



البرمجة التفرعية

Parallel Programming

Dr.-Eng. Samer Sulaiman

2023-2024

- مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية
 - مفاهيم أساسية
 - الإجراءات والمقابلة
 - تقنيات التقسيم
- البرمجيات الداعمة للبرمجة التفرعية
 - المعتمدة على الذاكرة المشتركة
 - المعتمدة على تمرير الرسائل
- تحليل الأداء Performance Analysis

- أساسيات البرمجة التفرعية
 - مقدمة
 - معامل التسريع
 - أنواع الأنظمة المتعددة المعالجات والبرمجيات الداعمة لها
 - موازنة الأعباء وتحمل الخلل
 - تطبيقات البرمجة التفرعية
 - أشكال معالجة المعطيات على التوازي
- الحواسيب التفرعية
 - تصنيف فلاين Flynn's Classification Scheme
 - شبكات الربط الداخلية Interconnection Networks

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• التقسيم الاستكشافي (Exploratory Decomposition)

- يستخدم لغرض تقسيم المسائل التي تتوافق حساباتها ضمنيا مع البحث عن فضاء للحلول.
- يتم تقسيم مساحة البحث إلى أجزاء صغيرة
- ويتم البحث في كل الأجزاء بشكل متزامن إلى أن يتم إيجاد الحل المطلوب.
- مثال: مسألة أحجية المربع (15 Puzzle)

- تتكون هذه المسألة من 15 مربع مرقمة من 1 إلى 15 بالإضافة إلى مساحة فارغة تكفي لمربع واحد
- تم وضع هذه المربعات على شكل شبكة مربعة أبعادها 4X4 والتي يمكن تحريك أي مربع إلى المربع الفارغ فقط
- وعليه فإنه يمكن أن يكون هناك حتى أربع حركات ممكنة للأعلى والأسفل واليمين واليسار
- الهدف هو تحديد أي تتابع أو أقصر تتابع للحركات يؤدي إلى التحول من ترتيب أولي إلى ترتيب النهائي
- إذا افترضنا a هو الترتيب الأولي و b هو الترتيب النهائي فيكون لدينا التحركات التالية:

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(a)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(b)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(c)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(d)

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• التقسيم الاستكشافي (Exploratory Decomposition)

• مثال: مسألة أحجية المربع (15 Puzzle)

- يمكن حل مسألة أحجية المربع باستخدام تقنيات شجرة البحث.
- بدءًا من الترتيب الأول تكون جميع الترتيبات المتفرعة الممكنة قد أنتجت.
- يمكن أن يكون لدى الترتيب 2 أو 3 أو 4 ترتيبات وريثة أخرى، كل واحد منها يحتل الحيز الفارغ المجاور له.
- مهمة إيجاد مسار من الترتيب الأولي إلى الأخير تتحول الآن إلى عملية البحث عن مسار من واحد من هذه الترتيبات الجديدة الناشئة إلى الترتيب النهائي.
- يمكن أن يكون واحد من هذه الترتيبات الجديدة الناشئة يجب أن يكون على بعد تحريكة واحدة من الحل، فهذا يعني أنه تم تحقيق تقدما ناحية إيجاد الحل.
- إحدى الطرق لحل هذه المسألة بالتوازي هي كما يلي:
- أولاً: عمل مستويات قليلة من الترتيبات بشكل تسلسلي بدءًا من الترتيب الأول حتى يكون لدى شجرة البحث عدد كاف من العقد.
- ثانيًا: نبدأ بإسناد كل عقدة لمهمة وذلك لعمل استطلاع آخر حتى تصل أحد المهام إلى الحل.
- بمجرد وصول أحد المهام المتزامنة إلى الحل فإنه يمكن أن تخبر البقية لإيقاف البحث.

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



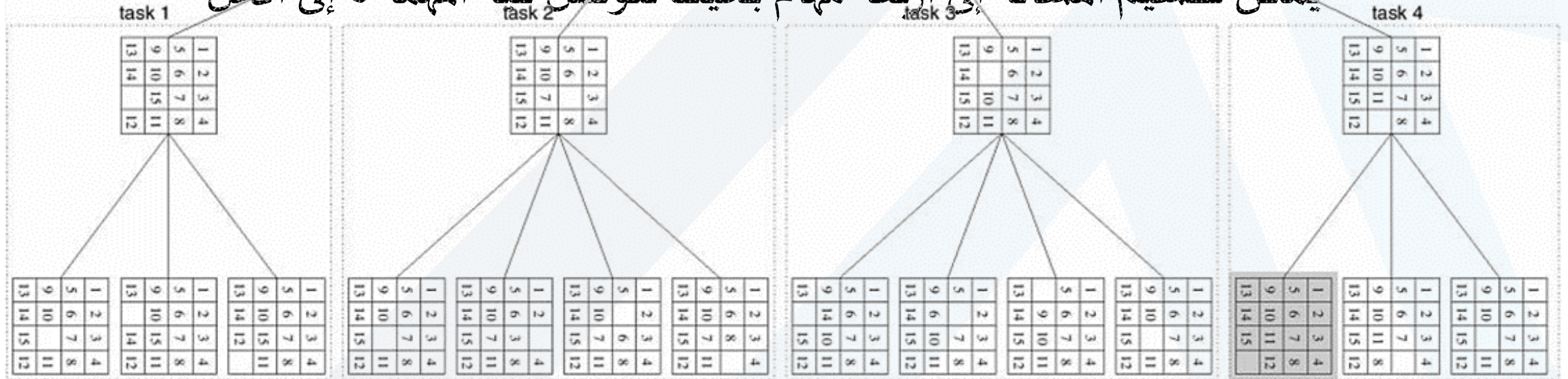
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	12

• تقنيات التقسيم:

• التقسيم الاستكشافي (Exploratory Decomposition)

• مثال: مسألة أحجية المربع (15 Puzzle)

• يمكن تقسيم المسألة إلى أربعة مهام بحيث تتوصل فيه المهمة 4 إلى الحل



مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية

• تقنيات التقسيم:

• التقسيم الاستكشافي (Exploratory Decomposition)

• مثال: مسألة أحجية المربع (15 Puzzle)

• يمكن للتقسيم الاستكشافي أن يبدو وكأنه مشابه لتقسيم البيانات

• يمكن النظر إلى مساحة البحث على أنها البيانات التي تم تقسيمها

• الاختلاف بين التقسيمين:



سلبية.

• لذ

• وم

• المتوازية
• مهام 1 و 2.
• المتوازي بعمل

مجموع العمل التسلسلي: $2m+1$
مجموع العمل المتوازي: 1

مجموع العمل التسلسلي: m
مجموع العمل المتوازي: $4m$

(a)

(b)

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• .التقسيم التخميني (Speculative Decomposition)

• يستخدم في البرامج التي قد تأخذ تفرع واحد من بين عدة تفرعات حسابية اعتمادا على نتائج لعمليات حسابية سابقة.

• في هذه الحالة، فإنه أثناء تنفيذ أحد المهام لعملية حسابية لها ناتج يستعمل في عملية حسابية لاحقة، فيمكن لمهام أخرى أن تبدأ الحساب للمرحلة القادمة بشكل متزامن.

• يتشابه هذا السيناريو مع عملية تقييم (أو اختبار) واحد أو أكثر من التفرعات الخاصة بعبارة switch في لغة ال C بشكل متزامن وذلك قبل أن يكون الدخل لعبارة switch جاهزا.

• في أثناء تنفيذ أحد المهام للعملية الحسابية التي ستحل switch فمهام أخرى يمكن أن تلتقط التفرعات المتعددة لعبارة switch بالتوازي.

• عند الانتهاء من حساب الدخل لعبارة switch سيتم استخدام التفرع الصحيح بينما يتم إهمال التفرعات الأخرى.

• إن زمن التشغيل المتوازي أقل منه في التسلسلي بمقدار الزمن اللازم لتقييم الشرط الذي تعتمد عليه المهمة القادمة بسبب أن هذا الزمن يمكن الاستفادة منه لأداء حسابات مفيدة للمرحلة التالية بالتوازي.

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• . التقسيم التخميني (Speculative Decomposition)

- إن صيغة التوازي لعبارة switch تؤدي لبعض الهدر في الحساب.
- ومن أجل إقلال هذا الهدر في الحساب فإنه يمكن استعمال صيغة معدلة قليلا من التقسيم التخميني وخصوصا في الأوضاع التي يكون فيها أحد النتائج أكثر احتمالا من النتائج الأخرى.
- في هذه الحالة سيتم أخذ التفرع الأكثر احتمالا بالتوازي مع العملية الحسابية السابقة.
- في حال كانت النتائج مختلفة عن المتوقع فإن العملية الحسابية تترد للوراء ويتم اختيار التفرع الصحيح.
- التسريع الذي يمكن أن ينتج عن التقسيم التخميني يمكن أن يكون كبيرا إذا كان هنالك مراحل تخمينية متعددة.
- وكمثال لتطبيق يكون فيه التقسيم التخميني نافعا : محاكاة الحدث المتقطع

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• . التقسيم التخميني (Speculative Decomposition)

• الاختلاف بين التقسيم التخميني والتقسيم الاستكشافي :

• - في التقسيم التخميني يكون مدخل الفرع الذي يؤدي إلى عدة مهام متوازية غير معروف، بينما في التقسيم الاستكشافي يكون مخرج المهام الناتج من الفرع غير معروف.

• في التقسيم التخميني تؤدي الخوارزمية التسلسلية مهمة واحدة محددة في مرحلة التخمين لأنها عندما تصل بداية المرحلة فإنها تعرف بالضبط ما الفرع الذي تأخذه.

• وبالمبادرة بحساب إمكانيات التضاعف التي يتحقق واحد منها فقط ، والبرنامج المتوازي المستخدم للتقسيم التخميني يؤدي عمل واحد مجمل أكثر من نظرية المسلسل

• حتى لو تم استكشاف أحد الإمكانيات بالتخمين فإن الخوارزمية المتوازية يمكن أن تؤدي قدرًا أكبر أو نفس القدر من العمل من الخوارزمية التسلسلية

• من ناحية أخرى ففي التقسيم الاستكشافي يمكن للخوارزمية التسلسلية استكشاف بدائل مختلفة واحدة تلو الأخرى لأن الفرع الذي يمكن أن يوصل إلى الحل غير معروف مسبقًا.

• لذلك فإن البرنامج المتوازي يمكن أن يؤدي نفس العمل المجمل أو أقل أو أكثر بالمقارنة بالخوارزمية التسلسلية المعتمدة على موقع الحل في مساحة البحث.

مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• التقسيم المختلط (Hybrid Decompositions):

- في أغلب الأحيان يتم جمع أكثر من تقنية للتقسيم معاً، حيث غالباً ما تكون العمليات الحسابية مركبة من عدة مراحل
- في بعض الأحيان يكون من الضروري تطبيق أنواع مختلفة من التقسيم في المراحل المختلفة

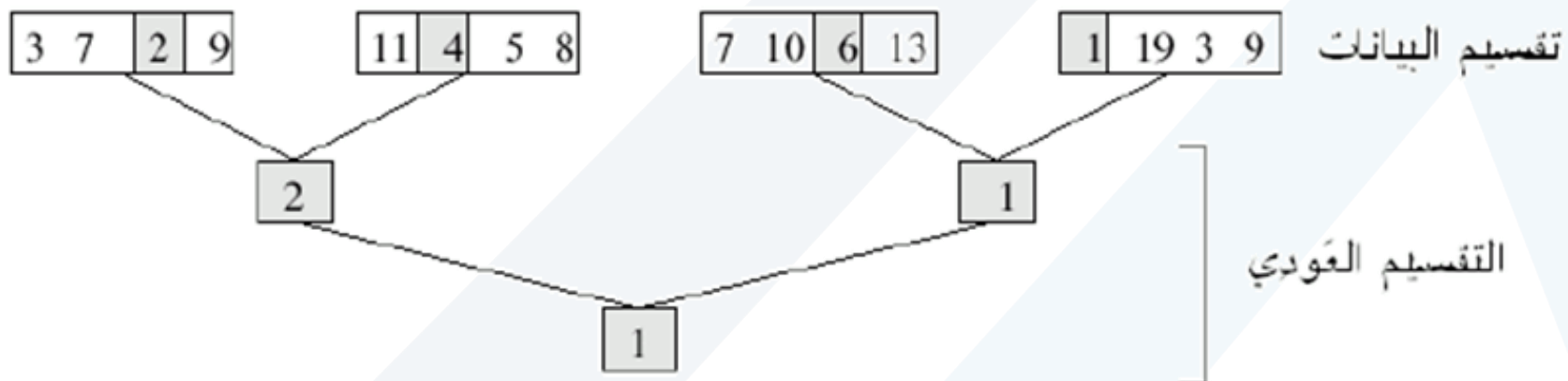
• مثال:

• عند البحث عن العدد الأصغر ضمن مجموعة كبيرة مكونة من N عدد

• استخدام التقسيم العودي فقط قد ينتج عنه مهام أكثر من عدد الإجراءات (المعالجات) P المتوفرة

• لذلك فإن التقسيم الجيد يكون بتقسيم المدخلات إلى P جزء متساوي ويجعل كل مهمة تقوم بحساب العدد الأصغر ضمن السلسلة التي خصصت لها

• بعد ذلك يمكن الحصول على الناتج النهائي بإيجاد العدد الأصغر من النتائج الوسيطة للإجراءات P باستخدام التقسيم العودي



مبادئ تصميم الخوارزميات المتوازية



• تقنيات التقسيم:

• التقسيم المختلط (Hybrid Decompositions):

• مثال:

• بفرض أننا نريد تنفيذ الفرز السريع بشكل متزامن

• عند استخدام التقسيم العودي ينتج عنه $O(n)$ مهمة لفرز سلسلة من حجم n

• بسبب اعتماد هذه المهام على بعضها وعدم تساوي الحجم بينها فإن التزامن الفعال يعتبر محدود جدا.

• فعلى سبيل المثال، أول مهمة لتقسيم قائمة المدخلات إلى قسمين تستغرق مدة $O(n)$ والتي تضع الحد الأعلى لمستوى الأداء المحتمل عن طريق التوازي

• يمكن استخدام أسلوب تقسيم المدخلات الذي تمت مناقشته في المثال السابق،

• التقسيم المختلط الناتج يتم عن طريق الجمع بين التقسيم العودي وتقسيم بيانات المدخلات وهذا يؤدي إلى صيغة متزامنة بدرجة كبيرة لخوارزمية الفرز السريع