دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	خوارزمية مركزية ديناميكية لموازنة حمل الأنظمة الموزعة وغير المتجانسة
المؤلف الرئيسي:	فرحان، خالد عبدالفتاح أحمد
مؤلفين آخرين:	الزعبي، علي الداود، عبابنة، إسماعيل محمد(مشرف)
التاريخ الميلادي:	2003
موقع:	المفرق
الصفحات:	1 - 52
رقم MD:	571513
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة آل البيت
الكلية:	كلية الأمير الحسين بن عبد االله لتكنولوجيا المعلومات
الدولة:	الاردن
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الخوارزميات ، الحاسبات الإلكترونية ، الديناميكا ، المحاكاة
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/571513

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة آل البيت
كلية الأمير الحسين بن عبدالله لتكنولوجيا المعلومات
قسم الحاسوب

رسالة ماجستير بعنوان :

"خوارزمية مركزية ديناميكية لموازنة حمل الأنظمة الموزعة وغير المتجانسة "

"A Centralized Dynamic Load Balancing Algorithm for Heterogeneous Distributed Systems"

إعـــــداد
خالد عبد الفتاح احمد فرحان
٩٨٢٠٩٠١٠٠١

المشرف
د. إسماعيل عبابنة

المشرف المشارك
د. علي الداود الزعبي

٢٠٠٣م

"خوارزمية مركزية ديناميكية لموازنة حمل الأنظمة الموزعة وغير المتجانسة "

"A Centralized Dynamic Load Balancing Algorithm for Heterogeneous Distributed Systems"

إعـــــداد
خالد عبد الفتاح احمد فرحان
٩٨٢٠٩٠١٠٠١

المشرف
د. إسماعيل عبابنة

المشرف المشارك
د. علي الداود الزعبي

أعضاء لجنة المناقشـــة	التوقيـــــــــــــع
د. إسماعيل عبابنة	.....
د. علي الداود الزعبي	.....
أ.د. موفق القصاب	.....
د. أحمد دلالعة	.....
د. محمد العكور	.....

قدمت هذه الرسالة استكمالا لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في علم الحاسوب فـــي كلية الأمير الحسين بن عبدالله لتكنولوجيا المعلومات في جامعة آل البيت.

نوقشت وأوصى بإجازتها بتاريخ : ٢٠٠٣/١/٢٠ م

الإهداء

إلى من ربياني صغيراً وحملا همي كبيراً.....أبي وأمي

إلى من وقفوا بجانبي وشجعوني.....أختاي وإخواني وزوجتي

إلى كل من رفع راية لا اله إلا الله.....

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل

الشكر والتقدير

الحمد لله حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه، وأشكره شكراً يليق بجلال وجهه وعظيم قدرته، على ما يسر وسهل وهدى. أما بعد:

لا يسعني بعد إنهاء هذه الرسالة إلا أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور إسماعيل عبابنة والدكتور علي الداود الزعبي اللذان منحاني من علمهما ووقتهما الشيء الكثير. مما كان له أعظم الأثر في تذليل الصعاب التي واجهتني أثناء إعداد هذه الرسالة.

خالد فرحان

المحتويات

فهرس الجداول..... VII
فهرس الأشكال..... VIII
قائمة المصطلحات..... IX
ملخص..... XII

الفصل الأول : المقدمة

١-١ النظم الموزعة..... ١
١-٢ موازنة الحمل..... ٢
١-٢-١ خوارزميات موازنة الحمل الثابتة..... ٢
١-٢-٢ خوارزميات موازنة الحمل المتغيرة..... ٣
١-٢-٢-١ خوارزميات موازنة الحمل الموزعة وغير الموزعة..... ٣
١-٢-٢-٢ خوارزميات متعاونة وغير متعاونة..... ٤
١-٢-٢-٣ الخوارزميات المتكيفة..... ٤
١-٢-٢-٤ الاستراتيجيات السلبية..... ٤
١-٢-٢-٥ الاستراتيجيات الفاعلة..... ٥
١-٢-٢-٦ الاستراتيجيات المختلطة..... ٥

الفصل الثاني : الدراسات السابقة حول خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية للأنظمة الموزعة

٢-١ خوارزميات النظم المتجانسة..... ٦
٢-١-١ خوارزمية الخطط الشاملة اللامركزية..... ٦
٢-١-٢ خوارزميات الحدود والأقصر..... ٩
٢-١-٣ الخوارزمية المركزية..... ١٠
٢-١-٤ الخوارزمية الموزعة..... ١١
٢-١-٥ طريقة التدرج..... ١١
٢-١-٦ طريقة الإنتشار..... ١٢
٢-١-٧ خوارزمية المزايدة..... ١٢
٢-١-٨ خوارزمية السحب..... ١٢
٢-١-٩ خوارزمية الطلب الحلقي..... ١٣
٢-١-١٠ خوارزمية البحث الحلقي مع الأكثر حملا..... ١٣
٢-١-١١ خوارزمية الطلب الحلقي ٥٠..... ١٣
٢-١-١٢ خوارزمية كانج..... ١٣
٢-١-١٣ خوارزمية متعدد المهمات متعدد المعالجات..... ١٤
٢-١-١٤ خوارزمية بيرسند..... ١٦

٢-١-١٥ خوارزمية ديفسكد.....١٦
٢-١-١٦ خوارزمية الحد المتكيف.....١٧
٢-١-١٧ خوارزمية بريانت وفينكليز.....١٨

٢-٢ الخوارزميات الديناميكية للنظم الموزعة وغير المتجانسة.....١٩

٢-٢-١ الخوارزميات الشاملة.....١٩
٢-٢-١-١ موازنة الحمل المركزية والشاملة والديناميكية.....١٩
٢-٢-١-٢ موازنة الحمل الموزعة والشاملة والديناميكية.....٢٠

٢-٢-٢ الخوارزميات المحلية.....٢٠
٢-٢-٢-١ موازنة الحمل المحلية والمركزية والديناميكية.....٢٠
٢-٢-٢-٢ موازنة الحمل المحلية والموزعة والديناميكية.....٢٠

٢-٢-٣ مقارنة بين الخوارزميات الشاملة والمحلية.....٢١

٢-٢-٤ مقارنة بين الخوارزميات المركزية والموزعة.....٢١

٢-٢-٥ خوارزمية موازنة الحمل غير المتجانسة.....٢١

٢-٢-٦ خوارزمية كوندور.....٢٤

٢-٢-٧ خوارزمية التشارك في الحمل غير المركزية.....٢٨

الفصل الثالث : الخوارزمية المركزية الديناميكية لموازنة حمل الأنظمة الموزعة وغير المتجانسة

٣-١ تمهيد.....٣١

٣-٢ أهمية إيجاد خوارزمية جديدة.....٣١

٣-٣ الخوارزمية المقترحة(الخوارزمية المركزية الديناميكية لموازنة حمل الأنظمة الموزعة وغير المتجانسة).....٣٢
٣-٣-١ آلية عمل الخوارزمية.....٣٢
٣-٣-٢ فرضيات الخوارزمية المقترحة.....٣٥

٣-٤ كيفية حل الخوارزمية المقترحة لبعض مشكلات الخوارزميات السابقة.....٣٥

الفصل الرابع : أداء الخوارزمية المقترحة و الإستنتاجات

٤-١ المحاكاة..... ٣٧
٤-١-١ مدخلات المحاكي الثابتة..... ٣٨
٤-١-٢ مدخلات المحاكي المتغيرة..... ٣٨

٤-٢ معايير الأداء..... ٣٨

٤-٣ تجارب تأثير الحمل..... ٣٩
٤-٣-١ تأثير الحمل على معدل زمن الإجابة..... ٣٩
٤-٣-٢ تأثير الحمل على معدل زمن الإنتظار..... ٤١
٤-٣-٣ تأثير الحمل على معدل طول طابور الإنتظار..... ٤٢

٤-٤ تجارب تأثير حجم النظام..... ٤٣
٤-٤-١ تأثير الحجم على معدل زمن الإجابة..... ٤٣
٤-٤-٢ تأثير الحجم على معدل طول طابور الإنتظار..... ٤٤
٤-٤-٣ تأثير الحجم على معدل زمن الإنتظار..... ٤٥

٤-٥ تجارب نسبة المهمات المنقولة أكثر من مرة..... ٤٦

٤-٦ تأثير المعامل F على معدل زمن الإجابة للخوارزمية المقترحة..... ٤٧

٤-٧ تأثير المعامل F على النقل الخاطئ للمهمات في الخوارزمية المقترحة..... ٤٨

٤-٨ العمل المستقبلي..... ٤٩

ملخص باللغة الإنجليزية..... ٥٠

المراجع..... ٥١

فهرس الجداول

جدول(٤-١):معدل زمن الإستجابة لأحمال مختلفة منسوبا إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل..... ٤٠

جدول(٤-٢) : معدل زمن الإستجابة لأحمال مختلفة..... ٤١

جدول(٤-٣) : معدل زمن الإنتظار لأحمال مختلفة منسوبا إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل..... ٤٢

جدول(٤-٤) : معدل طول طابور الإنتظار لأحمال مختلفة منسوبا إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل..... ٤٣

جدول(٤-٥) : معدل زمن الإنتظار لأعداد مختلفة من أجهزة النظام منسوبا إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل..... ٤٦

جدول (٤-٦) : معدل زمن الإستجابة لأحمال مختلفة (١٥% - ٩٥%) مع إستخدام قيم مختلفة للمعامل F ، عدد أجهزة النظام يساوي ٣٢ ..... ٤٨

جدول (٤-٧) : معدل المهمات المنقولة خطأ لأحمال مختلفة (٣٥% - ٩٥%) مع إستخدام قيم مختلفة للمعامل F ، عدد أجهزة النظام يساوي ٣٠..... ٤٩

فهرس الأشكال

الشكل (٢-١) : الحمل عند الوقت t1 ..... ٧
الشكل (٢-٢) : الحمل عند الوقت t2 ..... ٧
الشكل (٢-٣) : أثر تطبيق الطرق الثلاث على الحالة a ١٥
الشكل (٢-٤) : شبكة تمثل خوارزمية موازنة الحمل غير المتجانسة ٢٢
الشكل (٢-٥) : شبكة تمثل نظام كوندور ٢٥
الشكل (٢-٦) : عملية نقل المهمة في نظام كوندور ٢٧

الشكل (٣-١) : تحديد الأجهزة التي سوف يتم بينها موازنة للحمل ٣٣

الشكل (٤-١) : أثر تغير الحمل على معدل زمن الإستجابة المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حجم النظام يساوي ٣٢ جهازا ٤٠
الشكل (٤-٢) : أثر تغير الحمل على معدل زمن الإنتظار المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حجم النظام يساوي ٣٢ جهازا ٤١
الشكل (٤-٣) : أثر تغير الحمل على معدل طول طابور الإنتظار المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حجم النظام يساوي ٢٦ جهازا ٤٢
الشكل (٤-٤) : أثر تغير عدد أجهزة النظام على معدل زمن الإستجابة المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حمل النظام يساوي ٧٥% ٤٤
الشكل (٤-٥) : أثر تغير عدد أجهزة النظام على معدل طول طابور الإنتظار المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حمل النظام يساوي ٧٥% ٤٥
الشكل (٤-٦) : أثر تغير عدد أجهزة النظام على معدل زمن الإنتظار المنسوب إلى نتائج النظام بدون موازنة حمل ، حمل النظام يساوي ٧٥% ٤٥
الشكل (٤-٧) : نسبة المهمات المنقولة أكثر من مرة إلى العدد الكلي للمهمات المنقولة، عدد أجهزة النظام يتدرج من ٢٠ إلى ٣٢ ، حمل النظام يساوي ٩٥% ٤٦
الشكل (٤-٨) : معدل زمن الإستجابة لأحمال مختلفة (١٥% - ٩٥%) مع إستخدام قيم مختلفة للمعامل F . حجم النظام يساوي ٣٢ ..... ٤٧
الشكل (٤-٩) : معدل المهمات المنقولة خطأ لأحمال مختلفة (٣٥% - ٩٥%) مع إستخدام قيم مختلفة للمعامل F . حجم النظام يساوي ٣٠ ..... ٤٨

قائمة المصطلحات

Base-Threshold	أدنى حد
Distributed Real - Time Systems	أنظمة الوقت الحقيقي الموزعة
Communication	اتصال
Query	استعلام
Gradient	التدرج
Exponential Distribution	التوزيع الأسى
Locality of Computation	التوفر المحلي للبيانات
Mainframe	الحاسوب الكبير
Master-Slave	السيد و الخادم
Global Potential Energy	الطاقة الكامنة الشاملة
Transfer Process	العمليات الخاصة بالنقل
Placement Process	العمليات الخاصة بتعيين المكان المناسب
Destination Computer	المعالج المستقبل
Load Information Process	المهمة الخاصة ببيانات الحمل
Distributed Systems	النظم الموزعة
Hydrodynamic	الهيدروليكية الديناميكية
Diffusion	انتشار
Starter	بادئ
Broadcasting	بث
Daemons	برمجة خلفية
Data	بيانات
Work Transfer Calculation	تحديد الكميات التي يجب نقلها
Profitability Determination	تحديد حجم الفائدة
Host overloading	تحميل زائد للمعالج
Poisson Distribution	توزيع بواسون
Static	ثابت
Table of Global Allocation	جدول التعيين العام
State	حالة
Load State	حالة الحمل
Migrating State	حالة النقل
Threshold	حد
Checkpointing	حفظ حالة المهمة
Hops	خطوات
Underloaded	خفيف الحمل
Algorithm	خوارزمية
Dynamic	ديناميكية
Reschedule Message	رسالة إعادة الجدولة
Permission Message	رسالة الصلاحية

Draft	سحب
Passive	سلبي
Global	شامل
Shadow	ظل
Heavy	عالي
Heterogeneous	غير متجانس
Asynchronous	غير متزامن
Decentralized	غير مركزية
Active	فاعلة
Balancing Period	فترة الموازنة
Preferred List	قائمة الأفضلية
Runnable	قابل للتنفيذ
Diameter	قطر
Periodic	كل فترة زمنية
First In First Out	ما يصل أولا" ينفذ أولا"
Sender-Initiated	مبادرة المرسل
Receiver-Initiated	مبادرة المستقبل
Nearest - Neighbor Approach	مبدأ الجار الأقرب
Homogeneous	متجانس
Load Vector	متجه الحمل
Scalable	متطور الأداء
Cooperative	متعاون
Adaptive	متكيفة
Balanced	متوازن
Medium - Loaded	متوسط الحمل
Mean Response Time	متوسط زمن الإستجابة
Average Waiting Time	متوسط زمن الإنتظار
Average Transfer Rate	متوسط سرعة النقل
Average waiting Queue Length	متوسط طول طابور الإنتظار
Suspended	متوقف
Scheduler	مجدول
Collector	مجمع
Buddy Set	مجموعة الزملاء
Deterministically	محدد بشكل سابق
Overloaded	مرتفع الحمل
Load Information Center	مركز معلومات الحمل
Centralized	مركزية
Shared Bus	مسار مشترك
Level of Fairness	مستوى العدالة
O.S Kernel Level	مستوى نظام التشغيل
Resources	مصادر

Balancing Factor	معامل الموازنة
Average Load	معدل الحمل
Fully - Loaded	مكتمل الحمل
Task	مهمة
Single Point of Failure	يتعطل الجميع بتعطل المركز

ملخص

تهدف عملية موازنة الحمل إلى تحسين أداء النظام الموزع، وذلك عن طريق استغلال سرعة كامل أجهزة النظام، بهدف تخفيف الازدحام على الأجهزة، ويتم ذلك عن طريق نقل بعض الأحمال من الأجهزة المحملة أحمالا ثقيلة إلى أجهزة خفيفة الحمل.

إن أغلب الحلول المتوفرة لموازنة حمل الأنظمة الموزعة تفترض تجانس النظام، ولكن في الواقع العملي يمكن أن تكون الأنظمة غير متجانسة. يتصف النظام الموزع غير المتجانس في هذه الدراسة بأن المهمة يمكن تنفيذها على أي من أجهزة النظام، وأن الاختلاف بين الأجهزة يعود لاختلافها في السرعة.

يمكن لقرار موازنة الحمل على الأجهزة أن يكون ثابتا أو ديناميكيا. القرار الثابت يتم اتخاذه بمعزل عن الحالة الراهنة للنظام بينما يتم اتخاذ القرار الديناميكي اعتمادا على حالة النظام الحالية. عند استخدام القرار المركزي في موازنة الحمل يمكن للأجهزة ثقيلة الحمل أن تقوم بنقل بعض أحمالها إلى أجهزه خفيفة الحمل بناء على معلومات تم جمعها في المركز عن حالة النظام الراهنة .

يتم في هذه الدراسة اقتراح خوارزمية مركزية ديناميكية لموازنة الحمل. تستخدم الخوارزمية مبدأ السيد و الخادم (Master-Slave) حيث يقوم السيد بمهام المدير لموازنة حمل أجهزة النظام، بينما يقوم الخادم بدور البديل للمدير. ويكون عمل الخوارزمية كما يلي:

١. ترتيب أجهزة النظام ترتيبا تصاعديا بناء على أحمالها.
٢. اختيار المعامل F الذي يحدد عدد الأجهزة K المسموح لها بالاشتراك في موازنة الحمل. ويتم حساب هذا الرقم بناء على المعادلة التالية: $K = (n/F)$ حيث أن n تمثل عدد أجهزة كامل النظام.
٣. تتم موازنة الحمل بين الأجهزة عن طريق اختيار المعالج الأكثر حملا ليوازن حمله مع المعالج الأقل حملا حسب الترتيب التصاعدي وكذلك الجهاز الثاني من أعلى الترتيب حسب الحمل مع الثاني من اسفل الترتيب وهكذا.
٤. يقوم الجهاز المركزي بتحديد عدد المهمات التي يجب نقلها بين الجهازين بناء على حمليهما.

تم اختيار خوارزميتين معروفتين هما خوارزمية كوندور و خوارزمية موازنة الحمل غير المتجانسة. وتمت دراستها ومقارنة أدائها مع أداء الخوارزمية المقترحة و حالة عدم وجود موازنة للحمل. تبين نتائج المحاكاة تفوق أداء الخوارزمية المقترحة على الخوارزميات الأخرى.

الفصل الأول

المقدمة

١-١ النظم الموزعة (Distributed Systems)

يعرف النظام الموزع بأنه مجموعة من الحواسيب المستقلة والموزعة جغرافيا والتي تظهر للمستخدم كنظام حاسوبي واحد، وتكون الحواسيب موصولة معا عن طريق شبكة.

من أهم أهداف النظم الحاسوبية الموزعة تحسين أداء البرامج. وتسعى لتنفيذ البرامج بسرعة أعلى مع تكلفة افضل من التنفيذ على حاسوب واحد. ويكون المجال متاحا أمام البرامج في أن تنفذ على أي من معالجات النظام. بالاضافه إلى أنه يمكن لأكثر من معالج التشارك في تنفيذ البرنامج الواحد.

إن أعلى سرعة من الممكن لحاسوب بمعالج واحد الوصول إليها هي سرعة الإلكترونات، وبجعل أكثر من معالج تتشارك في تنفيذ نفس البرنامج يمكن لنا أن نجتاز الحد الطبيعي لسرعة الإلكترونات الكهربائية (Tanenbaum , 1995).

ومن حسنات النظم الموزعة أيضا أنها توفر الوثوقية حيث يمكن للبرامج الاستمرار في التنفيذ إذا تعطل جزء من الحواسيب التي تستخدمها. كما تتمتع النظم الموزعة بالمرونة، إذ يمكن التحكم بالقدر المطلوب من الأداء والسرعة بإضافة فقط ما نحتاجه من أجهزه، وليس كما في الحواسيب الكبيرة (Mainframes) حيث أنه إذا أصبح النظام عاجزا عن تلبية كل الإحتياجات يكون هناك خياران وهما إما تبديل النظام كاملا أو شراء نظام كامل أخر يعمل جنبا إلى جنب مع النظام القديم، وهذا يعني دفع تكلفة لنظام قد لا نستغله بأكمله.

إن طبيعة حياة البشر فيها توزيع فلا يمكن جمع كل الناس في مكان واحد، وباستخدام النظام الموزع يمكن لهؤلاء الناس أن يبقوا في أماكنهم وأن يتشاركوا في تنفيذ البرمجيات وإنجاز المهمات بالإضافة إلى إمكانية إجراء عمليات الاتصال فيما بينهم.

يجب أن يظهر النظام الموزع للمستخدمين كنظام واحد، ويضع هذا المفهوم الكثير من المبادئ التي يجب الالتزام بها مثل الشفافية، و التي تتضمن شفافية الموقع وتعني أن المستخدم يجب أن لا يكون معنيا بمعرفة مواقع المصادر(Resources)، وشفافية النقل وتعني أن نقل المصادر يجب أن لا يؤثر على سير البرامج والعمليات، و شفافية التكرار وتعني أن المستخدم يجب أن لا يضطر لمعرفة أن هناك أكثر من نسخه لمصدر ما، وشفافية التداخل وتعني أن

النتائج للعمليات حتى لو كانت متداخلة يجب أن تكون كما لو كانت قد نفذت بشكل متسلسل، وشفافية التوازي وتعني أن المستخدم يجب أن لا يرى أو يدير التوازي، ويجب أن يكون النظام متطور الأداء (Scalable) أي أن أدائه يتحسن بزيادة عدد الحواسيب المستخدمة (Tanenbaum 1995).

١-٢ موازنة الحمل (Load Balancing)

يمكن تعريف موازنة الحمل بأنه تحميل أو نقل المهمات (Tasks) بين حواسيب النظام الموزع بشكل ينتج عنه تقريبا عددا متساويا من المهمات على كل حاسوب (Jerrell et al., 1998).

تحتوي خوارزمية موازنة الحمل على ثلاث أنواع من العمليات (Mourad, 1994) :

- العمليات الخاصة ببيانات الحمل (Load Information Process): وهي تعنى بتحديد ما يشكل حملا على المعالجات وبكيفية تبادل المعلومات بين المعالجات حول هذه الأحمال. وهناك طرق عدة لتبادل المعلومات ومنها على سبيل المثال طريقة البث(Broadcasting).
- العمليات الخاصة بالنقل (Transfer Process): وهي تحدد ما إذا كانت المهمة سوف يتم تنفيذها محليا أو في مكان آخر.
- العمليات الخاصة بتعيين المكان المناسب (Placement Process): وهي تعنى بايجاد الطريقة المناسبة لتحديد المكان البعيد المناسب لتنفيذ المهمة.

ويمكن لخوارزميات موازنة الحمل أن تكون ديناميكية (Dynamic) أو ثابتة (Static) (AL_Dahoud ,1996).

١-٢-١ خوارزميات موازنة الحمل الثابتة (Static Load Balancing Algorithms) :

وهذا النوع من الخوارزميات يعمل على إيجاد أماكن مناسبة لتنفيذ المهمات قبل البدء بالتنفيذ. بحيث يكون قرار النقل لهذه المهمات محددا بشكل سابق (Deterministically) . ويبنى هذا التحديد المسبق على افتراض التوزيع الأفضل الذي يؤدي إلى أداء أفضل. ولا تأخذ هذه الطريقة بعين الاعتبار الحالة الراهنة للنظام والتغيرات الحالية التي تحصل عليها مثل زيادة ونقصان عدد المهمات على أجهزة النظام.

١-٢-٢ خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية (Dynamic Load Balancing Algorithms):

وهي خوارزميات تقوم بموازنة الحمل وتوزيعه على النظام بشكل ديناميكي. وهذا النوع من الخوارزميات يسمح للمهمة أن تنتقل حتى بعد أن تكون قد بدأت بالتنفيذ، ويمكن نقل المهمة أيضا بعد استحداثها مباشرة. و الهدف من النقل هو الوصول إلى أداء افضل للنظام بأكمله. إن الخوارزميات الديناميكية تأخذ بعين الاعتبار التغيرات الحالية للنظام مثل زيادة ونقصان عدد المهمات على الأجهزة.

ويمكن بناء الخوارزميات الديناميكية من خمسة أجزاء (Jerrell et al. , 1998) :

- تقييم الحمل (Load Evaluation) : يجب أن تتوفر طريقة لتقييم الحمل وذلك بهدف تحديد وجود سوء في التوزيع أو عدمه.
- تحديد حجم الفائدة (Profitability Determination) : إذا تم الإقرار بان الأحمال غير موزعة بشكل جيد يتم تحديد تكلفة موازنة الحمل، فإذا كانت تكلفتها أقل من التكلفة الناتجة عن عدم التوازن في الحمل تتم موازنة الحمل.
- تحديد الكميات التي يجب نقلها (Work Transfer Calculation) : و يهدف ذلك الى تحديد الكميات التي يجب نقلها لينتج نظام متزن الحمل.
- اختيار المهمات (Tasks Selection) : وهنا يتم اختيار المهمات التي يجب نقلها اعتمادا على أحجامها إضافة إلى مدى حاجتها للاتصال (Communication) بمهمات أخرى، ويهدف الاختيار إلى التقليل من عمليات الاتصال البعيدة.
- نقل المهمات (Tasks Migration) : يتم في هذه الخطوة نقل المهمات التي تم تحديدها مع التأكد من سلامة الحالة العامة للنظام بعد النقل لضمان صحة الخوارزمية.

ويمكن أن تكون الخوارزميات الديناميكية على عدة أشكال منها :

١-٢-٢-١ خوارزميات موازنة الحمل الموزعة وغير الموزعة (Distributed and Nondistributed Load Balancing) :

تكون خوارزمية موازنة الحمل غير موزعة عندما تكون المعلومات عن حالة النظام مجموعة في مكان وأحد مسؤول عن اتخاذ القرار (بشكل مركزي) للنظام بأكمله، بحيث أن أية مهمة لا يتم نقلها إلا بقرار من هذا المركز. أما في الخوارزميات الموزعة فتكون المعلومات

عن حالة النظام موزعة على الحواسيب و يتشارك الجميع في اتخاذ القرارات (Xiaotie et al. 1997) .

١-٢-٢-٢ خوارزميات متعاونة وغير متعاونة (Cooperative and Non-Cooperative Algorithms):

تكون الخوارزمية غير متعاونة إذا كان القرار يتخذ في كل معالج بشكل مستقل عن باقي المعالجات، أي أن المعالج ينظر فقط لحالته المحلية ويتخذ قراره على أساسها. أما الخوارزميات المتعاونة فتقوم على أساس أن المعالجات تتشارك في معلومات الحمل وتتعاون لتحقيق هدف وأحد لمصلحة النظام بأكمله (Al_Dahoud , 1996).

١-٢-٢-٣ الخوارزميات المتكيفة (Adaptive Algorithms):

وهي خوارزميات تبنى قراراتها بناء على الحالة الراهنة للشبكة بالإضافة إلى الحالة السابقة، أي أنها تتعلم من تجارب الماضي (Al_Dahoud. 1996).

١-٢-٢-٤ الاستراتيجيات السلبية (Passive Strategies):

وتسمى أيضا استراتيجية مبادرة المستقبل (Receiver_Initiated Strategy)، وهنا تقوم المعالجات التي ليس لديها عمل (Idle) بطلب أحمال من جيرانها. وتوجد عدة طرق للقيام بذلك تختلف من حيث عدد المهام التي يمكن أخذها وعدد الجيران الذين يمكن سؤالهم عن مهام.

هناك طريقتان يمكن اتباعهما للرد على المعالج الذي طلب المهمة في حالة عدم توفر مهام لبعثها. في الطريقة الأولى يحتفظ بالطلب وعند توفر مهام تبعث. وهذه الطريقة صالحة فقط في حالة الطلب من كل الجيران في نفس الوقت، ولا تصلح إذا كان الطلب لبعض الجيران لأن صاحب الطلب لن يعرف متى سيسمح له بأن يطلب مهاما من الجيران الآخرين. إن من عيوب الطلب من مجموعة من الجيران أو كلهم إمكانية بعث مهام أكثر من العدد الذي يحتاجه المعالج الطالب.

والطريقة الثانية هي أن يرد المعالج برسالة تفيد بأنه لا توجد لديه مهام. وإذا كانت جميع المعالجات قد ردت بهذا الشكل فيجب الانتظار فترة زمنية قبل بعث طلبات جديدة.

إن من حسنات الاستراتيجيات السلبية انعدام أو وجود القليل من التكلفة عندما تكون لدى كل المعالجات مهام. بالإضافة إلى ذلك فان عملية موازنة الحمل تقوم بها المعالجات التي ليس لديها مهام. (Kai et al. ,1989) (Anna, 1989) (Herbert et al., 1990).

١-٢-٢-٥ الاستراتيجيات الفاعلة (Active Strategies):

وتسمى أيضا استراتيجية مبادرة المرسل (Sender-Initiated Strategy)، وهنا تتم عملية توزيع الأحمال الزائدة بواسطة المعالج صاحب الحمل الزائد. ويتم تحديد المعالج الذي سوف يأخذ الحمل على أساس الأحمال الموجودة عند الجيران. وهناك عامل آخر غير حجم الحمل وهو وجود بيانات تخص المهمة المراد نقلها، وهذا يؤدي إلى تفضيل نقل المهمة إلى معالج توجد لديه بيانات تخص هذه المهمة، مما يقلل من عملية بعث الرسائل. إن عملية التحديد هذه تتطلب أن يكون لدى كل معالج معلومات عن البيانات الموجودة لدى الجيران.

من عيوب هذه الطريقة أن المعالج الذي ليس لديه عمل يبقى في حالة انتظار إلى أن يأتيه عمل من المعالجات الأخرى، بالإضافة إلى ذلك فان المعالجات ذات الأحمال الثقيلة هي التي تتحمل عبء توزيع الحمل. ومن حسناتها أن المعالج الذي ليس لديه عمل لا يقوم بمقاطعة المعالج صاحب الحمل الثقيل لكي يأخذ منه حمل و لا يسبب له تأخيرا وتعطيلا (Herbert et al., 1990), (Anna, 1989), (Kai et al., 1989).

١-٢-٢-٦ الاستراتيجيات المختلطة (Mixed Strategies):

وهي تعمل على الجمع بين الطريقتين السلبية والفاعلة، بحيث أن المعالجات التي ليس لديها أحمال تقوم بطلب أحمال من المعالجات التي لديها أحمال ثقيلة، و تقوم المعالجات التي لديها أحمال ثقيلة بالبحث عن المعالجات التي ليس لديها أحمال لكي تعطيها مهمات. تحتاج هذه الطريقة إلى تبادل بيانات الحمل بين المعالجات مما يؤدي إلى زيادة في التكلفة تنتج عن تبادل الرسائل (Herbert et al., 1990).

الفصل الثاني

الدراسات السابقة حول خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية للأنظمة الموزعة

لقد كان هناك العديد من الدراسات السابقة التي بحثت موضوع خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية للأنظمة الموزعة. ويمكن تقسيم هذه الخوارزميات إلى خوارزميات تفترض أن المعالجات في النظام الموزع متجانسة (Homogeneous) و خوارزميات تفترض أنها غير متجانسة (Heterogeneous).

٢-١ خوارزميات النظم المتجانسة (Algorithms for Homogeneous Systems)

يفترض في هذه الخوارزميات أن معالجات النظام الموزع متماثلة في الأداء. أي أن أداء المهمة لا يختلف باختلاف المعالج المنفذ لها.

٢-١-١ خوارزمية الخطط الشاملة اللامركزية (Decentralized Global Plans (DGP)) : (Mourad, 1994)

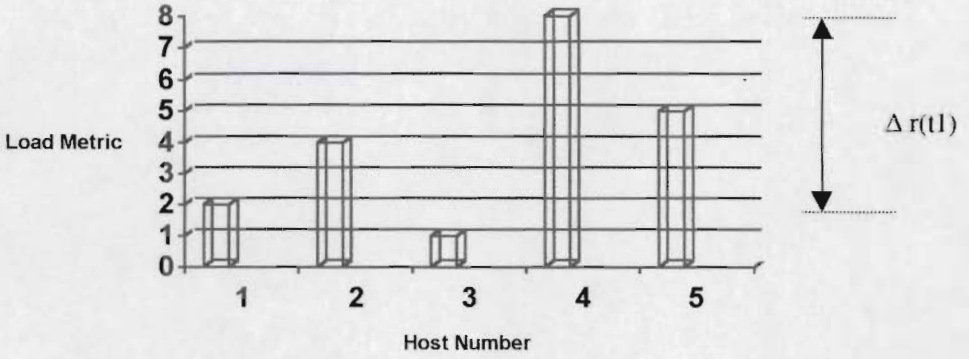
في هذه الخوارزمية يحتوي كل معالج على مجدول(Scheduler)، وتتعاون المجدولات فيما بينها بتبادل بيانات الحمل باستخدام البث الشامل، والذي تكرره كل فترة زمنية (Periodic Broadcasting Policy).

تعمل الخوارزمية على بناء قائمة (Table) تحتوي تقسيما للأعمال بين المعالجات، وتهدف لجعل الفرق بين أعلى حمل وأقل حمل لا يزيد عن قيمة محددة Δ. تستخدم الخوارزمية طول طابور المهام (Queue Length) على كل معالج كمقياس لحجم الحمل عليه.

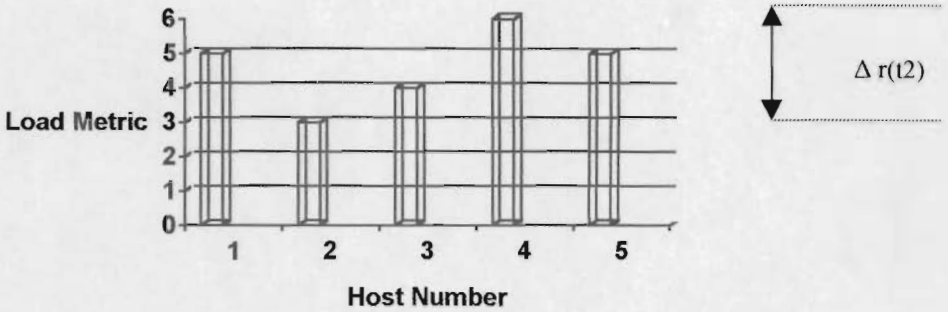
تكون Δ r(t) هي الفرق بين أعلى حمل وأقل حمل عند الزمن t ، ويكون النظام متوازن الحمل (Balanced) في الزمن t إذا كان Δ r(t) <= Δ . وكلما صغرت قيمة Δ المحددة مسبقا كلما أصبح النظام أكثر اتزانا وكلما كبرت أصبح النظام أقل اتزانا.

ولتوضيح الفكرة فهذا مثال:

نفترض أن هناك شبكه مكونه من خمسة معالجات وقد تم أخذ حالة الشبكة في زمنيين t1, t2 كما هو موضح في الشكلين التاليين :



الشكل (٢-١) : الحمل عند الوقت t١



الشكل (٢-٢):الحمل عند الوقت t٢

تبين الأشكال الأحمال الخاصة بكل معالج في الزمن المحدد الذي تم عنده أخذ حاله النظام. على فرض أن Δ=٣ فان الشكل (٢-١) لا يعتبر متوازن الحمل (Unbalanced State).

وذلك لأن Δ r(t1) = 8 - 1 = 7 , مما يعني أن Δ < Δ r(t1) أما في الشكل (٢-٢) فان Δ r(t2)=3 وهذا يعني أن Δ => Δ r(t2) و يعتبر النظام متوازنا.

تتكون الخوارزمية من أربعة عناصر أساسية:

١-مجموعة مدخلات للأحمال $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ حيث تمثل x_i الحمل على المعالج i و n عدد المعالجات في النظام.

٢-السقف الذي يضم كل الأحمال Δ يجب أن يزيد عن واحد لأنه إذا كان يساوي صفرا أو وأحدا فيمكن أن يؤدي ذلك إلى دوران لا نهائي. و Δ تمثل المجال الذي تسعى الخوارزمية لجعل كل الأحمال ضمنه.

٣-مجموعة مخرجات للأحمال $Y = (y_1, y_2, \ldots, y_n)$ بحيث أنه $\max_{i\,1}^{n} y_i - \min_{i\,1}^{n} y_i \langle \Delta$

وتكون فيها yi هي الحمل الجديد للمعالج i بعد تنفيذ قائمة التعيين (Table of Global Allocation)، وتمثل Y متجه الأحمال الناتج عن تنفيذ الخوارزمية على المتجه X.

٤-القائمة التي تحتوي على التعيين والنقل والتوزيع للمهام وهي T= (p ,q , r) بحيث أنها تمثل ما يلي: يتم نقل ما يعادل p من الأحمال من المعالج q إلى المعالج r .

تعمل الخوارزمية على تحديد مجموعة الأحمال $y_i \ (i=1,..,n)$ والتي يجب أن تكون ضمن المجال Δ وذلك بناء على مجموعة المدخلات x_i . تتم العملية عن طريق نقل الأحمال من المعالج صاحب أعلى حمل إلى المعالج صاحب أقل حمل وبعدها يتم إعادة الكرة والبحث عن أعلى حمل وأقل حمل ونقل أحمال من الأعلى إلى الأقل، وتستمر العملية إلى أن يصبح الفرق بين أعلى حمل وأقل حمل لا يزيد عن Δ ، وعندها تعتبر الخوارزمية أن النظام متوازن من حيث الحمل. متغيرات الخوارزمية ونصها كما يلي:

n : عدد المعالجات في الشبكة.

X : مجموعة المدخلات للأحمال (تحمل عن طريق (Load Information Process)).

Y :مجموعة المخرجات للأحمال.

T :القائمة التي تحدد التنقلات والتعيينات (في البداية تكون فارغة).

Yk: تعني الحمل الخاص بالمعالج k حيث أن (1 <= k <= n).

l :تمثل المعالج الذي لديه أقل حمل(1 <= l <= n).

h : تمثل المعالج الذي لديه أعلى حمل (1 <= h <= n).

Y= X

Compute l , h ;

While $(y_h - y_l \geq \Delta)$ {

Search in T for an entry that matches the Triple (p , h , l) ,for any p.

If (search is successful) then

Increment triple by 1 : $(p+1 , h , l)$

else

Insert new entry $(1 , h , l)$

Decrement y_h ; Increment y_l ;

Compute l , h ;

}

لقد تم إجراء محاكاة لهذه الخوارزمية، وتبين النتائج أوقات الإجابة (Response Time) جيدة. وأيضا تبين النتائج أنه بتقليل قيمة Δ تزداد عمليات نقل المهام والعكس أيضا مع زيادة قيمة Δ يتناقص عدد العمليات المطلوبة لنقل المهام.

كما تبين أنه بتنقيص فترة التعيين (Scheduling Period) يتم الحصول على أفضل النتائج وذلك يعود للسرعة العالية في تنفيذ الخوارزمية.

٢-١-٢ خوارزميات الحدود (Threshold) والأقصر (Shortest)(Dasgupta et al., 1997) :

وهما خوارزميتان متشابهتان وتعتمدان على مبدأ الباعث هو الذي يبدأ.

آلية عمل خوارزمية الحدود :

١-يقوم المعالج بإيجاد مهمة قابلة للتنفيذ في مكان بعيد.

٢-إذا كانت هناك مهمة قابلة للإرسال والتنفيذ في مكان آخر تقوم الخوارزمية باختيار مجموعة من المعالجات بشكل عشوائي وتبدأ بالتخاطب معها بهدف إيجاد معالج من بينها قادر على استقبال هذه المهمة لا يتجاوز عدد المعالجات التي يتم اختيارها حدا معينا Lp .

٣-الإجابات القادمة من المعالجات تحتوي الحمل الحالي لها $Ti\ (i = 1, \ldots, Lp)$.

تقوم الخوارزمية بمقارنة هذه الأحمال $Ti\ (i = 1, \ldots, Lp)$ مع الحد Tt.

٤-إذا كان هناك معالجات لها الصفة ($Ti \langle Tt$) تنقل المهمة إلى أول معالج يحقق هذا الشرط. أما إذا لم يحقق أي معالج هذا الشرط تنفذ المهمة محليا.

آلية عمل خوارزمية الأقصر:

وتقوم خوارزمية الأقصر بآلية مشابهة لآلية خوارزمية الحدود بحيث يتم اختيار المعالجات حسب العدد Lp وبشكل عشوائي، وبعدها تبدأ بالنظر إليها واحدا تلو الآخر لتحديد طول الطابور. يتم بعث المهمة للمعالج صاحب اقصر طابور بشرط أن يكون هذا الطابور له طول اقصر من الحد. وإذا كان الطول مساوي أو أكبر للحد فعندها يتم تنفيذ المهمة محليا.

من عيوب هذه الطرق أنه من الممكن أن تؤدي إلى حمل مرتفع عند المعالج إذا لم يجد معالجا مناسبا من بين المعالجات التي اختارها عشوائيا. أيضا لا يتم البحث في كل الحواسيب المتوفرة بل يقتصر البحث على جزء منها.

٢-١-٣ الخوارزمية المركزية (Central Algorithm)(Dasgupta et al. , 1997) :

وتعتمد الخوارزمية على أن يكون هناك معالج معين يختص بالحصول على معلومات عن حمل النظام بأكمله ويسمى مركز معلومات الحمل (Load Information Center) ويختصر بالأحرف التالية (LIC).

ويقوم هذا المركز باستقبال معلومات عن حمل جميع المعالجات الأخرى كل عدد من الثواني يساوي p ، و يتخذ المركز بناء على هذه المعلومات القرار المناسب. أي أن قرار موازنة الحمل مركزي.

آلية عمل الخوارزمية:

١-يقوم المعالج بالبحث عن مهمة لديه يكون من الأفضل نقلها وتنفذها في مكان آخر. وإذا وجدت هذه المهمة يقوم المعالج ببعث طلب إلى المركز (LIC) مرفقا معه طول الطابور كمقياس لحمله.

٢-عندما يستقبل المركز (LIC) الطلب فأنه :

أ-يقوم باختيار المعالج صاحب الطابور الأقصر ليكون مستقبلا ومنفذا للمهمة.

ب-يقوم بإعلام المعالج الذي بعث الطلب بمكان المعالج الذي من المفترض أن يستقبل الطلب (Destination Computer).

جـ-يزيد عدد المهمات للمعالج المستقبل بمقدار وأحد وهذه الزيادة تكون في قاعدة البيانات التي يحتفظ بها عن كل معالج والتي يتم تحديثها كل عدد من الثواني يساوي P .

٣-يقوم المعالج صاحب المهمة ببعث هذه المهمة للمعالج الذي سوف ينفذها.

تفترض الخوارزمية معرفة المركز (LIC) بأحمال كل المعالجات في النظام ولكن بفارق وقت بسيط لأن التحديث لهذه البيانات يتم كل عدد من الثواني يساوي (P) . إن نتائج المحاكاة التي أجريت أثبتت أن هذه الخوارزمية تعطي أفضل وقت إجابة من سبع خوارزميات أخرى.

عيوب هذه الخوارزمية:

إن من عيوب هذه الخوارزمية إنها تتعطل بتعطيل المركز (LIC) . وكذلك يكون هناك ازدحام على المركز بعد كل عدد من الثواني يساوي P وهو الوقت الذي يتم عنده بعث البيانات المحدثة من كل المعالجات إلى المركز (LIC).

٢-١-٤ الخوارزمية الموزعة (Distributed Algorithm):

يقوم كل معالج ببث معلومات لكل المعالجات الأخرى عن الحمل الذي لديه، ويتم ذلك كل فترة زمنية معينة مقدارها P . وبهذا الشكل يكون متوفرا عند كل معالج معلومات عن أحمال باقي المعالجات على شكل متجه حمل (Load Vector), ويتم تمثيل الحمل بطول الطابور.

إذا كان الحمل الموجود على المعالج مساو للحمل الذي تم بعث معلومات عنه في آخر عملية بث عندها لا يتم البعث عند زمن P الحالي. بهذا الشكل تبقى المعلومات عن هذا المعالج لدى جميع المعالجات الأخرى كما هي.

يقوم كل معالج بالبحث في المتجه الذي لدية عن أقل حمل، ثم يقوم بمقارنة هذا الحمل بحمله، فإذا كان الفرق يزيد أو يساوي Δ فانه يقوم ببعث إحدى مهامه إلى ذلك المعالج. وإذا كان لأكثر من معالج الحمل الأقل يتم اختيار أحدها عشوائيا.

وتعتمد قيمة Δ على نوع الحمل، وأثبتت الدراسة أن القيمة واحد هي الأفضل في اغلب الأحيان.

نظرا لأن هذه الخوارزمية موزعة فإنها لا تتعطل بتعطل أحد المعالجات. ولكن من عيوبها التكلفة الإضافية على كل معالج من جراء إرسال واستقبال الرسائل من وإلى جميع المعالجات الأخرى كل فترة زمنية مقدارها P . وتزداد هذه التكلفة مع زيادة حجم الشبكة. ويمكن أن ينتج عن الخوارزمية تحميل زائد لمعالج ما (Host overloading) (Al_Dahoud, 1996).

٢-١-٥ طريقة التدرج (Gradient Method) :-

وهي طريقة لتوزيع الحمل يكون فيها حمل كل معالج خاضعا لإحدى التصنيفات التالية، فإما أن يكون خفيفا (Light) أو معتدلا (Moderate) أو عاليا (Heavy) وذلك إذا كان لدى المعالج عددا قليلا أو معقولا أو كبيرا من المهمات.

يقوم كل معالج بإخبار كل المعالجات المجاورة له في كل مرة يتغير الحمل الذي لديه. ويقوم المعالج صاحب الحمل الثقيل باختيار أحد جيرانه لكي يبعث له مهمة من مهامه ويختار الجار صاحب الحمل الأقل.