جامعة المنارة

كلية: .....الهندسة.....

قسم: ..... الهندسة المعلوماتية.....

اسم المقرر: ..... نظم تشغيل 2.....

رقم الجلسة (...2...)

عنوان الجلسة

خوارزميات إدارة العمليات متعددة المستويات وجدولتها

م.عمار مصطفى

م.دعاء سراونجي

الفصل الدراسي

العام الدراسي

2024/ 2023

جدول المحتويات

Contents

الغاية من الجلسة: تعريف الطالب بخوارزميات توزيع العمليات ضمن طابور الانتظار الى عدة مستويات حسب الأولوية المرتبطة بنوع العملية أو طوابير ديناميكية تتغير حسب زمن التنفيذ

جدولة طوابير الانتظار متعددة المستويات

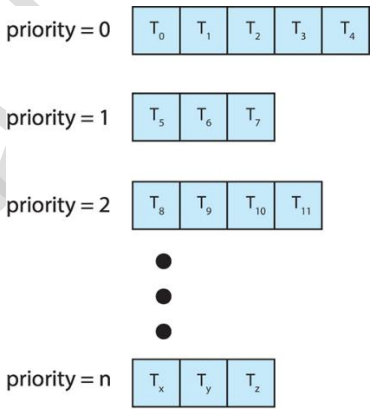
Multilevel Queue Scheduling

يتكون طابور الانتظار الجاهزة من عدة طوابير انتظار

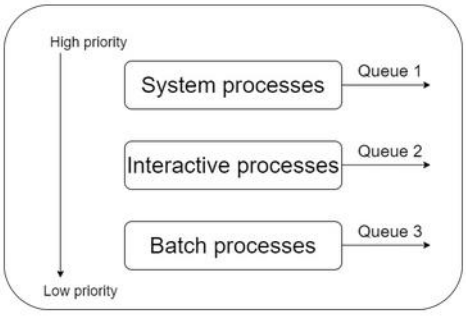
مجدول طابور الانتظار متعدد المستويات يتم تحديده بالمعلمات التالية:

- عدد طوابير الانتظار
- خوارزميات الجدولة لكل طابور انتظار
- الطريقة المستخدمة لتحديد طابور الانتظار التي ستدخلها العملية عندما تحتاج هذه العملية إلى الخدمة
- الجدولة بين طوابير الانتظار

مع جدولة الأولويات، يمكننا تخصيص طوابير منفصلة لكل أولوية: نقوم بجدولة العملية في طابور الانتظار ذات الأولوية الأعلى!



تحديد الأولويات بناءً على نوع العملية



عندما تأتي عملية جديدة، تُضاف هذه العملية إلى واحدة من طوابير العمليات الثلاث المذكورة أعلاه بناءً على التصنيف المحدد لطوابير العمليات هذه. لنفترض أن عملية تفاعلية مثل الألعاب عبر الإنترنت تريد استخدام وحدة المعالجة المركزية.

بعد ذلك، سيتم وضع هذه العملية في طابور العمليات التفاعلية. أو إذا جاءت أي عملية مملوكة لنظام التشغيل نفسه، يتم وضعها في طابور عمليات النظام، وعلى نحو مماثل بالنسبة للعمليات الأخرى.

الآن لدينا السؤال حول أي عملية ستذهب أولاً إلى وحدة المعالجة المركزية إذا كانت جميع طوابير العمليات تحتوي على بعض العمليات. يمكن حل هذه المعضلة بطرق مختلفة. لقد ناقشنا طريقتين مختلفتين لحلها.

1. طريقة الجدولة الاستباقية ذات الأولوية الثابتة

يتم تعيين أولوية مطلقة لكل طابور انتظار على طوابير الانتظار الأخرى في هذه الطريقة. على سبيل المثال، ليكن لدينا ترتيب الأولوية التالي:

طابور انتظار عمليات النظام > طابور انتظار العمليات التفاعلية > طابور انتظار العمليات الدفعية

وفقًا لترتيب الأولوية هذا، يتم تشغيل جميع العمليات في طابور انتظار عمليات النظام في البداية، ولا ننتقل إلى طابور انتظار العمليات التالية حتى تصبح طابور انتظار العمليات الحالية فارغة. عندما يتم تنفيذ جميع عمليات طابور انتظار النظام، ننتقل إلى طابور انتظار العمليات ذات الأولوية التالية. وعلى نحو مماثل، بالنسبة لطوابير الانتظار ذات الأولوية الأقل التالية.

لنفترض أننا نقوم بتشغيل العمليات من طابور انتظار العمليات التفاعلية، وتصل عملية جديدة إلى طابور انتظار عمليات النظام ذات الأولوية الأعلى. عندئذٍ سنقوم بتشغيل عملية النظام أولاً، ثم ننتقل إلى العملية التفاعلية، وهذا فقط عندما تكون طابور انتظار عمليات النظام فارغة.، لذا فإن جوهر هذه الطريقة هو تشغيل العمليات ذات الأولوية الأعلى أولاً ثم العمليات ذات الأولوية اللاحقة.

2.طريقة تقسيم الوقت Time slicing

في هذه الطريقة يتم تشغيل العمليات من كل طابور انتظار لمدة زمنية محددة، ثم ننتقل إلى طابور الانتظار التالية. وعندما نصل إلى طابور الانتظار الأخيرة، نقوم بتشغيلها لمدة زمنية محددة، ثم نعود إلى طابور الانتظار الأولى.

على سبيل المثال، يتم تشغيل طابور الانتظار 1 لمدة 50% من وقت وحدة المعالجة المركزية، ويتم تشغيل طابور الانتظار الثانية لمدة 30% من وقت وحدة المعالجة المركزية، ويتم تشغيل طابور الانتظار الثالثة لمدة 20% من وقت وحدة المعالجة المركزية. وبهذه الطريقة، يتم تقسيم إجمالي وقت وحدة المعالجة المركزية بين كل طابور انتظار لتشغيل عملياتها.

لقد حللنا مشكلة العمليات التي سيتم تشغيل طابور الانتظار الخاصة بها أولاً. والآن، نأتي إلى مصير طوابير الانتظار الفردية. في كل طابور انتظار، لدينا عمليات متعددة، **فكيف نقرر أي عملية يجب تشغيلها أولاً ولأي وقت. وهل نحتاج إلى تشغيل العمليات في جميع طوابير الانتظار بنفس الطريقة التي قمنا بها في طابور الانتظار الأولى، أم يمكننا تنفيذ طرق مختلفة لتشغيل العمليات في طوابير انتظار مختلفة؟**

الإجابة على هذا السؤال هي أنه يمكننا أن نمتلك تطبيقات مختلفة لكل طابور انتظار. وهناك العديد من الخوارزميات التي يمكننا من خلالها تحديد العملية التي سيتم تشغيلها أولاً ومدة تشغيلها.

على سبيل المثال:

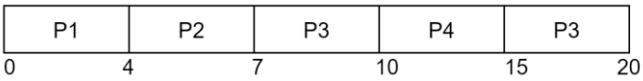
- يمكن لطابور انتظار عمليات النظام استخدام جدولة FCFS (أول من يأتي، أول من يخدم).
- يمكن لطابور انتظار العمليات التفاعلية استخدام جدولة SJF (أقصر وظيفة أولاً).
- يمكن لطابور انتظار العمليات الدفعية استخدام جدولة RR (دورة روبن).

فيما يلي مثال لفهم العمل الإجمالي لخوارزمية جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات.

لنأخذ بعين الاعتبار العمليات الأربع التالية:

Process	Burst time	Arrival time	Queue number
P1	4	0	1
P2	3	0	2
P3	8	0	3
P4	5	10	1

لنفترض أن ترتيب أولوية الطوابير هو كما يلي: Queue3 < Queue2 < Queue1 ، سيبدو مخطط جانت كما يلي:



في هذا المثال، تصل العمليات P1 وP2 وP3 إلى t=0، ولكن مع ذلك، تعمل P1 أولاً لأنها تنتمي إلى طابور الانتظار رقم 1، والتي لها أولوية أعلى. بعد انتهاء عملية P1، تعمل عملية P2 في طابور الانتظار 2 قبل العملية P3 الموجودة في طابور الانتظار 3 لأن طابور الانتظار 2 لها أولوية أعلى من طابور الانتظار 3، ثم تعمل P3. أثناء تشغيل عملية P3، تصل العملية P4 التي تنتمي إلى طابور الانتظار 1. نظرًا لأن طابور الانتظار 1 لها أولوية أعلى من طابور الانتظار 3، يتم إيقاف العملية P3 (إيقافها مؤقتًا)، وتبدأ P4 في التنفيذ. بعد اكتمال تنفيذ P4، يتم استئناف تنفيذ P3.

تطبيق C++ لجدولة طوابير الانتظار متعددة المستويات:

```c
#include <stdio.h> // For input/output functions like printf and scanf
#include <stdlib.h> // For system("pause")

int main() {
    int p[20], bt[20], su[20], wt[20], tat[20], i, k, n, temp;
    float wtavg, tatavg;
}
```

- p[20]: مصفوفة لتخزين معرفات العملية (بافتراض وجود 20 عملية كحد أقصى).
- bt[20]: مصفوفة لتخزين زمن الرشقة (وقت تنفيذ وحدة المعالجة المركزية) لكل عملية.
- su[20]: مصفوفة لتخزين ما إذا كانت العملية عملية نظام (0) أو عملية مستخدم (1).
- wt[20]: مصفوفة لتخزين وقت الانتظار لكل عملية.

- tat[20]: مصفوفة لتخزين وقت الدوران لكل عملية.
- i, k, n: عدادات الحلقة وعدد العمليات.
- temp: متغير مؤقت يستخدم للتبديل أثناء الفرز.
- wtavg, tatavg: متغيرات لتخزين متوسط وقت الانتظار ومتوسط وقت الدوران.

```
printf("Enter the number of processes:");
scanf("%d", &n);

for (i = 0; i < n; i++) {
    p[i] = i; // Assign process IDs
    printf("Enter the Burst Time of Process %d:", i);
    scanf("%d", &bt[i]);
    printf("System/User Process (0/1):");
    scanf("%d", &su[i]);
}
```

يطالب الكود بإدخال عدد العمليات، ثم يأخذ في حلقة مفرغة رشقة المعالجة ونوع عملية النظام/المستخدم لكل عملية كمدخلات. يتم تعيين معرفات العمليات تلقائيًا.

```
for (i = 0; i < n; i++)
    for (k = i + 1; k < n; k++)
        if (su[i] > su[k]) {
            // Swap process information if su[i] > su[k] (system processes have priority)
            temp = p[i];
            p[i] = p[k];
            p[k] = temp;
            temp = bt[i];
            bt[i] = bt[k];
            bt[k] = temp;
            temp = su[i];
            su[i] = su[k];
            su[k] = temp;
        }
```

يتم هنا فرز العمليات بناءً على مجموعة su. يتم إعطاء الأولوية لعمليات النظام (0) على عمليات المستخدم (1). يتم الفرز باستخدام خوارزمية فرز الفقاعات. لاحظ أن هذه خوارزمية فرز غير فعالة للغاية لمجموعات البيانات الأكبر.

```
wtavg = wt[0] = 0; // The first process has no waiting time
tatavg = tat[0] = bt[0]; // Turnaround time for the first process is its burst time

for (i = 1; i < n; i++) {
    wt[i] = wt[i - 1] + bt[i - 1]; // Waiting time = previous process's waiting time + previous process's b
    tat[i] = tat[i - 1] + bt[i]; // Turnaround time = previous process's turnaround time + current process'
    wtavg = wtavg + wt[i];
    tatavg = tatavg + tat[i];
}
```

يتم هنا حساب زمن الانتظار ووقت التنفيذ لكل عملية باستخدام خوارزمية FCFS. زمن انتظار العملية هو مجموع أزمنة الرشقات لجميع العمليات السابقة. زمن التنفيذ هو مجموع زمن الانتظار وزمن الرشقة

```
printf("\nPROCESS\t\tSYSTEM/USER PROCESS\tBURST TIME\tWAITING TIME\tTURNAROUND TIME");
for (i = 0; i < n; i++)
    printf("\n%d\t\t%d\t\t%d\t\t%d\t\t%d", p[i], su[i], bt[i], wt[i], tat[i]);
printf("\nAverage Waiting Time is --- %f", wtavg / n);
printf("\nAverage Turnaround Time is --- %f", tatavg / n);
system("pause"); // Pause the console to see the output
return 0;
}
```

أخيرًا، يقوم الكود بطباعة جدول يوضح معرف العملية ونوع النظام/المستخدم وزمن الرشقة، وزمن الانتظار وزمن التنفيذ لكل عملية. كما يحسب ويعرض متوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن التنفيذ. system("pause") هي دالة غير قياسية تبقي نافذة وحدة التحكم مفتوحة بعد انتهاء البرنامج من التنفيذ، مما يسمح للمستخدم برؤية الناتج. هذه الدالة غير قابلة للنقل ويجب تجنبها في الكود الإنتاجي. سيكون النهج الأفضل هو استخدام طريقة خاصة بالمنصة لإيقاف التنفيذ مؤقتًا أو ببساطة إزالة السطر.

```
Enter the number of processes:3
Enter the Burst Time of Process0:12
System/User Process (0/1) ? 0
Enter the Burst Time of Process1:18
System/User Process (0/1) ? 0
Enter the Burst Time of Process2:15
System/User Process (0/1) ? 1

PROCESS          SYSTEM/USER PROCESS    BURST TIME      WAITING TIME    TURNAROUND TIME
0                0                      12              0               12
1                0                      18              12              30
2                1                      15              30              45
Average Waiting Time is --- 14.000000
Average Turnaround Time is --- 29.000000
```

هل جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات استباقية أم غير استباقية؟

يمكن أن تكون جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات استباقية أم غير استباقية بطبيعتها، اعتمادًا على خوارزمية الجدولة المستخدمة في كل طابور انتظار. على سبيل المثال، تكون خوارزمية Round Robin استباقية، في حين أن خوارزمية First Come, First Serve غير استباقية.

ما هي أنواع العمليات التي لها أعلى أولوية في جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات؟

يتم إعطاء الأولوية القصوى للعمليات التفاعلية لأنها عمليات تتفاعل مع المستخدم، مثل متصفحات الويب ومعالجات الكلمات وعملاء البريد الإلكتروني. وذلك حتى يحصل المستخدمون على الاستجابة بسرعة.

ما الذي تعاني منه جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات؟

يمكن أن تعاني جدولة طابور الانتظار متعددة المستويات من التكرار. يحدث التكرار عندما يتم التكرار باستمرار بواسطة عمليات أخرى ذات أولوية أعلى. وهذا يقلل من أداء النظام.

حالة التجويع للعمليات ذات المستوى الأدنى.، بسبب التجويع، إما أن العمليات ذات المستوى الأدنى لا يتم تنفيذها مطلقا أو تضطر الى الانتظار لفترة طويلة من الوقت بسبب الأولوية المنخفضة أو أن العملية ذات الأولوية الأعلى تستغرق قدرا كبيرا من الوقت

هل جدولة FIFO استباقية أم غير استباقية؟

جدولة FIFO (الأول في الدخول، الأول في الخروج) هي خوارزمية جدولة غير استباقية، حيث يتم تنفيذ العملية التي تصل أولاً أولاً وتستمر حتى الانتهاء قبل أن تبدأ العملية التالية، دون أي انقطاع.

جدولة الطوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات

Multilevel Feedback Queue

تعد جدولة طوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات (MLFQ) طريقة متقدمة لجدولة وحدة المعالجة المركزية تعتمد على نهج طابور انتظار متعددة المستويات (MLQ)، ولكن مع إمكانية إضافية لتمكين العمليات من التنقل بين طوابير الانتظار. تعمل هذه المرونة على تعزيز الكفاءة مقارنة بجدولة طابور انتظار متعددة المستويات التقليدية.

يتم إنشاء خوارزميات الجدولة لإبقاء وحدة المعالجة المركزية (CPU) مشغولة. يتم توسيع الخوارزميات القياسية بواسطة طابور التغذية الراجعة متعدد الطبقات، والذي يحتوي على متطلبات التصميم التالية:

- تقسيم العمليات إلى طوابير جاهزة مختلفة بناءً على متطلبات المعالج.
- إعطاء الأولوية للعمليات ذات دفعات وحدة المعالجة المركزية القصيرة.
- إعطاء الأولوية للعمليات ذات دفعات الإدخال/الإخراج العالية.

يقوم MLFQ (جدولة طابور التغذية الراجعة متعدد المستويات) بتحليل سلوك العمليات (وقت التنفيذ) بشكل مستمر وضبط أولويتها وفقًا لذلك.

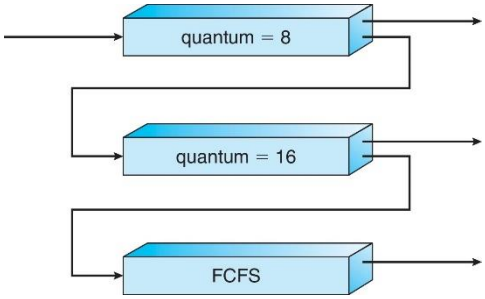
جدولة طوابير انتظار المرنة متعددة المستويات هي خوارزمية جدولة وحدة المعالجة المركزية التي تقوم بتعيين العمليات إلى طوابير انتظار مختلفة بناءً على أولويتها وتاريخ استخدام الموارد. تستخدم الخوارزمية طوابير انتظار متعددة بأولويات مختلفة وكمية زمنية مختلفة، ويتم نقل العمليات بين الطوابير بناءً على سلوكها وأدائها، مما يحسن كفاءة النظام بشكل عام.

يتم تحديد جدولة طابور انتظار ردود الفعل متعددة المستويات من خلال المعلمات التالية:

- عدد الطوابير
- خوارزميات الجدولة لكل طابور انتظار
- الطريقة المستخدمة لتحديد وقت ترقية عملية
- الطريقة المستخدمة لتحديد وقت خفض مرتبة عملية
- الطريقة المستخدمة لتحديد طابور الانتظار التي ستدخلها عملية ما عندما تحتاج هذه العملية إلى خدمة
- يمكن تنفيذ التقادم باستخدام طابور انتظار ردود الفعل متعددة المستويات

مثال : ليكن لدينا ثلاثة طوابير: Q0 – RR مع وقت كمي 8 ميلي ثانية، Q1 – RR وقت كمي 16 ميلي ثانية، Q2 – FCFS

الجدولة



- تدخل عملية جديدة إلى الطابور Q0 الذي يتم تقديمه في RR
- عندما تكتسب وحدة المعالجة المركزية، تتلقى العملية 8 ميلي ثانية
- إذا لم تنته في 8 ميلي ثانية، يتم نقل العملية إلى الطابور Q1
- في Q1 يتم تقديم المهمة مرة أخرى في RR وتتلقى 16 ميلي ثانية إضافية
- إذا لم تكتمل بعد، يتم استبقاؤها ونقلها إلى الطابور Q2

ميزات جدولة طوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات (MLFQ):

- مستويات أولوية متعددة Multiple Priority Levels: تنظم MLFQ العمليات في طوابير أولوية متعددة، كل منها يمثل مستويات مختلفة من الأولوية بناءً على خصائص العملية مثل وقت اندفاع وحدة المعالجة المركزية أو السلوك التاريخي.
- تعيين الأولوية الديناميكي Dynamic Priority Assignment: تنتقل العمليات بين طوابير الأولوية بشكل ديناميكي بناءً على سلوكها واستخدام الموارد. قد تتصاعد العمليات ذات الأولوية المنخفضة إلى طوابير أولوية أعلى إذا أظهرت سمات سلوك مرتبط بوحدة المعالجة المركزية على المدى القصير.
- تباين شريحة الوقت Time Slice Variation: يتم تخصيص كمية زمنية مختلفة أو شريحة زمنية لكل طابور أولوية. تتلقى طوابير الأولوية الأعلى عادةً شرائح زمنية أقصر لتعزيز الاستجابة، بينما تتلقى طوابير الأولوية المنخفضة شرائح زمنية أطول لمنع المجاعة.
- الاستبدال والنضوج Preemption and Aging: يستخدم MLFQ الاستبدال لضمان قدرة العمليات ذات الأولوية العالية على مقاطعة العمليات ذات الأولوية المنخفضة إذا لزم الأمر. بالإضافة إلى ذلك، تتلقى العمليات التي تنتظر في طوابير ذات أولوية أقل تدريجيًا أولوية متزايدة بمرور الوقت لمنع الحظر غير المحدد أو التجويع.
- الجدولة التكيفية Adaptive Scheduling: تضبط MLFQ معلمات الجدولة الخاصة بها ديناميكيًا بناءً على حمل النظام وسلوك العملية. وتهدف إلى إيجاد توازن بين العدالة والاستجابة والكفاءة في استخدام الموارد.
- تجنب عكس الأولوية Avoidance of Priority Inversion: يساعد MLFQ في منع مشكلات عكس الأولوية من خلال السماح للعمليات ذات الأولوية الأعلى باستباق العمليات ذات الأولوية المنخفضة، مما يضمن تنفيذ المهام الحرجة في الوقت المناسب.

الحاجة إلى جدولة الطوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات

هذه الطريقة أكثر قابلية للتكيف من جدولة طوابير انتظار المرنة متعددة المستويات. تساهم هذه الطريقة في تسريع وقت الاستجابة.

طريقة SJF، التي تتطلب مدة تشغيل العمليات لجدولتها، مطلوبة لتحسين وقت الاستجابة. وكما نعلم جميعًا، لا يمكن التنبؤ بمسار الإجراء مسبقًا. وعلاوة على ذلك، فإن هذا الجدولة يقوم في الغالب بتشغيل عملية لفترة زمنية محددة قبل تغيير أولوية العملية إذا كانت العملية طويلة. ونتيجة لذلك، تتعلم خوارزمية الجدولة الخاصة بنا في المقام الأول من سلوك العملية السابقة قبل التنبؤ بسلوك العملية المستقبلية. ونتيجة لذلك، تسعى MFQS إلى تنفيذ عملية أقصر أولاً، مما يساعد على تقليل وقت الاستجابة.

معايير الطوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات

بداية، يتم إكمال جميع العمليات في Q1. يتم تشغيل العمليات في Q2 عندما يكون Q1 فارغًا. عندما يكون Q1 وQ2 فارغين، سيتم تشغيل عمليات Q3. إذا تم جدولة إجراء ما في Q2، فسوف يكون له الأولوية على العملية المخطط لها في Q3. وبالمثل، إذا وصلت عملية إلى Q3 قبل العملية الحالية، فسوف تسبقها في Q3. في Q3، يتم إجراء العمليات على أساس FCFS.

تنفيذ MFQS

عندما تبدأ عملية ما في التشغيل، يتم وضعها في طابور الانتظار 1. لا تتغير أولوية عملية طابور الانتظار 1 سواء كانت تكتمل أو تعطي وحدة المعالجة المركزية لعملية الإدخال/الإخراج كم زمني 4 ميللي ثانية، وإذا عادت إلى طابور الانتظار الجاهزة، فإنها تستأنف تنفيذها في طابور الانتظار 1.

إذا لم تنته عملية في طابور الانتظار 1 في كم زمني 4 ميلي ثانية، فإنها تفقد الأولوية وستنتقل إلى طابور الانتظار 2. تنطبق النقطتان 2 و3 على عمليات طابور الانتظار 2 أيضًا. ومع ذلك، فإن الكم الزمني هو ثماني وحدات. إذا لم تنته عملية في كم زمني، فسوف تنتقل إلى الكم الزمني التالي.

تتم جدولة العمليات بطريقة FCFS في طابور الانتظار النهائي. لا يمكن تشغيل عمليات طابور الانتظار ذات الأولوية المنخفضة إلا عندما تكون طوابير الانتظار ذات الأولوية الأعلى فارغة. يتم إيقاف عملية طابور الانتظار ذات الأولوية المنخفضة مؤقتًا عند وصول وظيفة طابور انتظار ذات أولوية أعلى

تطبيق عملي:

قم بتصميم نواة نظام تشغيل صغيرة تستخدم جدولة الطوابير ذو التغذية الراجعة متعددة المستويات وفق ما يلي:

ليكن لدينا ثلاثة طوابير كما هو موضح في الجدول التالي:

Q1	خوارزمية Round-Robin	الشريحة الزمنية = 2	أولوية عالية
Q2	خوارزمية Round-Robin	الشريحة الزمنية = 4	
Q3	خوارزمية SJF غير استباقية		أولوية منخفضة

- جميع العمليات الجديدة تدخل الطابور Q1
- في الطابور Q1 و Q2 أذا لم تنتهي العملية ضمن الشريحة الزمنية الخاصة بها سيتم نقلها الى الطابور ذو الأولوية المنخفضة التالي.
- إذا كان زمن الانتظار للعملية أكبر أو يساوي 13، يتم ترقية العملية الى الطابور ذو الأولوية الأعلى التالي.

Process	Arrival Time	Burst Time
P1	3	8
P2	4	7
P3	8	7
P4	12	1

	Q1(2)	Q2(4)	Q3(SJF)	W(P1)	W(P2)	W(P3)	W(P4)
3	**P1(8)**						
4	**P1(7)**,P2(7)						
5	**P2(7)**	P1(6)			1		
7		**P1(6)**,P2(5)		2	1		
8	P3(7)	**P1(5)**,P2(5)					
11	**P3(7)**	P2(5)	P1(2)	2	5	3	
12	**P3(6)**,P4(1)	P2(5)	P1(2)				
13	**P4(1)**	P2(5),P3(5)	P1(2)	4	7	3	1
14		**P2(5)**,P3(5)	P1(2)	5	8	4	
18		**P3(5)**	P1(2),P2(1)	9	8	8	
22		**P1(2)**	P2(1),P3(1)	13	12	8	
24		**P2(1)**	P3(1)		14	10	
25			**P3(1)**		11		

تطبيق C++ لجدولة طو ابير الانتظار المرنة متعددة المستويات:

```
#include <stdio.h>

struct process
{
    char name;
    int AT, BT, WT, TAT, RT, CT;
} Q1[10], Q2[10], Q3[10]; /*Three queues*/

int n;
void sortByArrival()
{
    struct process temp;
    int i, j;
    for (i = 0; i < n; i++)
    {
        for (j = i + 1; j < n; j++)
        {
            if (Q1[i].AT > Q1[j].AT)
            {
                temp = Q1[i];
                Q1[i] = Q1[j];
                Q1[j] = temp;
            }
        }
    }
}

int main()
{
    int i, j, k = 0, r = 0, time = 0, tq1 = 8, tq2 = 16, flag = 0;
    char c;
    int sumW = 0;
    int sumT = 0;
    int sumR = 0;
```

```
 35      printf("Enter no of processes:");
 36      scanf("%d", &n);
 37      for (i = 0, c = 'A'; i < n; i++, c++)
 38      {
 39          Q1[i].name = c;
 40          printf("\nEnter the arrival time and burst time of process %c: ", Q1[i].name);
 41          scanf("%d%d", &Q1[i].AT, &Q1[i].BT);
 42          Q1[i].RT = Q1[i].BT; /*save burst time in remaining time for each process*/
 43      }
 44      sortByArrival();
 45      time = Q1[0].AT;
 46      printf("Process in first queue following RR with qt=8");
 47      printf("\nProcess\t\tRT\t\tWT\t\tTAT\t\t");
 48      for (i = 0; i < n; i++)
 49      {
 50
 51          if (Q1[i].RT <= tq1)
 52          {
 53
 54              time += Q1[i].RT; /*from arrival time of first process to completion of this
process*/
 55              Q1[i].RT = 0;
 56              Q1[i].WT = time - Q1[i].AT - Q1[i].BT; /*amount of time process has been
waiting in the first queue*/
 57              Q1[i].TAT = time - Q1[i].AT;          /*amount of time to execute the
process*/
 58              printf("\n%c\t\t%d\t\t%d\t\t%d", Q1[i].name, Q1[i].BT, Q1[i].WT, Q1[i].TAT);
 59              sumW += Q1[i].WT;
 60              sumT += Q1[i].TAT;
 61              sumR += Q1[i].BT;
 62          }
 63          else /*process moves to queue 2 with qt=8*/
 64          {
 65              Q2[k].WT = time;
 66              time += tq1;
 67              Q1[i].RT -= tq1;
 68              Q2[k].BT = Q1[i].RT;
 69              Q2[k].RT = Q2[k].BT;
 70              Q2[k].name = Q1[i].name;
 71              k = k + 1;
 72              flag = 1;
 73          }
 74      }
 75      if (flag == 1)
 76      {
 77          printf("\nProcess in second queue following RR with qt=16");
 78          printf("\nProcess\t\tRT\t\tWT\t\tTAT\t\t");
 79      }
 80      for (i = 0; i < k; i++)
 81      {
 82          if (Q2[i].RT <= tq2)
 83          {
 84              time += Q2[i].RT; /*from arrival time of first process +BT of this process*/
 85              Q2[i].RT = 0;
 86              Q2[i].WT = time - tq1 - Q2[i].BT; /*amount of time process has been waiting
in the ready queue*/
 87              Q2[i].TAT = time - Q2[i].AT;      /*amount of time to execute the process*/
 88              printf("\n%c\t\t%d\t\t%d\t\t%d", Q2[i].name, Q2[i].BT, Q2[i].WT, Q2[i].TAT);
 89              sumW += Q2[i].WT;
 90              sumT += Q2[i].TAT;
 91              sumR += Q2[i].BT;
 92          }
 93          else /*process moves to queue 3 with FCFS*/
 94          {
 95              Q3[r].AT = time;
 96              time += tq2;
 97              Q2[i].RT -= tq2;
 98              Q3[r].BT = Q2[i].RT;
 99              Q3[r].RT = Q3[r].BT;
```

```
100             Q3[r].name = Q2[i].name;
101             r = r + 1;
102             flag = 2;
103         }
104     }
105
106     {
107         if (flag == 2)
108             printf("\nProcess in third queue following FCFS ");
109     }
110     for (i = 0; i < r; i++)
111     {
112         if (i == 0)
113             Q3[i].CT = Q3[i].BT + time - tq1 - tq2;
114         else
115             Q3[i].CT = Q3[i - 1].CT + Q3[i].BT;
116     }
117
118     for (i = 0; i < r; i++)
119     {
120         Q3[i].TAT = Q3[i].CT;
121         Q3[i].WT = Q3[i].TAT - Q3[i].BT;
122         printf("\n%c\t\t%d\t\t%d\t\t%d\t\t", Q3[i].name, Q3[i].BT, Q3[i].WT, Q3[i].TAT);
123         sumW += Q3[i].WT;
124         sumT += Q3[i].TAT;
125         sumR += Q3[i].BT;
126     }
127     printf("\n\nAverage WT: %f\n", (float)sumW / (float)n);
128     printf("Average TAT: %f\n", (float)sumT / (float)n);
129     printf("Average RT: %f\n", (float)sumR / (float)n);
130 }
```

هذا الكود بلغة C يحاكي خوارزمية جدولة قائمة انتظار متعددة المستويات (MLFQ) بثلاث قوائم انتظار (Q1 و Q2 و Q3).

1. هياكل البيانات:

- `struct process`: يعرّف عملية بسمات مثل الاسم (`name`)، وقت الوصول (`AT`)، وقت التنفيذ (`BT`)، وقت الانتظار (`WT`)، زمن الاستجابة (`TAT`)، الوقت المتبقي (`RT`)، ووقت الانتهاء (`CT`).
- Q1[10],Q2[10],Q3[10]: مصفوفات من نوع `process` تمثل قوائم الانتظار الثلاث.
- `n`: يخزن عدد العمليات.

2. دالة `sortByArrival()`:

هذه الدالة تقوم بترتيب العمليات في `Q1` بناءً على أوقات وصولها باستخدام خوارزمية ترتيب الفقاعات البسيطة. هذا يضمن معالجة العمليات بترتيب وصولها.

3. دالة main() :

- المدخلات: يطلب من المستخدم إدخال عدد العمليات (`n`) ثم وقت الوصول ووقت التنفيذ لكل عملية. يتم تهيئة الوقت المتبقي (`RT`) إلى وقت التنفيذ.
- الترتيب: استدعاء دالة `sortByArrival()` لترتيب العمليات حسب وقت الوصول.
- التهيئة: تهيئة `time` إلى وقت وصول أول عملية.
- معالجة Q1 (دورانية مع tq1 = 8):

- التكرار خلال كل عملية في `Q1`.
  - إذا كان الوقت المتبقي (`RT`) أقل من أو يساوي زمن الكوانتم (`tq1`)، فإن العملية تكتمل في قائمة الانتظار هذه. يتم حساب وقت الانتظار وزمن الاستجابة والمقاييس الأخرى.
  - إذا كان `RT` أكبر من `tq1`، يتم نقل العملية إلى `Q2` بعد التنفيذ لمدة `tq1` وحدة. يتم تحديث الوقت المتبقي، وتتم إضافة العملية إلى `Q2`. يتم تعيين `flag` إلى 1 للإشارة إلى أن `Q2` بها عمليات.
- معالجة Q2 (دورانية مع tq2 = 16):
  - إذا كانت `flag` تساوي 1 (بمعنى أن `Q2` بها عمليات)، يتم تنفيذ هذا الجزء.
  - على غرار `Q1`، تتم معالجة العمليات في `Q2` باستخدام خوارزمية دورانية بزمن كوانتم أكبر (`tq2`).
  - إذا لم تكتمل عملية في `Q2`، يتم نقلها إلى `Q3`. يتم تعيين `flag` إلى 2.
- معالجة Q3 (FCFS - من يأتي أولاً يُخدَم أولاً):
  - إذا كانت `flag` تساوي 2 (بمعنى أن `Q3` بها عمليات)، يتم تنفيذ هذا الجزء.
  - `Q3` تستخدم جدولة FCFS بسيطة. يتم حساب وقت انتهاء كل عملية بناءً على وقت انتهاء العملية السابقة. ثم يتم حساب وقت الانتظار وزمن الاستجابة.
- الخرج: طباعة تفاصيل العملية (وقت التنفيذ، وقت الانتظار، زمن الاستجابة) لكل قائمة انتظار. أخيرًا، يتم حساب وطباعة متوسط وقت الانتظار، متوسط زمن الاستجابة، ومتوسط زمن التنفيذ (الذي يعادل وقت التنفيذ في هذه الحالة لأنه محسوب على أنه sumR/n).

تحسينات وتوضيحات رئيسية:

- إدارة قوائم الانتظار: يستخدم الكود ثلاث قوائم انتظار منفصلة (`Q1` و `Q2` و `Q3`) لإدارة العمليات بمستويات أولوية مختلفة.
- زمن الكوانتم: لكل قائمة انتظار زمن كوانتم خاص بها (``tq1 = 8، tq2 = 16``).
- خوارزميات الجدولة: يتم استخدام خوارزميات جدولة مختلفة لكل قائمة انتظار: دورانية لـ `Q1` و `Q2`، و FCFS لـ `Q3`.
- حساب المقاييس: يتم حساب وقت الانتظار، زمن الاستجابة، وزمن التنفيذ لكل عملية.
- الخرج: يتم تنظيم الخرج حسب قائمة الانتظار، مما يسهل فهم عملية الجدولة.