دراسة مقارنة لخوارزميتين من خوارزميات جدولة المعالجات المتعددة

إسراء نذير الكلاك
فرع العلوم الطبية الاساسية
كلية التمريض
جامعة الموصل

احمد محمود السبعاوي
قسم الاحصاء
كلية علوم الحاسبات والرياضيات
جامعة الموصل

تاريخ الاستلام 2004/9/29
تاريخ القبول 2005/4/11

ABSTRACT

This study tackles the processes scheduling problem of multiprocessor and describing two algorithms from many algorithms for an array of dependent processes, which are represented by, direct a cyclic Graph on different forms correlation among the processes and tries to determine the duration each process would last on an arbitrary figured out parameter, and to single out those processes for multiprocessor that purpose from the scheduling algorithm were carried out to get the best scheduling.

It appears from the comparison between two algorithms, first that "highest level first with estimated times scheduling algorithm", second that " smallest co-levels first with estimated time scheduling algorithm " has an effect on the schedule length(finish time). It has also been found out that shifting implementation time for each process while holding the correlation constant or, alternatively, shifting the correlation among processes and maintaining the selfsame time of duration has impact on schedule length. Moreover, it appeared that an increase in the number of dedicated processors that execute processes will also affect the lengthening of scheduling.

Accordingly, length of scheduling is considered a significant parameter in the design of algorithms for multiprocessor scheduling.

بحث مستل من رسالة ماجستير

الخلاصة

تطرقت الدراسة الحالية الى مسألة جدولة العمليات المرتبطة للمعالجات المتعددة ، ووصف خوارزميتين من خوارزميات جدولة العمليات المرتبطة المتمثلة بالبيان الحلقي المباشر ، وبأشكال مختلفة من الارتباط بين العمليات مع تحديد زمن تنفيذ اختياري لكل عملية من العمليات وتخصيص تلك المعالجات المتعددة للعمليات للحصول على امثل جدولة.

اتضح من خلال المفاضلة بين خوارزمية جدولة المستوى الاعلى اولا مع تقدير الوقت وخوارزمية جدولة المستوى الاصغر اولا مع تقدير الوقت التأثير في طول الجدولة (زمن انهاء العمل) ، اذ تبين هناك فرق بين طول الجدولة للخوارزميةالاولى مقارنة مع الخوارزمية الثانية لوحظ عند تغيير زمن التنفيذ لكل عملية من العمليات مع بقاء الارتباط ثابتا او تغيير الارتباط بين العمليات ولزمن التنفيذ ذاته التأثير في طول الجدولة ، وكذلك تبين عند زيادة عدد المعالجات المخصصة لتنفيذ العمليات التأثير في طول الجدولة ، هذا وعُدّ طول الجدولة معيارا مهماً في تصميم خوارزميات الجدولة .

1.المقدمة

إن جدولة المعالج تعد قاعدة أساسية في أنظمة التشغيل ،وغالبا ما تجدول مصادر الحاسبة قبل استخدامها ومن خلال البرامج المتعددة (Multiprogram) ، جُعلت الحاسبة اكثر إنتاجية ، والهدف من البرامج المتعددة هو تنفيذ عدة عمليات في الوقت نفسه وذلك لزيادة منفعة المعالج ، لان نظام المعالج الواحد لن يسمح بتنفيذ اكثر من عملية في الوقت نفسه.

تعد الجدولة من أساسيات علوم الحاسبات ومحور البحث يتطرق مقارنة لخوارزميتين من خوارزميات الجدولة الثابتة (static scheduling) للمعالجات المتعددة مع عدم إمكانية القطع(Non Preemptive) و تشابه العمليات التي تحدث في وقت الترجمة (Compile Time) والذي يرتكز على صنف أساس الأسبقية (prioritybased)وتأخذ شكل أساس الأسبقية من خلال أساليب منها :إن العملية المستعدة للتنفيذ تخصص للمعالج المناسب بعد جدولة جميع أسلافها أو أسلوب اخرما يدعى بجدولة المسار الحرج (critical path)ذلك المسار الذي يعتمد على مجموع كلف الحساب (زمن التنفيذ) (1).

يهدف البحث الى دراسة مقارنه لخوارزميات الجدولة للعمليات المرتبطة في المعالجات المتعددة،وان أساس المفاضلة بين خوارزميات الجدولة يعتمد تقليل طول الجدولة (زمن انهاء العمل) لأن يعد مقياسا مهما لأداء منفعة المعالج ،وكذلك في تصميم خوارزميات الجدولة.

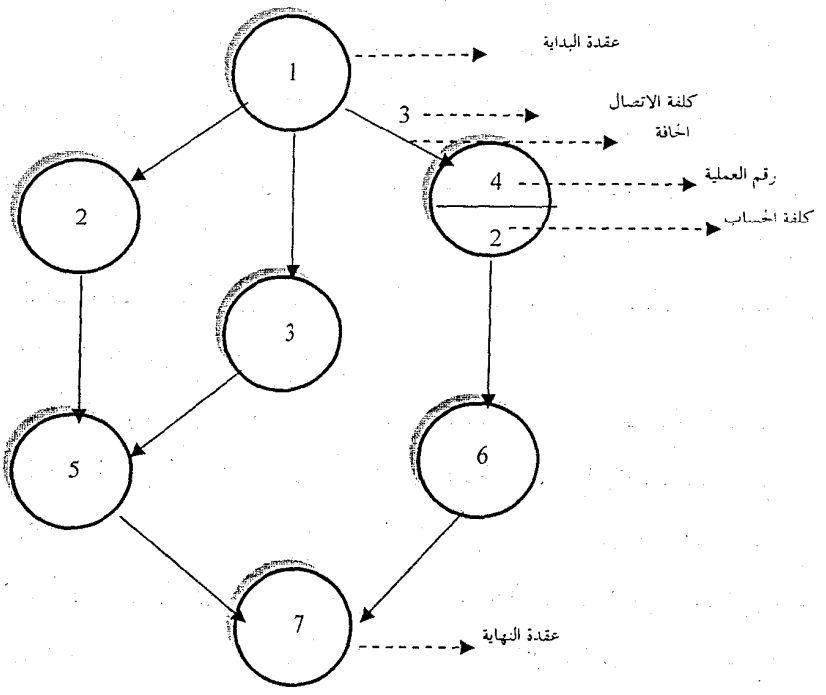
1-1 نموذج البيان الحلقي المباشر :

Directed Acyclic Graph Model (DAG)

إن معالجة العمليات المتمثلة في نموذج البيان الحلقي المباشر تعد ضمن رقعة البحوث الكلاسيكية في علوم الحاسبات، يمكن تمثيل البرنامج المتوازي (Parallel Program) من خلال تمثيل العمليات بوساطة نموذج البيان الحلقي المباشر ، ويدعى بالبيان الحلقي المباشر لعدم وجود الدائرة (Cycle) في البيان بين العقدتين (1 و2). . G = (V , E) ، حيث إن V هي مجموعة من العقد (Nodes) إذ تمثل العقد مجموعة العمليات التي يجب تنفيذها بالتتابع ، و E هي مجموعة من الحافات (Edges) ، و تمثل الحافات الاتصال بين تلك العمليات (3 و 4)

يرافق كل عقدة pi وزن (Weight) ، ويرمز له بالرمز (W (pi ويمثل كلفة الحساب (Computation Cost) ، ويقصد بها زمن التنفيذ للعملية . ويرافق كل حافة اتصال العقدة pi مع pj وزن (Weight) ، ويرمز له بالرمز (C (pi, pj ويمثل كلفة الاتصال (Communication Cost) (5 ، 6 و 7)

يوضح الشكل (1) نموذج البيان الحلقي المباشر



الشكل (1) نموذج البيان الحلقي المباشر (D A G)

إن العقدة التي ليس لها سلف (Predecessor) تسمى عقدة البداية (Entry Node) والعقدة التي ليس لها خلف (Successor) تسمى عقدة النهاية (Exit Node) ، حيث لا يمكن تنفيذ أي عملية (عقدة) ما لم تنفذ جميع أسلافها ،

إن كل عملية من العمليات الموجودة في البيان يخصص لها وحدة معالجة processing element لغرض تنفيذها .

2-1 مسألة الجدولة Scheduling Problem

هناك ميزة مهمة في أنظمة التشغيل (**Operating System**) في الحاسبات الإلكترونية وهي كيفية إدارة العمليات (**Processes**) داخل الحاسبة . وتعد مسائل الجدولة من مسائل ألا متلية والتي عادة تصنف إلى مسائل من نوع (**Complete – NP**) (4 ، 8–10) ومعظم الحلول الموضوعة تستخدم أساليب بحوث العمليات وأساليب رياضية وإحصائية ومنها نظرية البيانات (**Graph Theory**) ،وقد درست مسائل الجدولة بشكل واسع في حقلي بحوث العمليات وعلوم الحاسبات من خلال الخوارزميات المتعلقة بالجدولة (11) لتطور الكبير في الحاسبة اذ أصبحت ذات معالجات متعددة (**Multiprocessor System**) فانه ينبغي تحديد الأولوية في تنفيذ العمليات وكذلك تنفيذ أكثر من عملية في الوقت نفسه حيث تتضح مسالة الجدولة في كيفية وضع الأولوية بتنفيذ عملية معينة من بين عدة عمليات وتخصيص المعالج لها من المعالجات المتعددة وإنهاء التنفيذ بعد تحديد زمن لكل عملية بأقل وقت ممكن ، اذ لا يمكن لعملية واحدة أن يخصص لها أكثر من معالج في الوقت ذاته ، لان كل معالج يخصص له عملية لغرض تنفيذها أو يبقى عاطل (**Idle**) (12).

3-1 زمن العملية : Duration Process

تمثل العمليات في نموذج البيان الحلقي المباشر من خلال العقد المتصلة بالحافات ، وان هذه العمليات يكون لها زمن تنفيذ ، إما متساوٍ أو مختلفٌ وهناك بعض البحوث تفسر زمن التنفيذ بما يأتي :

الأول : يتعامل مع زمن التنفيذ في حال كونه أطول مدة زمنية لمعالجة العملية ، وفي هذه الحالة فان طول الجدولة يمثل أطول مدة زمنية لاكمال نموذج البيان (6 ، 12–14).

الثاني : يتعامل مع زمن التنفيذ بوصفه قيمة متوقعة او قيمة عشوائية ومن ثَمَّ سيعطي توقع تقريبي لطول الجدولة (6 ، 12–14).

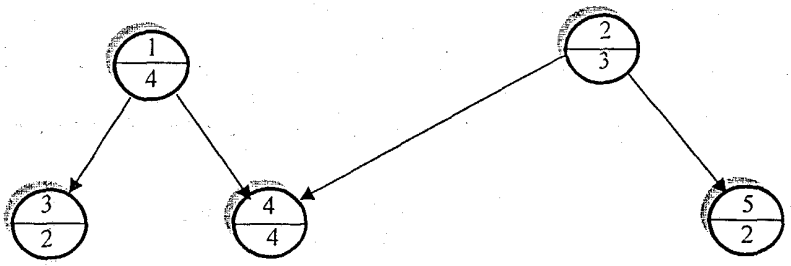
2- أنواع الجدولة : Types Of Scheduling

تصنف خوارزميات الجدولة على نوعين ، الأول : خوارزميات الجدولة مع عدم إمكانية قطع العمليات (Non Preemptive Scheduling Algorithms) إن هذا النوع من خوارزميات الجدولة لا يمكن للعمليات ان تتحول من حالة التنفيذ الىّ حالة الاستعداد حتى يتم تنفيذ العملية بأكملها .

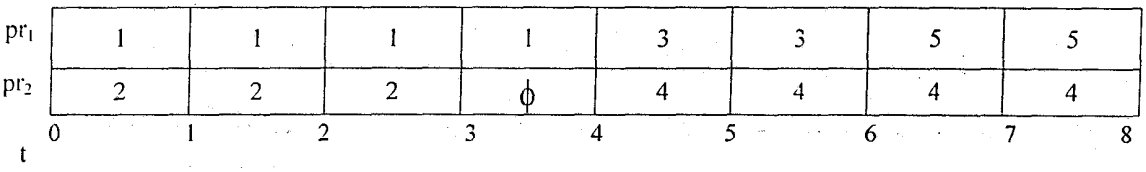
والنوع الثاني من خوارزميات الجدولة : خوارزمية الجدولة مع إمكانية القطع ،(Preemptive Scheduling Algorithms) إن في هذا النوع من خوارزميات الجدولة يمكن للعمليات أن تتحول من حالة التنفيذ الى حالة الاستعداد قبل إنهاء تنفيذ العملية ، وإعادة تخصيص المعالج لعملية أخرى.

2-1 نموذج الجدولة : Scheduling Model

. ويتم تمثيل الجدولة من خلال مخطط توضيحي يدعى لوحه كانت (Gantt Chart) يقيس أداء خوارزمية الجدولة ويحدد كفاءتها . وان الغرض من خوارزميات الجدولة تقليل زمن إنهاء التنفيذ للعمليات ، وجعل جميع المعالجات تعمل بصورة مستمرة ، أي مشغولة (Busy) دائما في تنفيذ العمليات قدر المستطاع Thiebaut (10).



الشكل (2) بيان العمليات



الشكل (3) نموذج لوحة كانت

يستخدم الرمز (ϕ) للمعالج الساكن (العاطل) (Idle Period) ويوضح المدة الزمنية في بقاء المعالج ساكنا (15).

2-2 الأساليب الأساسية في جدولة البيان الحلقي المباشر :

Basic Techniques in DAG Scheduling

تستند معظم خوارزميات الجدولة على أسلوب جدولة القائمة (1 ، 8 و 15) ، والفكرة الأساسية لهذا الأسلوب تعتمد على عمل قائمه ، أي ان يتم تخصيص أسبقية لكل عملية (عقدة) من بين سلسلة من العمليات (العقد) ، وبحسب الخطوتين التاليتين يتم جدولة جميع العقد الموجودة في البيان وكما يلي :

1- إزالة العملية الأولى (العقدة الأولى) من قائمة الجدولة .

2- تخصيص المعالج للعملية (العقدة) مع تحديد المدة الزمنية لتنفيذها .

وفي حالة وجود أكثر من عملية(عقدة) تمتلك نفس الأسبقية ، فسيتم اختيار العملية عشوائيا (9).

ومعظم خوارزميات الجدولة تعمل بالأساس على ما يأتي (5):

أ-تحديد الأسبقية الجديدة لكل عملية (عقدة) غير مجدولة .

ب-اختيار العملية (العقدة) ذات الأسبقية العالية لغرض جدولتها .

ج-تخصيص المعالج للعملية (العقدة) مع تحديد المدة الزمنية للتنفيذ .

3 خوارزميات جدولة العمليات المرتبطة :

Dependent tasks scheduling algorithms

تطرق البحث إلى خوارزميتين من خوارزميات الجدولة العمليات المرتبطة والمتمثلة بالبيان الحلقي المباشر ، وبأعداد اختياريه من العمليات وبمستويات عديدة مع افتراض ان كلفة الاتصال بين العمليات للصفر ، وبأشكال مختلفة من الارتباط وكذلك زمن تنفيذ مختلف على عدد اختياري من المعالجات.

3-1 خوارزمية جدولة المستوى الأعلى أولا مع تقدير الوقت (5):

Highest Level First With Estimated Times Scheduling Algorithm (HLFET)

تناقش هذه الخوارزمية جدولة العمليات المرتبطة وبزمن تنفيذ اختياري ، مع تجاهل كلفة الاتصال (مساوية للصفر) بين العمليات ، وتحدد الأسبقية للعملية من خلال المستوى (Level) ويقصد بالمستوى مجموع زمن التنفيذ لكل العمليات على طول المسار الحرج من العقدة pi (العمليةpi) إلى عقدة النهاية (العملية الأخيرة)، ويدعى المستوى للعقدة في نموذج البيان الحلقي المباشر بالمسار الحرج (8 و 16).وبعد ايجاد المستوى لكل عملية من العمليات الموجودة في البيان الحلقي المباشر يتم تحديد الأسبقية للعمليات بالاعتماد

على المستوى ، اذ يتم منح العمليات ذوات المستوى العالي أسبقية عالية في التنفيذ والعمليات ذوات المستوى الواطئ أسبقية واطئة ، والخطوات الرئيسة للخوارزمية هي :

1-البداية .

2-تحديد المستوى لكل عملية بالاعتماد على مجموع زمن التنفيذ من العملية pi إلى عملية النهاية .

3-ترتب المستويات للعمليات ترتيباً تنازلياً .

4-تحديد الأسبقية للعملية اعتمادا على المستوى .

5-تكرار .

6-ا اختيار العملية .

7-اختيار المعالج المناسب لتنفيذ العملية .

8-تخصيص المعالج للعملية.

9-عند عدم جدولة جميع العمليات اذهب الى الخطوة 5 والاّ .

10-النهاية .

3-2 خوارزمية جدولة المستوى الأصغر أولا مع تقدير الوقت (5)

Smallest Co-Levels first with Estimated Times Scheduling Algorithm (SCFET).

تعد هذه الخوارزمية من خوارزميات جدولة العمليات المرتبطة مع تجاهل كلفة الاتصال (مساوية للصفر) بين العمليات وبزمن تنفيذ اختياري ، والخوارزمية مشابهة لخوارزمية (HLFET) ولكن تحديد الأسبقية للعملية من خلال (Co- Level) ، ويقصد به مجموع زمن التنفيذ لكل العمليات على طول المسار الحرج من عقدة البداية (عملية البداية) الى العقدة (العملية) pi ، وبعد إيجاد (Co- Level) لكل عملية من العمليات الموجودة في البيان الحلقي المباشر يتم تحديد الأسبقية للعمليات بالاعتماد على (Co- Level) اذ يتم منح العمليات ذوات (Co- Level) عالي أسبقية واطئة ، والعمليات ذات (Co- Level) واطئ أسبقية عالية ، والخطوات الرئيسة للخوارزمية هي :

1- البداية .

2- تحديد (Co- Level) لكل عملية بالاعتماد على مجموع زمن التنفيذ من عملية البداية الى العملية pi .

3- ترتب (Co- Level) ترتيبا تصاعدياً .

4- تحديد الأسبقية للعملية بالاعتماد على (Co- Level) .

5- تكرار .

6- اختيار العملية .

7- اختيار المعالج المناسب لتنفيذ العملية .

8- تخصيص المعالج للعملية.

9- عند عدم جدولة جميع العمليات اذهب الى الخطوة 5 والاّ .

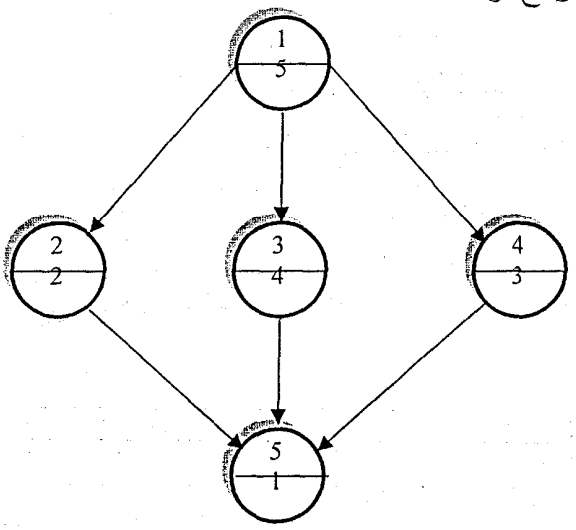
10- النهاية .

4 الجانب العملي والنتائج

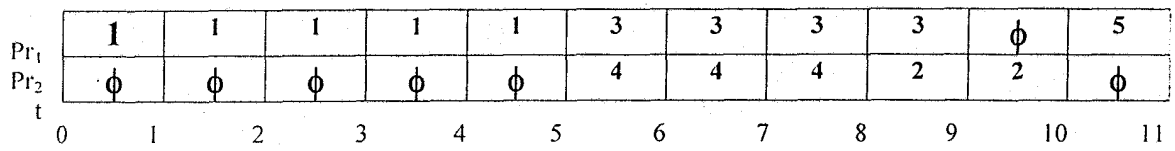
في هذا الفصل تم تنفيذ الجانب العملي لخوارزميات جدولة العمليات المرتبطة للمعالجات المتعددة فقد تناول البحث خمسه أمثلة يوضح نموذج البيان الحلقي المباشر ، وان عدد العمليات وزمن التنفيذ في كل مثال اختياري بمدى (5-13) و (1-5) على التوالي ، وبمستويات مختلفة وتوفر عدد المعالجات بمدى (2-3) معالج تم من خلالها تغيير زمن التنفيذ للعمليات مع بقاء الارتباط ثابتا او تغيير الارتباط بين العمليات مع بقاء زمن التنفيذ ثابتا ومن بعد ذلك تم تنفيذ الخوارزميتين (HLFET) و (SCFET) على الأمثلة المذكورة .

ولتوضيح الجانب العملي فقد تم كتابة البرامج التابعة لتطبيق الخوارزميات بلغة (Visual Basic 6) .

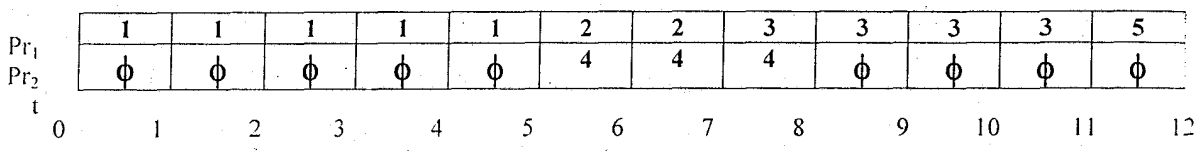
تمت المفاضلة بين الخوارزميتين على أساس طول الجدولة أو الفرق بين طول الجدولة ومن خلال نموذج لوحة كانت.



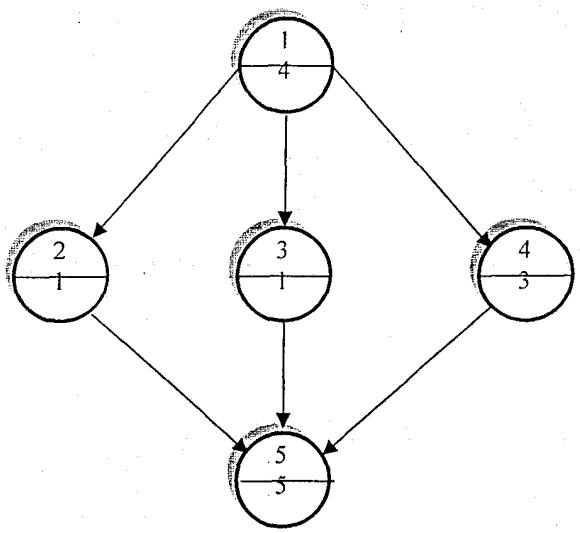
الشكل (3) البيان الحلقي المباشر



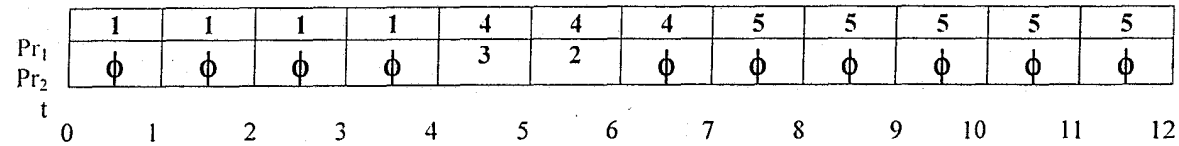
خوارزمية HLFET



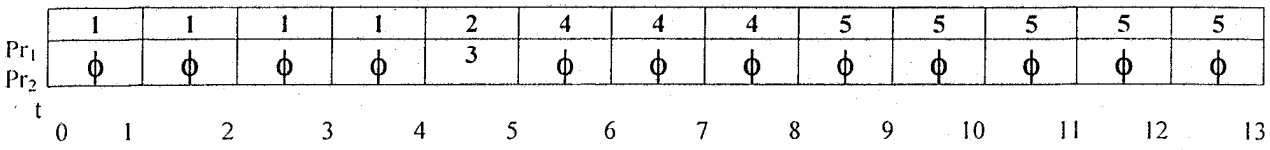
خوارزمية SCFET



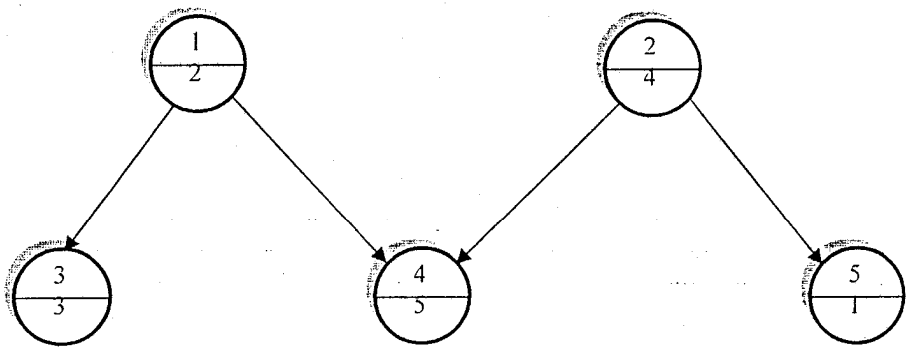
الشكل (4) البيان الحلقي المباشر



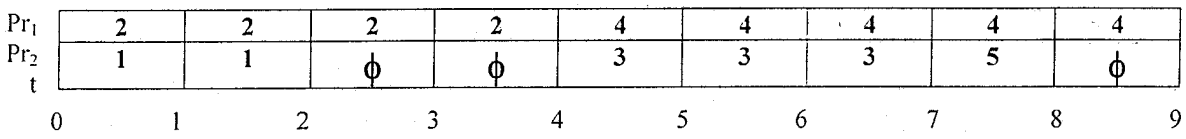
خوارزمية HLFET



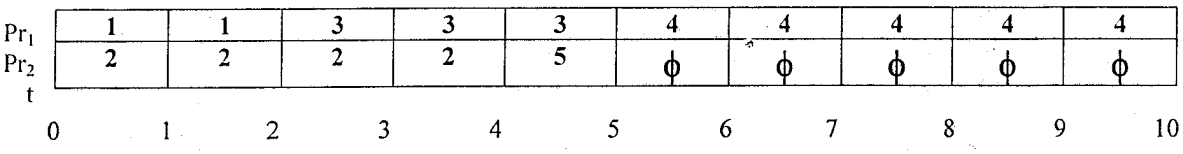
خوارزمية SCFET



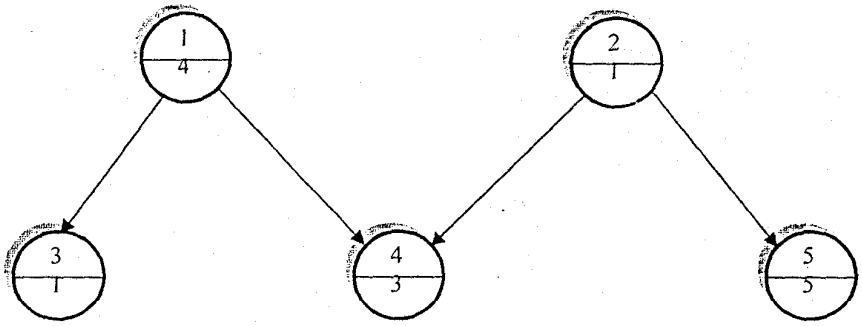
الشكل (5) البيان الحلقي المباشر



خوارزمية HLFET



خوارزمية SCFET



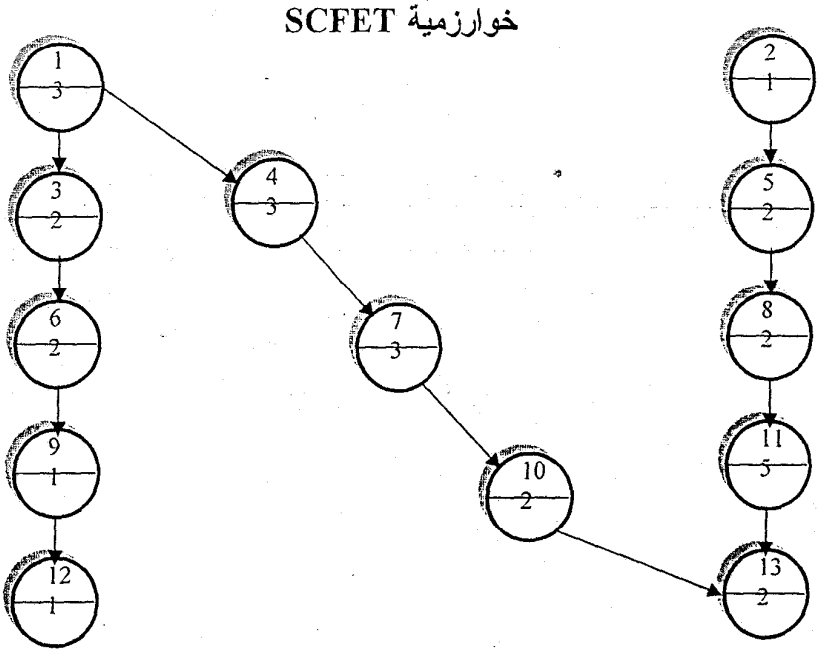
الشكل (6) البيان الحلقي المباشر

Pr_1	1	1	1	1	4	4	4
Pr_2	2	5	5	5	5	5	3
t	0	1	2	3	4	5	6	7

خوارزمية HLFET

Pr_1	2	ϕ	ϕ	ϕ	3	4	4	4	ϕ
Pr_2	1	1	1	1	5	5	5	5	5
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

خوارزمية SCFET



الشكل (7) البيان الحلقي المباشر

Pr_1	1	1	1	4	4	4	7	7	7	3	3	10	10	9	12
Pr_2	2	5	5	8	8	ϕ	11	11	11	11	11	6	6	13	13
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

خوارزمية HLFET

Pr_1	1	1	1	4	4	4	7	7	7	10	10	9	12
Pr_2	2	5	5	8	8	ϕ	11	11	11	11	11	13	13
Pr_3	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	3	3	ϕ	6	6	ϕ	ϕ
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

خوارزمية HLFET

Pr_1	2	5	5	3	3	4	4	4	7	7	7	10	10	ϕ	13	13
Pr_2	1	1	1	8	8	6	6	9	12	11	11	11	11	11	ϕ	ϕ
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

خوارزمية SCFET

Pr_1	2	5	5	3	3	6	6	9	12	ϕ	10	10	ϕ	13	13
Pr_2	1	1	1	8	8	ϕ	ϕ	7	7	7	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
Pr_3	ϕ	ϕ	ϕ	4	4	4	ϕ	ϕ	11	11	11	11	11	ϕ	ϕ
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

خوارزمية SCFET

5 النتائج

تضمنت الدراسة الحالية مقارنة لخوارزميات جدولة العمليات المرتبطة للمعالجات المتعددة ومن أهم ما تمخضت عنه الدراسة :

1-إن طول الجدولة قد انخفض باستخدام خوارزمية (HLFET) مقارنة مع خوارزمية (SCFET) كما في الشكل (3).

2-اتضح إن تغيير زمن التنفيذ للعمليات مع بقاء الارتباط ثابتا بين العمليات في نموذج البيان الحلقي المباشر له تأثير في طول الجدولة ولكلا الخوارزميتين كما في الشكل (3) و(4).

3- لوحظ التأثير في طول الجدولة لنفس العدد من العمليات مع التغيير في الارتباط بين العمليات في نموذج البيان الحلقي المباشر ولكلا الخوارزميتين كما في الشكل (4) و(5).

4- تبين إن تغيير الارتباط بين العمليات ولنفس زمن التنفيذ له التأثير في طول الجدولة ولكلا الخوارزميتين كما في الشكل (4) و (6).

5-ومما يلاحظ في بعض الحالات يتساوى طول الجدولة لكلا الخوارزميتين
6-يتأثر طول الجدولة بزمن التنفيذ للعمليات المتمثلة بالبيان الحلقي المباشر .
7-تبين إن زيادة عدد المعالجات المخصصة لتنفيذ العمليات المرتبطة في نموذج البيان الحلقي المباشر قد اثر في طول الجدولة ، وذلك بتقليل طول الجدولة ولكلا الخوارزميتين كما في الشكل (7).
8-تسلسل أسبقية تنفيذ العمليات يختلف عند تغيير زمن التنفيذ للعملية مع بقاء الارتباط بين العمليات في نموذج البيان الحلقي المباشر لانه يعتمد على طول المسار الحرج وهو ما له التأثير في طول الجدولة ولكلا الخوارزميتين .

ويوضح الشكل (8) و الشكل (9) علاقة عدد المعالجات بطول الجدولة ودرجة عمق العمليات بطول الجدولة على التوالي ، على مثال معين.

5-1 الاستنتاجات

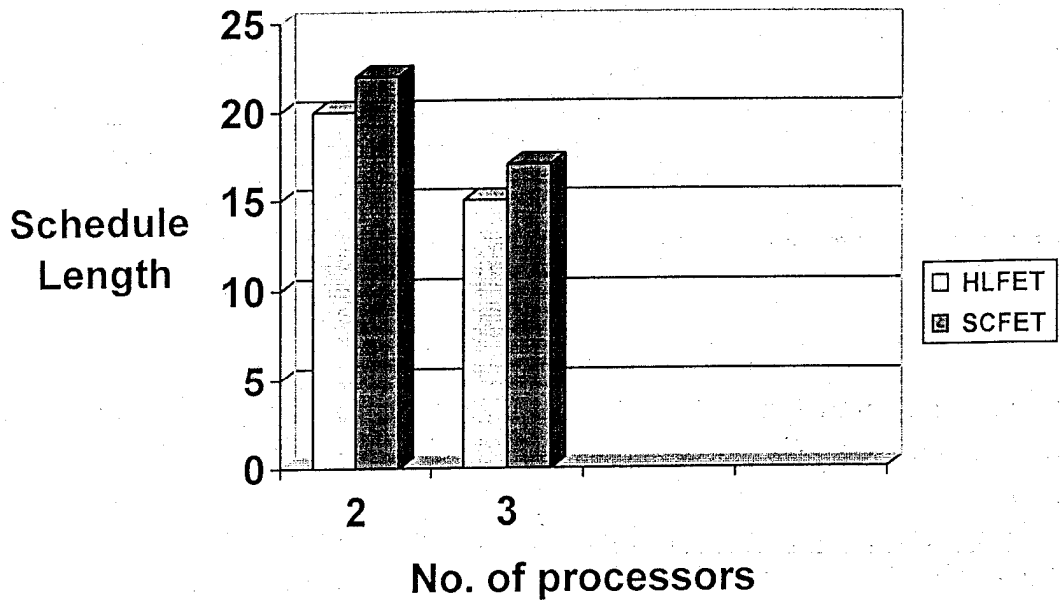
تضمن البحث دراسة مقارنة لخوارزميات جدولة المعالجات المتعددة، فضلا عن توسيع المفاهيم الأساسية للجدولة ومن أهم ما تمخض عنه البحث:

1. إن طول الجدولة قد انخفض باستخدام خوارزمية(HLFET) مقارنة مع خوارزمية (SCFET) .
2. قد يلاحظ في بعض الحالات تساوى طول الجدولة بين كلا من الخوارزميتين المدروستين.

5-2 التوصيات

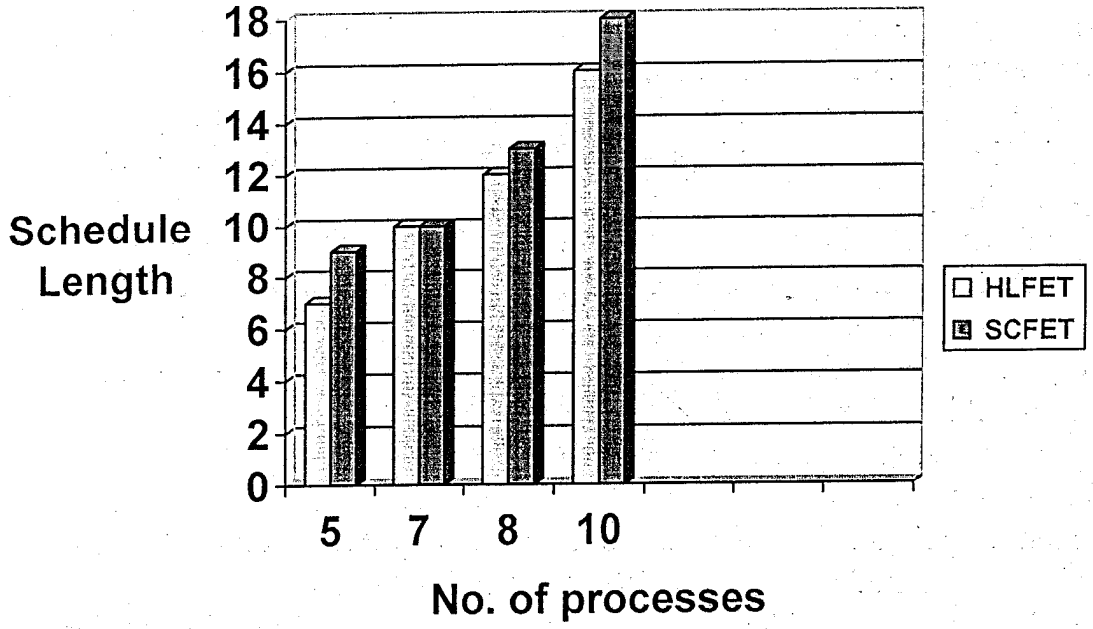
بعد إنجاز هذا البحث ،اقترح مجموعة من التوصيات التي خرج بها هذا البحث، ومنها :

1- التوسع في دراسة خوارزميات جدولة المعالجات المتعددة مع وجود كلف الاتصال بين العمليات.
2- تطوير دراسة خوارزميات الجدولة باستخدام الشبكات العصبية في إيجاد الخوارزميات المثلى.



الشكل (8)

علاقة عدد المعالجات بطول الجدولة



الشكل (9)

علاقة عدد العمليات بطول الجدولة

المختصر	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
P	Process Number	رقم العملية
Pr	Processor Number	رقم المعالج
t	Time	الزمن

المصادر

1.Aronsson P. and FritzsonP., Multiprocessor scheduling of simulation code from modelicamodels.2nd international modelica conference (2002).
http// www.modelica.org/conference 2002/ paper. Shtml.

2.Gonzalez M.J., Deterministic Processor Scheduling. ACM. Computing Survey,Vol.9,No.3(1977).

3.Collins J.B., An Approach to Scheduling Task Graphs With Contention in Communication (2001).

4.Wang Y.O., Amato N.M. and Friesen D.K., Hind Sight Helps:Deterministic Task Scheduling With Back Tracking.in proc. Of the 1997 International Conference on Parallel Processing(1997).

5.Kowk Y.K. and Ahmad I., Static Scheduling Algorithm for Allocating Directed Task Grapgs to Multiprocessor .ACM Computing Surveys,Vol.31, No.4(1999).

6.Muntz R.R. and Coffman E.G., Preemptive Scheduling of Real_Time Task on Multiprocessor Systems.ACM Vol.17, No.2, pp.324-338(1970).

7.Radulescu A. and Gemund A.J.C.V., Low-Cost Task Scheduling for Distributed-Memory Machine. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.13,No.6(2002).

8.Auyeung A., Gondra I. and Dai H.K., Multi-Heuristic List Scheduling Genetic Algorithm for Task Scheduling .ACM(2003).
http//www.cs.okstate.edu/~wingha/sac03-ga.pdf.

9.Redulescu A., Gemund A.J.V., Lin H.X. and Sips H. Low-Cost Scheduling Algorithms for Distributed- Memory Architectures (1998).
http//www.ce.ettude/ft.nl/orsres/1998/abst-radn-2061.txt.

10.Thiebaut D., Problem Decomposition on A multiprocessor Network.Parallel Programming in C for the Transputer,chap.ix (1995).
http//cs.smith.edu/`thiebaut/transputer/chapter9/chap9-1.html.

11.Peng D.T., Shin K.G. and Abdelzaher T.F. Assignment and Scheduling communicating periodic tasks in Distributed Real-Time Systems. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.23,No.12(1997).

12.Muntz R.R., Optimal Preemptive Scheduling on Two Processor Systems. IEEE Transactions on Computers, Vol.c-18, No.11(1969).

13.Hwang K., Briggs F.A., "Computer Architecture and Parallel Processing" Mcgraw-Hill International Editions Computer Science Series,Newyork, pp590-604 (1984).

14.Ramamoorthy C.V., Chhandy K.M. and Gonzalez M.J., Optimal Scheduling Strategies in Multiprocessor System. IEEE Transactions on Computers,Vol.c-12,No.2(1972).

15.Arroyo D.O., STS A simple Tool for Scheduling .School of Computer Science,Mcgill University(1996).
http://www.cs.mcgill.ca/`cs251/old courses/1997/

16.Kasahara H. and Narita S., Practical Multiprocessor Scheduling Algorithm for Efficient Parallel Processing. IEEE Transactions of Computers, Vol.c-33,No.11(1984).