธ์ร่วมกันของระบบปฏิบัติการ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ 31

1.5 บทสรุป 33

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 1 34

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 1 38

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 1 40

2 แนวคิดพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ (Basic OS concepts) 41

2.1 บทบาทของระบบปฏิบัติการ (Roles of operating systems) 42

2.2 ฟังก์ชันหน้าที่ของระบบปฏิบัติการ (Operating systems functions) 43

2.3 วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการ (OS evolution) 45

2.4 ประเภทของระบบปฏิบัติการ (OS types) 55

2.5 เป้าประสงค์ของระบบปฏิบัติการ (Goals of OSes) 57

2.6 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ (OS Basics) 58

2.7 กระบวนการบูตเพื่อเริ่มระบบปฏิบัติการ (OS Bootstrapping or boot process) 64

2.8 บทสรุป 65

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 2 67

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 2 70

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 2 72

3 อินเทอร์เฟซผู้ใช้ของระบบปฏิบัติการ (OS user interface) 74

3.1 อินเทอร์เฟซผู้ใช้ของระบบปฏิบัติการ (OS user interfaces) 75

3.2 ทำความรู้จักระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux OS introduction) 77

3.3 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 87

3.4 บทสรุป 98

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 3 99

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 3 102

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 3 103

4 การจัดการดิสก์ (Disk management) 104

4.1 การจัดการดิสก์ (Disk management) 105

4.2 พื้นฐานเกี่ยวกับดิสก์ (Disk basics) 105

4.3 การกำหนดตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลบนดิสก์ (Disk addressing) 109

4.4 กระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับดิสก์ (Fundamental disk operations) 112

4.5 การกำหนดตารางเวลาของดิสก์ (Disk scheduling) 115

4.6 กลยุทธ์การจัดเก็บข้อมูลในหลายดิสก์ (Redundant Arrays of Inexpensive Disks - RAIDs) 119

4.7 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 123

4.8 บทสรุป 127

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 4 128

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 4 131

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 4 133

5 การจัดการระบบไฟล์ (File system management) 134

5.1 ระบบไฟล์ (File system) 135

5.2 การจัดการไฟล์ (File organization) 138

5.3 การจัดการไดเรกทอรี (Directory organization) 140

5.4 ฟังก์ชันการดำเนินการกับไฟล์และไดเรกทอรี (File and Directory Operations) 145

5.5 การเชื่อมโยงหรือลิงก์ไฟล์ (File linking) 154

5.6 การจัดสรรพื้นที่ดิสก์ให้ไฟล์และพื้นที่ว่าง (Space allocation and free space management) 157

5.7 การเชื่อมโยงระบบไฟล์ (Mounting File Systems) 167

5.8 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 169

5.9 บทสรุป 179

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 5 180

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 5 183

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 5 185

6 การจัดการอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O device management) 186

6.1 การจัดการอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O device management) 187

6.2 กลไกการประสานข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผล และอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O Interface Mechanisms) 193

6.3 ตัวควบคุมอินพุต/เอาต์พุตและไดรเวอร์อุปกรณ์ (I/O controller and device driver) 196

6.4 เทคนิคการจัดการคุณภาพอินพุต/เอาท์พุต (I/O optimization techniques) 198

6.5 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 199

6.6 บทสรุป 201

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 6 203

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 6 206

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 6 207

7 การจัดการโปรเซส (Process management) 208

7.1 โปรแกรมและโปรเซส (Program vs Process) 208

7.2 การจัดการโปรเซส (Process management) 209

7.3 องค์ประกอบของโปรเซส (Process components) 209

7.4 การดำเนินการกับโปรเซส (Process operation) 214

7.5 การเขียนโปรแกรมที่ใช้ซิสเต็มคอลล์ในการจัดการโปรเซส (ภาคปฏิบัติ) 218

7.6 บทสรุป 239

แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 7 240

โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 7 243

หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 7 245

8 การจัดลำดับงานของซีพียู (CPU scheduling) 246

8.1 ประเภทของตัวจัดลำดับงาน (Scheduler) 247

8.2 การจัดลำดับการทำงานของซีพียู (CPU scheduling) 248

8.3 อัลกอริทึมในการจัดลำดับการทำงานของซีพียู (CPU scheduling algorithms) 249

8.4 เธรดและการประมวลผลแบบมัลติคอร์ (Threads and multi-core processing) 263
8.5 การจัดลำดับการทำงานแบบเรียลไทม์สำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องคำนึงถึงเวลา (Real-time scheduling) 267
8.6 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 268
8.7 บทสรุป 273
แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 8 274
โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 8 277
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 8 278

9 การจัดการหน่วยความจำเบื้องต้น (Basic memory management) 279
9.1 การจัดการหน่วยความจำ (Memory management) 279
9.2 การจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำด้วยวิธีแบบพื้นที่ต่อเนื่องกัน (Contiguous Memory Allocation) 282
9.3 การจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำด้วยวิธีแบบพื้นที่ไม่ต้องต่อเนื่องกัน (Non-contiguous Memory Allocation) 302
9.4 บทสรุป 318
แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 9 319
โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 9 323
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 9 324

10 หน่วยความจำเสมือน (Virtual Memory) 325
10.1 หน่วยความจำเสมือน (Virtual memory) 326
10.2 การจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำด้วยวิธีดีมานด์เพจจิง (Demand paging) 328
10.3 การใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์พื้นฐาน (ภาคปฏิบัติ) 338
10.4 บทสรุป 340
แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 10 341
โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 10 345
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 10 346

11 การทำงานพร้อมกัน (Concurrency) 347
11.1 การทำงานพร้อมกัน (Concurrency) 348

11.2 สภาวะการแย่งชิง (Race condition) 350
11.3 เทคนิคในการประสานจังหวะหรือการซิงโครไนซ์ (Synchronization techniques) 351
11.4 กลไกในการควบคุมการทำงานพร้อมกัน (Concurrency control mechanisms) 353
11.5 สภาวะติดตาย (Deadlock) 358
11.6 การเขียนโปรแกรมที่ใช้กลไกการประสานจังหวะเพื่อการทำงานพร้อมกันของโปรเซสหรือเธรด (ภาคปฏิบัติ) 371
11.7 บทสรุป 380
แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 11 381
โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 11 384
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 11 388

12 ความปลอดภัยระดับระบบปฏิบัติการ (OS-level security) 389
12.1 ความปลอดภัยของระบบ (System security) 389
12.2 กลไกความปลอดภัยในระดับระบบปฏิบัติการ (OS-level security mechanisms) 390
12.3 การเสริมความแข็งแกร่งให้กับระบบปฏิบัติการ (OS Hardening) 393
12.4 บทสรุป 398
แบบฝึกหัดสำหรับบทที่ 12 399
โจทย์ฝึกปฏิบัติสำหรับบทที่ 12 403
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 12 405

13 ระบบปฏิบัติการในโลกยุคใหม่ (Operating Systems for the Modern Era) ... 406
13.1 เปรียบเทียบระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 406
13.2 แนวคิดของการจำลองระบบ (Virtualization) 411
13.3 คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) 412
13.4 บทสรุป 413
หนังสืออ้างอิงสำหรับบทที่ 13 414

บรรณานุกรม 415

ดรรชนี 418

ประวัติผู้เขียน 421

รูปที่ 1.1 ฮาร์ดแวร์พื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ 21
รูปที่ 1.2 หน่วยประมวลผลหรือซีพียูแบบชิปเซต (Chipset) 21
รูปที่ 1.3 วงจรเครื่องหรือวงจรคำสั่งในการประมวลผลของซีพียู 22
รูปที่ 1.4 ตัวอย่างกระบวนการทำงานในวงจรเครื่องสำหรับคำสั่ง add r1, r2, r3 23
รูปที่ 1.5 หน่วยความจำและอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล 24
รูปที่ 1.6 ลำดับชั้นของหน่วยความจำ (Memory hierarchy) 26
รูปที่ 1.7 ลักษณะของการเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม 28
รูปที่ 1.8 ปฏิสัมพันธ์ร่วมกันของผู้ใช้ ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชัน ระบบปฏิบัติการ และฮาร์ดแวร์ 32
รูปที่ 1.9 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ในระบบคอมพิวเตอร์สำหรับโจทย์ฝึกปฏิบัติ 1.1 38

รูปที่ 2.1 พีระมิดแสดงส่วนประกอบภายในระบบปฏิบัติการ 44
รูปที่ 2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM 701 46
รูปที่ 2.3 การประมวลผลแบบตามลำดับ (Serial processing) 47
รูปที่ 2.4 การประมวลผลแบบแบทช์ (Batch processing) 48
รูปที่ 2.5 คอมพิวเตอร์ IBM 704 และระบบ GM-NAA I/O 48
รูปที่ 2.6 การประมวลผลแบบตามลำดับ 49
รูปที่ 2.7 การประมวลผลแบบยูนิโปรแกรมมิง 50
รูปที่ 2.8 การประมวลผลแบบแบ่งเวลา 51
รูปที่ 2.9 ความแตกต่างระหว่างการประมวลผลแบบมัลติทาสกิงและแบบมัลติโปรเซสซิง 52
รูปที่ 2.10 ความแตกต่างของการประมวลผลแบบฮาร์ดเรียลไทม์และซอฟต์เรียลไทม์ 54
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการ 58
รูปที่ 2.12 การทำงานแบบโหมดคู่ (Dual mode operation) 60
รูปที่ 2.13 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการแบบโมโนลิทิกเคอร์เนล ไมโครเคอร์เนล และไฮบริดเคอร์เนล 61
รูปที่ 2.14 กระบวนการบูตเพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบปฏิบัติการ 64

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างอินเทอร์เฟซแบบ GUI ของระบบปฏิบัติการ macOS 75
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างอินเทอร์เฟซแบบ CLI ของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ 76
รูปที่ 3.3 สถาปัตยกรรมของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ 77
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของลีนุกซ์ดิสโทรที่เป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย 78
รูปที่ 3.5 มาตรฐานลำดับชั้นของระบบไฟล์ (Filesystem Hierarchy Standard หรือ FHS) 80
รูปที่ 3.6 EC2 Dashboard แสดงสถานะอินสแตนซ์ 84
รูปที่ 3.7 หน้าจอหลังจากเชื่อมต่อเข้าสู่อินสแตนซ์ EC2 ด้วยเทอร์มินัลคอมมานด์พร้อมสำเร็จ 85
รูปที่ 3.8 หน้าจอหลังจากเชื่อมต่อเข้าสู่อินสแตนซ์ EC2 ด้วยเทอร์มินัลใน macOS หรือ Linux สำเร็จ 86
รูปที่ 3.9 หน้าจอหลังจากเชื่อมต่อเข้าสู่อินสแตนซ์ EC2 ด้วย PuTTY สำเร็จ 86
รูปที่ 3.10 หน้าจอหลังจากเชื่อมต่อเข้าสู่อินสแตนซ์ EC2 ด้วย PuTTY สำเร็จ 87

รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 106
รูปที่ 4.2 เทคนิคการบันทึกข้อมูลบนดิสก์ 107
รูปที่ 4.3 การกำหนดที่อยู่บนดิสก์ทางกายภาพ 110

รูปที่ 4.4 การสแกนดิสก์ด้วยโปรแกรม chkdsk ใน Windows 114
รูปที่ 4.5 RAID ระดับ 0: Striping 120
รูปที่ 4.6 RAID ระดับ 1: Mirroring 121
รูปที่ 4.7 RAID ระดับ 2: Hamming code 121
รูปที่ 4.8 RAID ระดับ 3: Bit-interleaved parity 122
รูปที่ 4.9 RAID ระดับ 4: Block-level parity 122
รูปที่ 4.10 RAID ระดับ 5: Block-level distributed parity 123
รูปที่ 4.11 RAID ระดับ 6: Dual redundancy 123
รูปที่ 4.12 RAID 0+1 และ RAID 1+0 124

รูปที่ 5.1 สถาปัตยกรรมของระบบไฟล์ 136
รูปที่ 5.2 เค้าโครงของระบบไฟล์ ext4 137
รูปที่ 5.3 บิตแมปของบล็อกข้อมูล 138
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างโครงสร้างไดเรกทอรี (Directory Structure) 141
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างโครงสร้างไดเรกทอรีแบบระดับเดียว (Single-Level Structure) 142
รูปที่ 5.6 ตัวอย่างโครงสร้างไดเรกทอรีแบบสองระดับ (Two-Level Structure) 143
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างโครงสร้างไดเรกทอรีแบบคล้ายต้นไม้ (Tree-Based Structure) 143
รูปที่ 5.8 ตัวอย่างโครงสร้างไดเรกทอรีแบบกราฟซึ่งไม่มีลักษณะหมุนรอบ (Acyclic Graph Structure)144
รูปที่ 5.9 หน้าต่างแสดงข้อมูลคุณสมบัติของไฟล์ในตัวสำรวจไฟล์ของระบบปฏิบัติการ Windows . . 147
รูปที่ 5.10 กระบวนการค้นหาและระบุตำแหน่งไฟล์บนดิสก์ 150
รูปที่ 5.11 ตัวอย่างค่าที่เก็บอยู่ในตารางไฟล์ที่เปิดอยู่และตารางตัวบอกไฟล์ 151
รูปที่ 5.12 ผลที่เกิดขึ้นหลังการลบไฟล์จากโครงสร้างไดเรกทอรี 153
รูปที่ 5.13 การสร้างฮาร์ดลิงก์ 155
รูปที่ 5.14 การสร้างซอฟต์ลิงก์ 156
รูปที่ 5.15 โครงสร้างของไฟล์และดิสก์ 158
รูปที่ 5.16 การประสานการทำงานระหว่างชั้นของระบบไฟล์ในการดำเนินงานกับไฟล์ 160
รูปที่ 5.17 การจัดสรรพื้นที่บนดิสก์แบบต่อเนื่องกัน (Contiguous Allocation Method) 161
รูปที่ 5.18 การจัดสรรพื้นที่บนดิสก์แบบเชื่อมโยงกัน (Linked Allocation Method) 163
รูปที่ 5.19 การจัดสรรพื้นที่บนดิสก์แบบจัดทำดัชนี (Index Allocation Method) 165
รูปที่ 5.20 การใช้ตัวชี้ทางอ้อมหลายระดับ 166
รูปที่ 5.21 วิธีการบริหารจัดการพื้นที่ว่าง 167
รูปที่ 5.22 การเชื่อมโยงระบบไฟล์จากอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลภายนอกเข้ามายังระบบหลัก 168
รูปที่ 5.23 อินเทอร์เฟซของโปรแกรม nano 173
รูปที่ 5.24 อินเทอร์เฟซของโปรแกรม Vim 174

รูปที่ 6.1 โครงสร้างแบบลอจิกในการดำเนินการอินพุต/เอาต์พุต 189
รูปที่ 6.2 ตัวบอกอินพุต/เอาต์พุตมาตรฐานของโปรแกรม 191
รูปที่ 6.3 ตัวอย่างการเปลี่ยนเส้นทางอินพุต 191
รูปที่ 6.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนเส้นทางเอาต์พุต 192

รูปที่ 6.5 ตัวอย่างการเปลี่ยนเส้นทางข้อผิดพลาด 192
รูปที่ 6.6 ตัวอย่างการเปลี่ยนเส้นทางข้อผิดพลาด 193
รูปที่ 6.7 ตัวอย่างการสร้างไปป์ 193
รูปที่ 6.8 วิธีการโอนย้ายข้อมูล 194
รูปที่ 6.9 ตัวควบคุมและไดรเวอร์อุปกรณ์ 196
รูปที่ 6.10 การบัฟเฟอร์ I/O รูปแบบต่าง ๆ 198

รูปที่ 7.1 แอดเดรสสเปซของโปรเซสกับตำแหน่งกายภาพจริงในหน่วยความจำ 211
รูปที่ 7.2 ตัวอย่างแผนภาพต้นไม้โปรเซสในระบบปฏิบัติการ Linux 215
รูปที่ 7.3 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนสถานะของโปรเซส 217
รูปที่ 7.4 ขั้นตอนการสลับบริบทระหว่างโปรเซส 218
รูปที่ 7.5 แอดเดรสสเปซและค่าส่งคืนของโปรเซสพ่อแม่และโปรเซสลูก 222
รูปที่ 7.6 แผนภาพต้นไม้โปรเซสที่เกิดขึ้นเมื่อรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 7.3 224
รูปที่ 7.7 แผนภาพต้นไม้โปรเซสที่เกิดขึ้นเมื่อรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 7.4 225
รูปที่ 7.8 แผนภาพต้นไม้โปรเซสที่เกิดขึ้นเมื่อรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 7.5 226
รูปที่ 7.9 ขั้นตอนการทำงานของโปรเซสลูกตัวที่สองและโปรเซสพ่อแม่ 235
รูปที่ 7.10 ตัวอย่างผลลัพธ์จากคำสั่ง ‘pstree -p’ 237
รูปที่ 7.11 แผนภาพต้นไม้โปรเซสที่ต้องการให้เกิดเมื่อรันโปรแกรมภาษา C ในโจทย์ฝึกปฏิบัติ 7.2 . . . 243

รูปที่ 8.1 ประเภทของตัวจัดลำดับงาน 247
รูปที่ 8.2 ตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) 249
รูปที่ 8.3 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3 แบบ FIFO ในตัวอย่างที่ 8.1 251
รูปที่ 8.4 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3 แบบ FIFO ในตัวอย่างที่ 8.2 251
รูปที่ 8.5 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3, P4 แบบ FIFO ในตัวอย่างที่ 8.3 252
รูปที่ 8.6 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3, P4 แบบ SJF ในตัวอย่างที่ 8.4 254
รูปที่ 8.7 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3, P4 แบบ SRTF ในตัวอย่างที่ 8.5 255
รูปที่ 8.8 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3, P4 แบบอิงลำดับความสำคัญซึ่งแทรกได้ ในตัวอย่างที่ 8.6 256
รูปที่ 8.9 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3, P4 แบบวนรอบ (RR) ในตัวอย่างที่ 8.7 258
รูปที่ 8.10 ตัวอย่างโครงสร้างของ MLFQ 260
รูปที่ 8.11 ตัวอย่างโครงสร้างของ MLFQ สำหรับตัวอย่างที่ 8.8 260
รูปที่ 8.12 ตัวอย่างการจัดลำดับงานของ P1, P2, P3 แบบคิวป้อนกลับหลายระดับ (MLFQ) ในตัวอย่างที่ 8.8 261
รูปที่ 8.13 ลำดับการประมวลผลชุดโปรเซสด้วยอัลกอริทึมต่าง ๆ ในตัวอย่างที่ 8.9 263
รูปที่ 8.14 เธรดเป็นองค์ประกอบของโปรเซส 264
รูปที่ 8.15 โมเดลมัลติเธรด 265
รูปที่ 8.16 ผลลัพธ์ที่แสดงที่เทอร์มินัลของคำสั่ง top 268
รูปที่ 8.17 อินเทอร์เฟซผู้ใช้ของคำสั่ง htop 269
รูปที่ 8.18 รายงานข้อมูลระบบของคำสั่ง sar 272

รูปที่ 9.1 การจัดสรรพื้นที่ให้โปรเซสในระบบ 280
รูปที่ 9.2 โครงสร้างในพื้นที่ที่อยู่ทางกายภาพและลอจิคัลของหน่วยความจำ 281
รูปที่ 9.3 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดคงที่และช่องมีขนาดเท่ากันในตัวอย่างที่ 9.1 . . 283
รูปที่ 9.4 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดคงที่และช่องมีขนาดไม่เท่ากันในตัวอย่างที่ 9.2 เมื่อใช้นโยบายเลือกช่องแรกที่รองรับได้ (First Fit Policy) 285
รูปที่ 9.5 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดคงที่และช่องมีขนาดไม่เท่ากันในตัวอย่างที่ 9.2 เมื่อใช้นโยบายเลือกช่องถัดไปที่รองรับได้ (Next Fit Policy) 285
รูปที่ 9.6 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดคงที่และช่องมีขนาดไม่เท่ากันในตัวอย่างที่ 9.2 เมื่อใช้นโยบายเลือกช่องที่รองรับได้พอดีมากที่สุด (Best Fit Policy) 286
รูปที่ 9.7 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดไม่คงที่ เมื่อมีช่องว่างช่องเดียว จากตัวอย่างที่ 9.3 288
รูปที่ 9.8 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดไม่คงที่ เมื่อมีหลายช่องว่างจากตัวอย่างที่ 9.4 และใช้นโยบายเลือกช่องแรกที่รองรับได้ (First Fit Policy) 289
รูปที่ 9.9 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดไม่คงที่ เมื่อมีหลายช่องว่างจากตัวอย่างที่ 9.4 และใช้นโยบายเลือกช่องถัดไปที่รองรับได้ (Next Fit Policy) 290
รูปที่ 9.10 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดไม่คงที่ เมื่อมีหลายช่องว่างจากตัวอย่างที่ 9.4 และใช้นโยบายเลือกช่องที่รองรับได้พอดีมากที่สุด (Best Fit Policy) 291
รูปที่ 9.11 การจัดสรรพื้นที่ในวิธีการแบ่งช่องแบบขนาดไม่คงที่ เมื่อมีหลายช่องว่างจากตัวอย่างที่ 9.4 และใช้นโยบายเลือกช่องที่รองรับได้พอดีน้อยที่สุด (Worst Fit Policy) 292
รูปที่ 9.12 การบีบอัด (Compaction) ช่องในหน่วยความจำเพื่อแก้ปัญหาการแฟรกเมนต์ภายนอก (External Fragmentation) 294
รูปที่ 9.13 การจัดสรรพื้นที่โดยใช้การแบ่งช่องแบบบัดดี้จากตัวอย่างที่ 9.5 295
รูปที่ 9.14 การคืนพื้นที่ของโปรเซส P3 ที่เสร็จสิ้นการทำงาน และการรวมช่องบัดดี้กลับเป็นช่องใหญ่จากตัวอย่างที่ 9.5 296
รูปที่ 9.15 ภาพรวมการจัดสรรพื้นที่ให้แก่โปรเซสด้วยวิธีพื้นที่แบบต่อเนื่องกัน 298
รูปที่ 9.16 กระบวนการแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพสำหรับการจัดการหน่วยความจำที่ต่อเนื่องกัน 298
รูปที่ 9.17 กระบวนการแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพสำหรับตัวอย่างที่ 9.6(1) 299
รูปที่ 9.18 กระบวนการแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพสำหรับตัวอย่างที่ 9.6(3) 299
รูปที่ 9.19 กระบวนการแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพสำหรับตัวอย่างที่ 9.7(2) 301
รูปที่ 9.20 ภาพรวมการจัดสรรพื้นที่ให้แก่โปรเซสด้วยวิธีการเพจ 303
รูปที่ 9.21 โครงสร้างกายภาพของหน่วยความจำ และที่อยู่ทางกายภาพ 259 ในแบบเลขฐานสอง จากตัวอย่างที่ 9.8 303
รูปที่ 9.22 โครงสร้างลอจิคัลของหน่วยความจำ และที่อยู่ลอจิคัล 520 ในแบบเลขฐานสอง จากตัวอย่างที่ 9.9 304
รูปที่ 9.23 ตัวอย่างการบันทึกค่าหมายเลขเฟรมที่จัดเก็บแต่ละเพจในตารางเพจ 305
รูปที่ 9.24 การแปลงที่อยู่ทางลอจิคัลไปเป็นที่อยู่ทางกายภาพในหน่วยความจำที่บริหารจัดการด้วยวิธีการเพจ จากตัวอย่างที่ 9.10 306
รูปที่ 9.25 ตารางเพจในหน่วยความจำ 307

รูปที่ 9.26 การแปลที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพในหน่วยความจำเมื่อระบบใช้ตารางเพจแบบสร้างภายในหน่วยความจำ จากตัวอย่างที่ 9.11 . . . 307
รูปที่ 9.27 บัฟเฟอร์เรียกดูการแปลที่บันทึกไว้ก่อนหน้า . . . 309
รูปที่ 9.28 ตารางเพจแบบลำดับชั้น (Hierarchical Page Tables) . . . 310
รูปที่ 9.29 ตารางเพจแบบใช้แฮช (Hashed Page Tables) . . . 311
รูปที่ 9.30 ตารางเพจกลับด้าน (Inverted Page Tables) . . . 312
รูปที่ 9.31 การแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่ทางกายภาพเมื่อใช้การจัดการแบบแบ่งส่วน . . . 313
รูปที่ 9.32 การแปลงที่อยู่ลอจิคัลเป็นที่อยู่กายภาพจากตัวอย่างที่ 9.13 . . . 314
รูปที่ 9.33 การจัดสรรเฟรมโดยอาศัยลิสต์รายการเฟรมว่าง . . . 316
รูปที่ 9.34 การแชร์พื้นที่ในหน่วยความจำ . . . 317

รูปที่ 10.1 การโหลดเฉพาะเพจที่จำเป็นเข้าในหน่วยความจำในเทคนิคดีมานด์เพจจิง (Demand Paging) . . . 326
รูปที่ 10.2 การสลับเพจเข้า (Swap in) และสลับเพจออก (Swap out) . . . 327
รูปที่ 10.3 การจัดการข้อผิดพลาดของเพจ (Page fault handling) . . . 328
รูปที่ 10.4 กระบวนการการแทนที่เพจ (Page replacement) . . . 330
รูปที่ 10.5 การแทนที่เพจด้วยอัลกิริธึม FIFO จากตัวอย่างที่ 10.1 . . . 331
รูปที่ 10.6 ความผิดปกติของบีเลดี (Belady’s Anomaly) . . . 332
รูปที่ 10.7 การแทนที่เพจด้วยอัลกิริธึม Optimal จากตัวอย่างที่ 10.2 . . . 333
รูปที่ 10.8 การแทนที่เพจด้วยอัลกิริธึม LRU จากตัวอย่างที่ 10.3 . . . 334
รูปที่ 10.9 การแทนที่เพจด้วยอัลกิริธึม Clock จากตัวอย่างที่ 10.4 . . . 336

รูปที่ 11.1 การทำงานพร้อมกัน (Concurrency) vs การทำงานแบบขนาน (Parallelism) . . . 348
รูปที่ 11.2 ตัวอย่างแสดงสภาวะการแย่งชิง . . . 350
รูปที่ 11.3 การกีดกันซึ่งกันและกัน . . . 352
รูปที่ 11.4 ตัวอย่างการประสานจังหวะหรือการซิงโครไนซ์จากตัวอย่างสภาวะการแย่งชิงของตู้เอทีเอ็ม . 353
รูปที่ 11.5 มิวเท็กซ์ทำให้เธรดที่ถือครองล็อกเพียงเธรดเดียวเท่านั้นสามารถเข้าถึงทรัพยากรที่ใช้งานร่วมกันได้ . . . 354
รูปที่ 11.6 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของมิวเท็กซ์ . . . 354
รูปที่ 11.7 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของเซมาฟอร์ไบนารี . . . 355
รูปที่ 11.8 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของเซมาฟอร์การนับ . . . 356
รูปที่ 11.9 การซิงโครไนซ์การดำเนินการระหว่างโปรเซส . . . 356
รูปที่ 11.10 ตัวอย่างสถานการ์ที่สุ่มเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะติดตาย และเกิดสภาวะติดตาย . . . 358
รูปที่ 11.11 กราฟการจัดสรรทรัพยากรของระบบในตัวอย่างที่ 11.1 . . . 361
รูปที่ 11.12 กราฟการจัดสรรทรัพยากรของระบบในตัวอย่างที่ 11.2 . . . 362
รูปที่ 11.13 ระบบในสภาวะติดตายจากตัวอย่างที่ 11.6 . . . 370
รูปที่ 11.14 การสลับกันทำงานในการเพิ่มค่าตัวแปร shared_counter ในตัวอย่าง 11.7 . . . 373

รูปที่ 12.1 ไตรภาคีความปลอดภัยของระบบ (CIA Triad) . . . 390

รูปที่ 12.2 รายการควบคุม (ACL) ที่แยกมาจากแต่ละคอลัมน์ของเมทริกซ์ควบคุมการเข้าถึง (Access matrix) ในตารางที่ 12.1 393
รูปที่ 12.3 รายการความสามารถ (Capability list) ที่แยกมาจากแต่ละแถวของเมทริกซ์ควบคุมการเข้าถึง (Access matrix) ในตารางที่ 12.1 394

รูปที่ 13.1 เคอร์เนลของ Linux 407
รูปที่ 13.2 องค์ประกอบในพื้นที่เคอร์เนลของ Windows 408
รูปที่ 13.3 ลีนุกซ์เคอร์เนลของระบบปฏิบัติการ Android 408
รูปที่ 13.4 โครงสร้างเคอร์เนล XNU ของ iOS 409

ตารางที่ 1.1 คุณลักษณะและเทคโนโลยีของอุปกรณ์ในระดับต่าง ๆ ของลำดับชั้นหน่วยความจำ [2] . . . 26

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างระบบไฟล์ในระบบปฏิบัติการต่าง ๆ . . . 135
ตารางที่ 5.2 นามสกุลไฟล์สำหรับไฟล์ประเภทต่าง ๆ . . . 138

ตารางที่ 6.1 พาธไปยังอุปกรณ์ I/O ที่พบทั่วไปในระบบปฏิบัติการ Linux . . . 190

ตารางที่ 7.1 ตัวแปรสภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการ UNIX/Linux ที่เป็นที่รู้จักทั่วไป . . . 219

ตารางที่ 8.1 ตัวอย่างข้อกำหนดในการประมวลผลของโปรเซส . . . 250
ตารางที่ 8.2 ข้อกำหนดการประมวลผลของโปรเซสในตัวอย่าง FIFO เมื่อโปรเซสเข้ามาต่างเวลากัน . . . 251
ตารางที่ 8.3 ข้อกำหนดในการประมวลผลของโปรเซสในตัวอย่าง SJF และ SRTF . . . 253
ตารางที่ 8.4 ข้อกำหนดการประมวลผลของโปรเซสในตัวอย่างแบบอิงลำดับความสำคัญ . . . 255
ตารางที่ 8.5 แบบจำลองเชิงกำหนดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ . . . 262
ตารางที่ 8.6 คุณลักษณะของโปรเซสต่าง ๆ ในระบบสำหรับโจทย์ฝึกปฏิบัติที่ 8.1 . . . 277

ตารางที่ 9.1 ตารางเซ็กเมนต์สำหรับตัวอย่างที่ 9.13 . . . 313

ตารางที่ 12.1 ตัวอย่างของเมทริกซ์ควบคุมการเข้าถึง . . . 392

ระบบปฏิบัติการ (Operating Systems หรือ OS) นับว่ามีบทบาทสำคัญและอยู่เบื้องหลังการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัลทุกวันนี้ อีกทั้งยังเป็นตัวกลางสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ โดยช่วยให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระบบปฏิบัติการจึงมีความสำคัญยิ่งสำหรับผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ ผู้ดูแลระบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย เนื่องจากช่วยให้สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้งานได้อย่างเต็มศักยภาพและทำให้เข้าใจวิธีการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างถ่องแท้ ระบบปฏิบัติการจึงเปรียบเสมือนกุญแจสำคัญในการเปิดประตูสู่ความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ตำรา “คพ.222 ระบบปฏิบัติการ (Operating Systems)” เล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน ในวิชาระบบปฏิบัติการเบื้องต้นระดับปริญญาตรี แต่ก็ไม่จำกัดผู้อ่านเฉพาะนิสิตหรือนักศึกษาเท่านั้น บุคคลทั่วไปที่สนใจสามารถใช้ในการศึกษาด้วยตนเองได้ ตำราเล่มนี้นำเสนอพื้นฐานแนวคิดและหลักการทำงานของระบบปฏิบัติการโดยหวังให้ผู้อ่านสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์จากการใช้งานที่ใกล้ตัวได้ ก่อนที่จะนำไปสู่ฟังก์ชันการทำงานอื่น ๆ ของระบบปฏิบัติการที่มีความซับซ้อนและอยู่เบื้องหลังสำหรับผู้ใช้มากขึ้นเป็นลำดับ โดยผู้เขียนเริ่มจากการทบทวนพื้นฐานเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์และเล่าความเป็นมาและกรอบแนวคิดแบบกว้างของระบบปฏิบัติการ แล้ววางลำดับของรายละเอียดเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการให้เริ่มจากส่วนที่ผู้อ่านคุ้นเคยที่สุดในฐานะผู้ใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ นั่นคือ ส่วนอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งเป็นส่วนต่อประสานระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ จากนั้นเข้าสู่ระบบที่ทำหน้าที่ดูแลดิสก์ (Disk) และจัดเก็บข้อมูลและไฟล์ (File System) ไปจนถึงส่วนที่บริหารจัดการอุปกรณ์ต่อพ่วงเพื่อรับเข้าและส่งออกข้อมูลกับผู้ใช้ (I/O System) แล้วจึงค่อยไปสู่ส่วนอื่น ๆ ซึ่งซ่อนอยู่เบื้องหลังมากขึ้น เช่น ส่วนของโปรเซส (Process) หน่วยความจำ (Memory) ส่วนทำงานพร้อมกัน (Concurrency) และความปลอดภัย (Security)

เนื้อหาทั้งหมดของตำราเล่มนี้ แบ่งออกเป็น 13 บท โดยแต่ละบทสามารถสรุปได้ดังนี้

บทที่ 1

- บทนี้เป็นการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์
- องค์ประกอบที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software)
- สรุปการปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบปฏิบัติการ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์
- มีแบบฝึกหัดให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 2

- บทนี้อธิบายแนวคิดพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ ในฐานะตัวกลางที่ช่วยให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการจากอดีตสู่ปัจจุบัน ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบมัลติโปรแกรมมิง (Multi-programming) และระบบการแบ่งเวลา (Timesharing)
- กระบวนการบูตเครื่อง (Boot process) และฟังก์ชันหลักต่าง ๆ ที่ระบบปฏิบัติการรับผิดชอบ
- แนวคิดการออกแบบส่วนแกนกลางหรือเคอร์เนล (Kernel) ของระบบปฏิบัติการ
- มีแบบฝึกหัดให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 3

- บทนี้ว่าด้วยความสำคัญของอินเทอร์เฟซผู้ใช้ในการอำนวยความสะดวกในการทำงานต่าง ๆ แก่ผู้ใช้
- ความแตกต่างระหว่างอินเทอร์เฟซผู้ใช้แบบกราฟิก (Graphical User Interface - GUI) กับอินเทอร์เฟซผู้ใช้แบบคอมมานด์ไลน์ (Command Line Interface - CLI)
- เนื้อหาภาคปฏิบัติที่ให้ผู้อ่านได้ฝึกใช้คอมมานด์ไลน์สำหรับระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux CLI) ครอบคลุมตั้งแต่การเตรียมระบบบนแพลตฟอร์มคลาวด์เพื่อการฝึกฝน การใช้โปรแกรมเชลล์/เทอร์มินัล และการเรียกใช้คำสั่งพื้นฐานต่าง ๆ เช่น passwd, pwd, ls, cd, cp, mv เป็นต้น
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 4

- บทนี้เป็นเรื่องการจัดการอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Storage) หรือดิสก์ (Disk) ของระบบปฏิบัติการ
- โครงสร้างทางกายภาพและทางลอจิกของดิสก์ และหลักการกำหนดตำแหน่งที่อยู่หรือแอดเดรสบนดิสก์ (Disk Addressing)
- การดำเนินการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดิสก์ เช่น การแบ่งพาร์ติชัน (Partitioning) การฟอร์แมต (Formatting)
- แนวคิดของอัลกอริทึมการจัดลำดับการเข้าถึงพื้นที่บนดิสก์ (Disk Scheduling Algorithm) ต่าง ๆ และผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ
- กลยุทธ์การจัดเก็บข้อมูลบนหลายดิสก์ (Redundant Arrays of Inexpensive Disks - RAID)
- เนื้อหาภาคปฏิบัติการใช้คำสั่งในลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์สำหรับการจัดการดิสก์
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 5

- บทนี้เกี่ยวกับการจัดการระบบไฟล์ (File system) เพื่อให้สามารถเข้าถึงไฟล์และดำเนินการต่างๆ กับไฟล์และไดเรกทอรีได้อย่างราบรื่น
- ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบไฟล์ และหลักการจัดระเบียบไฟล์ (File organization)
- การจัดระเบียบไดเรกทอรี (Directory organization)
- การดำเนินการของไฟล์และไดเรกทอรี รวมทั้งการเชื่อมโยงไฟล์
- วิธีการจัดสรรพื้นที่ให้ไฟล์และวิธีการจัดการพื้นที่ว่างด้วยอัลกอริทึมต่าง ๆ
- เนื้อหาภาคปฏิบัติโดยใช้ลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์ (Linux CLI) สำหรับการจัดการระบบไฟล์
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 6

- บทนี้นำเสนอประเด็นเกี่ยวกับการจัดการอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตข้อมูล (I/O devices)
- กลไกในการประสานการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลและอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุต
- เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการดำเนินการ I/O
- เนื้อหาภาคปฏิบัติที่ใช้ลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์ (Linux CLI) สำหรับการจัดการอุปกรณ์ I/O รวมทั้งการเปลี่ยนเส้นทางอินพุต/เอาท์พุตข้อมูล (I/O redirection) และการไปป์ข้อมูล (Pipe)
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 7

- บทนี้เริ่มเข้าสู่เบื้องหลังที่ลึกเข้าไปภายในระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านเห็นภาพว่าระบบปฏิบัติการต้องจัดการโปรแกรมต่าง ๆ ที่ทำงานพร้อมกันอย่างไรบ้าง

- ความแตกต่างระหว่างโปรแกรมและโปรเซส (Process)
- หลักการจัดการโปรเซสตั้งแต่การสร้างโปรเซส สถานะและการเปลี่ยนสถานะ และการสนับสนุนระหว่างโปรเซสทำงานไปจนสิ้นสุด
- การสลับบริบทเมื่อระบบสลับโปรเซส
- เนื้อหาภาคปฏิบัติเกี่ยวกับฟังก์ชันการเรียกใช้บริการของระบบปฏิบัติการหรือซิสเต็มคอลล์ (System call) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการโปรเซส
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 8

- บทนี้อธิบายการจัดลำดับการประมวลผลโปรเซสของซีพียู (CPU scheduling) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโปรเซส และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและประสบการณ์ที่ดีสำหรับผู้ใช้
- อัลกอริธึมการจัดลำดับการประมวลผลซีพียูพื้นฐาน
- การประมวลผลแบบมัลติคอร์ (Multicore) และเธรด (Thread)
- การประมวลผลแบบเรียลไทม์สำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องคำนึงถึงเวลา
- เนื้อหาภาคปฏิบัติในการใช้งานลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์ (Linux CLI) ที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการประมวลผล
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 9

- บทนี้ว่าด้วยเรื่องของหน่วยความจำซึ่งเป็นอีกหนึ่งในทรัพยากรที่สำคัญของระบบคอมพิวเตอร์ และส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบ
- เทคนิคการจัดสรรหน่วยความจำแบบต่อเนื่องกัน (Contiguous memory)
- เทคนิคการจัดสรรหน่วยความจำแบบที่ไม่ต่อเนื่องกัน (Non-contiguous memory)
- ประเด็นเกี่ยวกับขนาดของตารางเพจ (Page table) และเทคนิคในการปรับปรุงประสิทธิภาพ
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 10

- บทนี้ว่าด้วยเรื่องหน่วยความจำเสมือน (Virtual memory) ต่อยอดมาจากบทที่ 9 ให้เห็นว่าระบบปฏิบัติการสามารถรองรับการทำงานของโปรแกรมต่าง ๆ ที่ต้องการหน่วยความจำรวมกันมากกว่าที่มีอยู่ในหน่วยความจำหลักได้อย่างไร
- การจัดสรรหน่วยความจำแบบขอเพจเมื่อต้องการใช้หรือดีมานด์เพจจิง (Demand paging) และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับประสิทธิภาพของระบบ
- ข้อบกพร่องของเพจ (Page fault) และกลยุทธ์การแทนที่เพจ (Page replacement) รูปแบบต่าง ๆ
- เนื้อหาภาคปฏิบัติในการฝึกใช้ลีนุกซ์คอมมานด์ไลน์ (Linux CLI) สำหรับการจัดการหน่วยความจำ
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 11

- บทนี้มุ่งเน้นที่การจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมแบบมัลติทาสก์ (Multitask)
- ความแตกต่างของการทำงานพร้อมกัน (Concurrency) และการทำงานแบบขนาน (Parallel processing)
- สภาวะการแย่งชิง (Race condition) ทรัพยากรหรือข้อมูล
- เทคนิคที่นำไปใช้ในการซิงโครไนซ์โปรเซส

- กลไกของภาษาโปรแกรม เช่น ล็อค (Lock) เซมาฟอร์ (Semaphore) และมอนิเตอร์ (Monitor) ที่สามารถนำมาใช้ควบคุมการทำงานพร้อมกัน
- สภาวะติดตาย (Deadlock) เงื่อนไขในการเกิดและเทคนิคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะติดตาย
- เนื้อหาภาคปฏิบัติในการเขียนโปรแกรมสำหรับการทำงานพร้อมกันของเธรดที่ใช้กลไกการซิงโครไนซ์
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 12

- บทนี้กล่าวถึงการรักษาความปลอดภัยพื้นฐานเพื่อปกป้องข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ในระบบปฏิบัติการ
- การรักษาความลับ (Confidentiality) ความสมบูรณ์ (Integrity) และความพร้อมใช้งาน (Availability) รวมทั้งการพิสูจน์ตัวตน (Authentication)
- การจัดการบัญชีผู้ใช้ นโยบายรหัสผ่าน และการควบคุมการเข้าถึง
- การทำให้ระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ทันสมัยอยู่เสมอด้วยแพตช์ (Patch)
- การรักษาความปลอดภัยเครือข่ายผ่านไฟร์วอลล์ (Firewall)
- การตรวจสอบความปลอดภัย (Auditing) และการบันทึก (Logging)
- กลยุทธ์การสำรองข้อมูลและการกู้คืนระบบ
- เนื้อหาภาคปฏิบัติในการใช้คำสั่ง CLI เพื่อใช้กลไกด้านความปลอดภัยในระบบปฏิบัติการลีนุกซ์
- มีแบบฝึกหัดเพื่อช่วยให้ผู้อ่านทบทวนสาระสำคัญ

บทที่ 13

- บทนี้กล่าวถึงหัวข้อขั้นสูงเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ ซึ่งช่วยขยายความเข้าใจในบริบทที่ระบบปฏิบัติการถูกนำไปใช้จริงในโลกปัจจุบัน
- เปรียบเทียบระบบปฏิบัติการยอดนิยม ได้แก่ Android, iOS และ Windows ในแง่ของแนวคิดการออกแบบระบบ ความปลอดภัย และการจัดการทรัพยากร
- เชื่อมโยงแนวคิดระบบปฏิบัติการไปสู่เทคโนโลยีการจำลองระบบ (Virtualization) และคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud computing)
- กระตุ้นให้ผู้อ่านมองเห็นภาพรวมของแนวโน้มระบบปฏิบัติการในอนาคต และความสามารถในการประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเพื่อเข้าใจเทคโนโลยีในยุคใหม่

ตำราเล่มนี้มุ่งเน้นให้พื้นฐานทางทฤษฎี พร้อมด้วยตัวอย่างจากสถานการณ์จริงและการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติที่เกี่ยวกับการใช้คำสั่งคอมมานด์ไลน์ของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์อย่างเป็นขั้นเป็นตอน ตั้งแต่บทที่ 1 ถึงบทที่ 12 ได้รวมแบบฝึกหัดและตัวอย่างปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในแนวคิดของระบบปฏิบัติการอย่างแท้จริง ไม่ว่าผู้อ่านจะเป็นนักศึกษาในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นักพัฒนาซอฟต์แวร์มือใหม่ หรือบุคคลทั่วไปที่สนใจในการทำงานเบื้องลึกของระบบคอมพิวเตอร์ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้ ทักษะ และแรงบันดาลใจที่จะศึกษาลงลึกเพิ่มเติมจากการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบปฏิบัติการผ่านตำราเล่มนี้

ประภาพร รัตนธำรง, สิงหาคม 2567

การศึกษาระบบปฏิบัติการเป็นก้าวแรกสู่ความเข้าใจเบื้องลึกของคอมพิวเตอร์
ตำราเล่มนี้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับระบบปฏิบัติการอย่างครบถ้วน
ตั้งแต่ส่วนต่อประสานผู้ใช้ไปจนถึงการจัดการทรัพยากรและความปลอดภัย
พร้อมด้วยแบบฝึกหัดและตัวอย่างการใช้คำสั่งลีนุกซ์ที่เข้าใจง่าย

เหมาะสำหรับผู้ที่อยากเข้าใจการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์อย่างแท้จริง
กุญแจสำคัญสู่การพัฒนาความรู้และทักษะทางเทคโนโลยีในอนาคต!

ISBN 978-616-602-316-9
9 786166 023169
ราคา 380 บาท
หมวดวิทยาศาสตร์
http://thammasatpress.tu.ac.th