Operating Systems

Dr. J.M. Khalifeh

أنظمة التخزين الشامل

Operating Systems

Dr. J.M. Khalifeh

الفصل العاشر: أنظمة التخزين الشامل

- نظرة عامة على بنية التخزين الشامل
- بنية القرص
- مرفق القرص
- جدولة القرص
- إدارة القرص
- إدارة مساحة المبادلة
- بنية RAID
- تنفيذ التخزين المستقر

أهداف

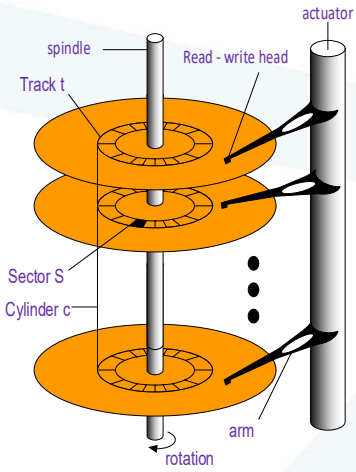
- لوصف البنية المادية لأجهزة التخزين الثانوية وتأثيراتها على استخدامات الأجهزة
- لشرح خصائص أداء أجهزة التخزين الشامل
- لتقييم خوارزميات جدولة القرص
- لمناقشة خدمات نظام التشغيل المقدمة للتخزين الشامل، بما في ذلك RAID

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

نظرة عامة على بنية التخزين الشامل

- توفر الأقراص المغناطيسية الجزء الأكبر من التخزين الثانوي لأجهزة الكمبيوتر الحديثة
  - تدور المحركات بمعدل 60 إلى 250 مرة في الثانية
  - معدل النقل هو المعدل الذي تتدفق به البيانات بين محرك الأقراص والكمبيوتر
  - وقت التموضع (وقت الوصول العشوائي) هو الوقت اللازم لتحريك ذراع القرص إلى الأسطوانة المطلوبة (وقت البحث) والوقت اللازم لدوران القطاع المطلوب أسفل رأس القرص (زمن التأخير الدوراني)
  - تحدث اصطدامات الرأس نتيجة ملامسة رأس القرص لسطح القرص -- وهذا أمر سيئ
- يمكن أن تكون الأقراص قابلة للإزالة
- محرك متصل بالكمبيوتر عبر ناقل الإدخال/الإخراج
  - تختلف النواقل Buses، بما في ذلك EIDE وATA وSATA وUSB و Fibre Channel وSCSI وSAS و Firewire
  - يستخدم وحدة التحكم المضيفة في الكمبيوتر ناقلًا للتواصل مع وحدة التحكم في القرص المضمنة في محرك الأقراص أو مصفوفة التخزين

آلية القرص ذات الرأس المتحرك



- تتراوح أقطار الأطباق الشائعة من 1.8 إلى 5.25 بوصة
- يتم تقسيم سطح الطبق منطقيًا إلى *مسارات دائرية* مقسمة إلى *قطاعات*
- تشكل مجموعة المسارات الموجودة في موضع ذراع واحد *أسطوانة*
- تدور معظم محركات الأقراص بمعدل 60 إلى 150 مرة في الثانية

معدل النقل

هو المعدل الذي تتدفق به البيانات بين محرك الأقراص والكمبيوتر

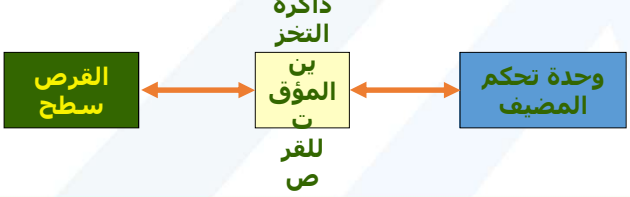
وقت التموضع (وقت الوصول العشوائي) = الوقت اللازم لتحريك ذراع القرص إلى الأسطوانة المطلوبة (*وقت البحث)*

\+ الوقت اللازم لدوران القطاع المطلوب نحو رأس القرص *(زمن انتقال الدوران)*

يضع الكمبيوتر أمرًا في وحدة التحكم المضيفة، عادةً باستخدام منافذ الإدخال/الإخراج المخصصة للذاكرة

ثم يقوم وحدة التحكم المضيفة بإرسال الأمر عبر الرسائل إلى وحدة التحكم في القرص

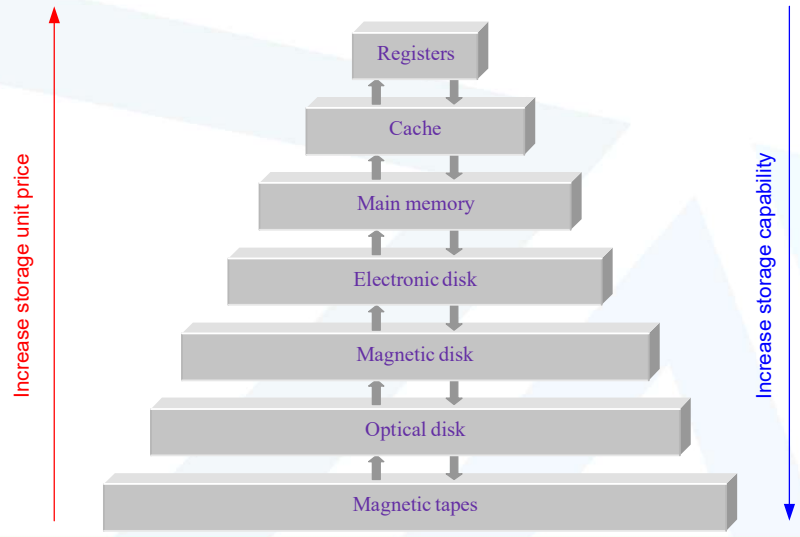
يقوم جهاز التحكم في القرص بتشغيل أجهزة محرك الأقراص لتنفيذ الأمر



التسلسل الهرمي للتخزين

- يتم تنظيم أنظمة التخزين في تسلسل هرمي وفقا لـ:
  - السرعة
  - الكلفة
  - ثبات البيانات المخزنة بعد انقطاع التغذية
- سرعة القرص المغناطيسي
  - *معدل النقل* * الحجم
  - *زمن التموضع (زمن الوصول العشوائي)*
    - ✓ *وقت البحث + زمن الدوران*
- *التخزين المؤقت* – نسخ المعلومات إلى نظام تخزين أسرع؛ ويمكن اعتبار الذاكرة الرئيسية بمثابة *ذاكرة تخزين مؤقتة أخيرة* للتخزين الثانوي.

التسلسل الهرمي لأجهزة التخزين



الأقراص الصلبة

❖ تتراوح أحجام الأطباق من 0.85 بوصة إلى 14 بوصة (تاريخيًا)

➢ عادة 3.5 بوصة و2.5 بوصة و1.8 بوصة

❖ تتراوح من 30 جيجابايت إلى 3 تيرابايت لكل محرك أقراص

❖ الأداء

➢ معدل النقل – نظريًا – 6 جيجابايت/ثانية

➢ معدل النقل الفعال – الحقيقي – 1 جيجابايت/ثانية

➢ وقت البحث من 3 ملي ثانية إلى 12 ملي ثانية – 9 ملي ثانية شائع لمحركات سطح المكتب

➢ متوسط وقت البحث الذي تم قياسه أو حسابه بناءً على 1/3 من المسارات

➢ زمن الوصول يعتمد على سرعة المغزل

✓ 1 / (دورة في الدقيقة / 60) = 60 / دورة في الدقيقة

➢ متوسط زمن الوصول = ½ زمن الوصول

Spindle [rpm]	Average latency [ms]
4200	7.14
5400	5.56
7200	4.17
10000	3
15000	2

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

أداء القرص الصلب

❖ زمن الوصول = متوسط وقت الوصول = متوسط وقت البحث + متوسط زمن الوصول

➢ لأسرع قرص 3 ملي ثانية + 2 ملي ثانية = 5 ملي ثانية

➢ بالنسبة للقرص البطيء 9 ملي ثانية + 5.56 ملي ثانية = 14.56 ملي ثانية

❖ متوسط وقت الإدخال/الإخراج = متوسط وقت الوصول + (كمية النقل / معدل النقل) + النفقات العامة لوحدة التحكم

❖ على سبيل المثال، لنقل كتلة بحجم 4 كيلوبايت على قرص بسرعة 7200 دورة في الدقيقة مع متوسط وقت بحث يبلغ 5 ملي ثانية، فإن معدل النقل 1 جيجابايت/ثانية مع تكلفة وحدة تحكم تبلغ 0.1 ملي ثانية =

➢ 5 ملي ثانية + 4.17 ملي ثانية + 0.1 ملي ثانية + وقت النقل =

➢ وقت النقل = 4 كيلوبايت / 1 جيجابايت/ثانية * 8 جيجابايت / جيجابايت * 1 جيجابايت / 10242 كيلوبايت = 32 / (10242) = 0.031 ملي ثانية

➢ متوسط وقت الإدخال/الإخراج لكتلة 4 كيلوبايت = 9.27 ملي ثانية + .031 ملي ثانية = 9.301 ملي ثانية

الأقراص ذات الحالة الصلبة Solid-State Disks

- هي ذاكرة غير المتطايرة المستخدمة مثل القرص الصلب
  - العديد من الاختلافات التكنولوجية
    - ✓يمكن أن تكون أكثر موثوقية من محركات الأقراص الصلبة
    - ✓أغلى لكل ميجا بايت
    - ✓ربما يكون عمرهم أقصر
    - ✓سعة أقل
    - ✓ولكن أسرع بكثير
    - ✓يمكن أن تكون الباصات بطيئة للغاية -> الاتصال مباشرة بـ PCI على سبيل المثال
    - ✓لا توجد أجزاء متحركة، لذا لا يوجد وقت بحث أو زمن انتقال دوراني

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

شريط مغناطيسي

- كان وسيلة تخزين ثانوية مبكرة
  - تطورت من بكرات مفتوحة إلى خراطيش
- دائم نسبيًا ويحمل كميات كبيرة من البيانات
- وقت الوصول بطيئ
- الوصول العشوائي أبطأ بحوالي 1000 مرة من القرص
- يستخدم بشكل أساسي للنسخ الاحتياطي وتخزين البيانات التي لا يتم استخدامها بشكل متكرر ونقل الوسائط بين الأنظمة
- يتم حفظها في البكرة ثم لفها أو إعادة لفها بعد قراءة الرأس والكتابة
- بمجرد وضع البيانات تحت الرأس، تصبح معدلات النقل مماثلة لمعدلات نقل القرص
  - 140 ميجا بايت/ثانية وأكبر
- سعة تخزين نموذجية تتراوح من 200 جيجابايت إلى 1.5 تيرابايت
- التقنيات الشائعة هي LTO-{3,4,5} وT10000

بنية القرص

- يتم التعامل مع محركات الأقراص باعتبارها مصفوفات أحادية البعد كبيرة من الكتل المنطقية، حيث تكون الكتلة المنطقية هي أصغر وحدة نقل
  - يؤدي التنسيق منخفض المستوى إلى إنشاء كتل منطقية على الوسائط المادية
- يتم تعيين مجموعة الكتل المنطقية أحادية البعد في قطاعات القرص بشكل متسلسل
  - القطاع 0 هو القطاع الأول للمسار الأول على الأسطوانة الخارجية
  - يتم رسم الخرائط بالترتيب من خلال هذا المسار، ثم بقية المسارات في تلك الأسطوانة، ثم من خلال بقية الأسطوانات من الأبعد إلى الأبعد
  - يجب أن يكون العنوان المنطقي والفيزيائي سهلاً
    - ✓ باستثناء القطاعات التالفة
    - ✓ عدد غير ثابت من القطاعات لكل مسار عبر سرعة زاوية ثابتة

ارفاق "ربط" القرص

- يتم الوصول إلى وحدة تخزين مرفقة بالمضيف من خلال منافذ الإدخال/الإخراج التي تتحدث إلى باصات الإدخال/الإخراج
- SCSI في حد ذاته عبارة عن ناقل، يصل إلى 16 جهازًا على كابل واحد، ويطلب مبادر SCSI التشغيل وتنفذ أهداف SCSI المهام
  - يمكن أن يحتوي كل هدف على ما يصل إلى 8 وحدات منطقية (أقراص متصلة بوحدة التحكم في الجهاز)
- FC هي بنية تسلسلية عالية السرعة
  - يمكن تبديل النسيج بمساحة عنوان 24 بت - أساس شبكات منطقة التخزين (SANs) حيث يتم ربط العديد من المضيفين بالعديد من وحدات التخزين
- الإدخال/الإخراج الموجه إلى معرف الناقل ومعرف الجهاز والوحدة المنطقية (LUN)

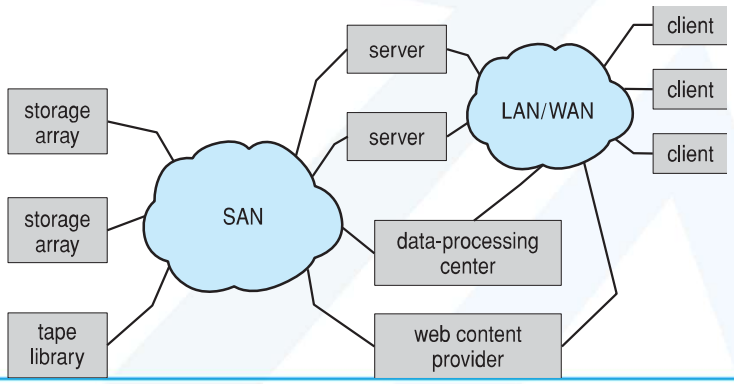
مصفوفة التخزين

- يمكنك فقط ربط الأقراص أو مصفوفات الأقراص
- تحتوي مصفوفة التخزين على وحدات تحكم، وتوفر ميزات للمضيفين المرفقين
  - المنافذ لتوصيل المضيفين بالمصفوفة
  - الذاكرة، برامج التحكم (أحيانًا NVRAM، وما إلى ذلك)
  - بضعة إلى آلاف الأقراص
  - RAID، (سيتم مناقشته لاحقًا)
  - التخزين المشترك -> المزيد من الكفاءة
  - الميزات الموجودة في بعض أنظمة الملفات
    - ✓اللقطات، والاستنساخ، والتكرار، وإزالة التكرار، وما إلى ذلك

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

شبكة منطقة التخزين

- شائع في بيئات التخزين الكبيرة
- مضيفون متعددون متصلون بمصفوفات تخزين متعددة - مرن



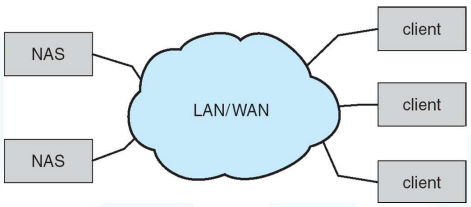
شبكة منطقة التخزين (تابع)

- SAN عبارة عن مجموعة تخزين واحدة أو أكثر
  - متصل بمبدلات الألياف الضوئية
- يتم أيضًا ربط المضيفين بالمبدلات
- توفير التخزين عبر LUN Masking من مجموعات محددة إلى خوادم محددة
- من السهل إضافة أو إزالة مساحة التخزين، وإضافة مضيف جديد وتخصيص مساحة تخزين له
  - قناة الألياف ذات زمن الوصول المنخفض
- لماذا يجب أن يكون هناك شبكات تخزين وشبكات اتصالات منفصلة؟
  - ضع في اعتبارك iSCSI و FCoE

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

التخزين المتصل بالشبكة

- التخزين المتصل بالشبكة (NAS) هو التخزين المتاح عبر شبكة وليس عبر اتصال محلي (مثل ناقل)
  - الارتباط عن بعد بأنظمة الملفات
- NFS وCIFS هما بروتوكولان شائعان
- تم التنفيذ عبر الاستدعاءات عن بعد (RPCs) بين المضيف ووحدة التخزين عبر TCP أو UDP عادةً على شبكة IP
- يستخدم بروتوكول iSCSI شبكة IP لنقل بروتوكول SCSI
  - التوصيل عن بعد بالأجهزة (الكتل)



جدولة القرص

- نظام التشغيل مسؤول عن استخدام الأجهزة بكفاءة - بالنسبة لمحركات الأقراص، يعني هذا الحصول على وقت وصول سريع وعرض نطاق ترددي للقرص
  - تقليل وقت البحث
  - البحث عن الوقت ≈ البحث عن المسافة
  - عرض النطاق الترددي للقرص هو العدد الإجمالي للبايتات المنقولة، مقسومًا على الوقت الإجمالي بين الطلب الأول للخدمة وإتمام آخر عملية نقل

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

جدولة القرص (تابع)

- هناك العديد من مصادر طلبات الإدخال/الإخراج للقرص
  - نظام التشغيل
  - عمليات النظام
  - عمليات المستخدمين
- يتضمن طلب الإدخال/الإخراج وضع الإدخال أو الإخراج، وعنوان القرص، وعنوان الذاكرة، وعدد القطاعات المراد نقلها
- يحافظ نظام التشغيل على قائمة انتظار الطلبات لكل قرص أو جهاز
- يمكن للقرص الخامل أن يعمل فورًا عند طلب الإدخال/الإخراج، بينما يعني القرص المشغول ضرورة وضع العمل في قائمة الانتظار
  - لا يكون لخوارزميات التحسين أي معنى إلا عند وجود قائمة انتظار

جدولة القرص (تابع)

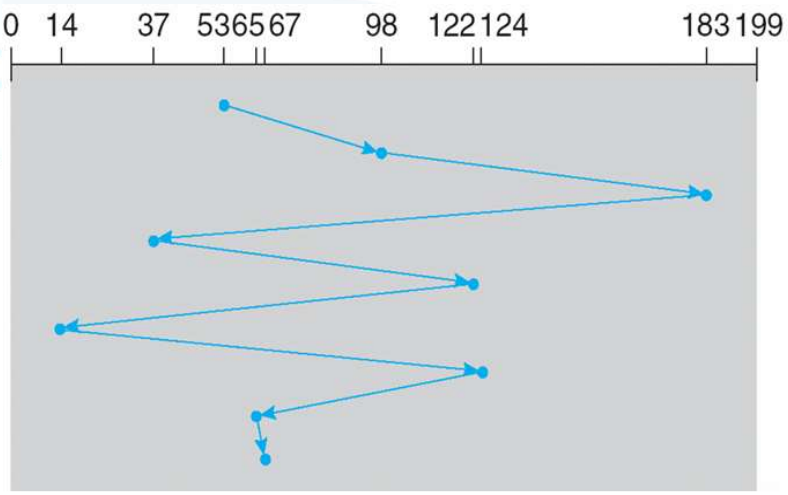
- توجد عدة خوارزميات لجدولة خدمة طلبات الإدخال/الإخراج على القرص
- التحليل صحيح لديسك واحد أو أكثر
- نقوم بتوضيح خوارزميات الجدولة باستخدام قائمة طلبات (0-199)

98، 183، 37، 122، 14، 124، 65، 67

مؤشر الرأس 53

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

FCFS



يوضح الرسم التوضيحي إجمالي حركة رأس 640 أسطوانة

98، 183، 37، 122، 14، 124، 65، 67

الرأس 53

Operating Systems
Dr. J.M. Khalifeh

Operating Systems

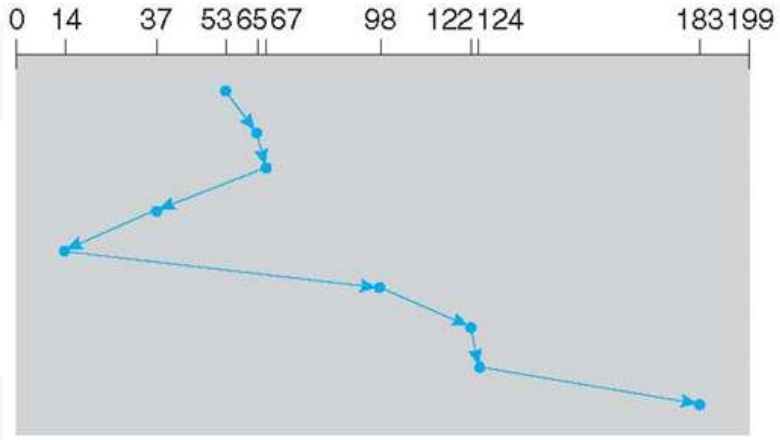
Dr. J.M. Khalifeh

SSTF

❖أقصر وقت بحث يختار أولاً الطلب الذي يحتوي على أقل وقت بحث من موضع الرأس الحالي

❖جدولة SSTF هي شكل من أشكال جدولة SJF؛ قد تتسبب في تجويع بعض الطلبات

❖يوضح الرسم التوضيحي إجمالي حركة الرأس لـ 236 أسطوانة



98، 183، 37، 122، 14، 124، 65، 67

الرأس 53

Operating Systems

Dr. J.M. Khalifeh

SCAN

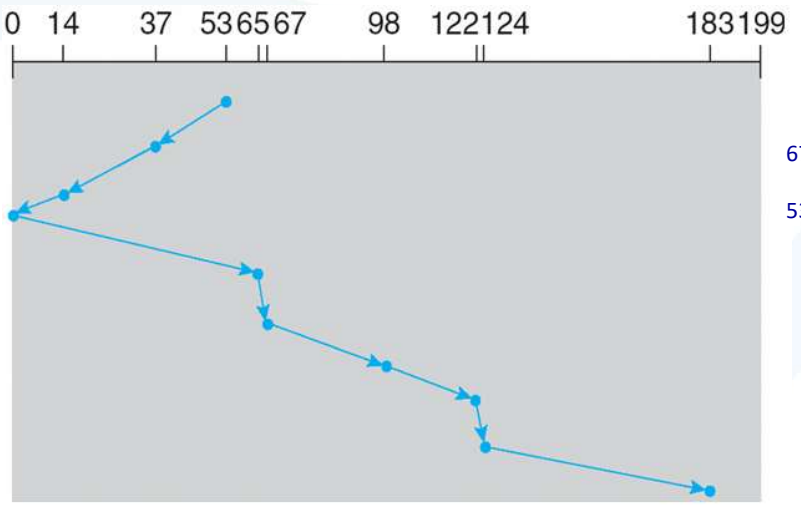
❖يبدأ ذراع القرص من أحد طرفي القرص، ويتحرك نحو الطرف الآخر، ويقوم بخدمة الطلبات حتى يصل إلى الطرف الآخر من القرص، حيث تنعكس حركة الرأس وتستمر الخدمة.

❖خوارزمية SCAN تسمى أحيانًا خوارزمية المصعد

❖يوضح الرسم التوضيحي إجمالي حركة الرأس لـ 236 أسطوانة

❖ولكن لاحظ أنه إذا كانت الطلبات كثيفة بشكل موحد، فإن الكثافة الأكبر تكون في الطرف الآخر من القرص، وتلك التي تنتظر لفترة أطول

SCAN(تابع)



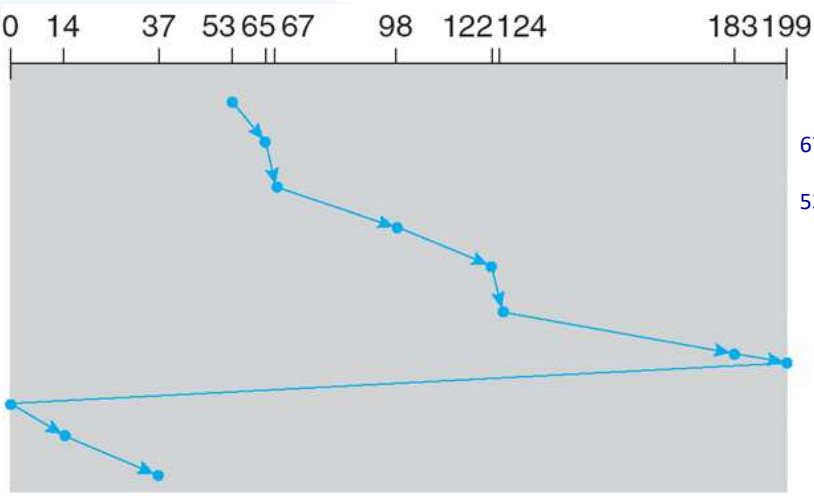
98، 183، 37، 122، 14، 124، 65، 67

مؤشر الرأس 53

SCAN

- يوفر وقت انتظار أكثر اتساقًا من SCAN
- يتحرك الرأس من أحد طرفي القرص إلى الطرف الآخر، ويخدم الطلبات أثناء انتقاله
  - ومع ذلك، عندما يصل إلى الطرف الآخر، فإنه يعود على الفور إلى بداية القرص، دون تلبية أي طلبات في رحلة العودة
- يعامل الأسطوانات كقائمة دائرية تمتد من الأسطوانة الأخيرة إلى الأسطوانة الأولى
- إجمالي عدد الاسطوانات؟

C-SCAN (تابع)



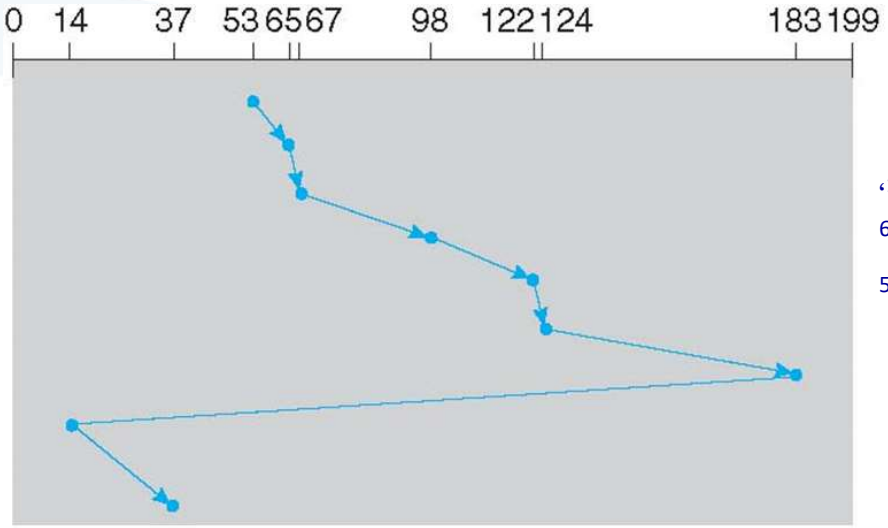
98، 183، 37، 122، 14، 124، 65، 67

مؤشر الرأس 53

C-SCAN

- ابحث عن نسخة من SCAN، C-LOOK، نسخة من C-SCAN
- يذهب الذراع فقط إلى الحد الذي يصل إلى الطلب الأخير في كل اتجاه، ثم يعكس الاتجاه على الفور، دون الذهاب أولاً إلى نهاية القرص بالكامل.
- إجمالي عدد الاسطوانات؟

نظرة C (تابع)



98، 183، 37، 122، 14، 124،
67 ،65
مؤشر الرأس 53

اختيار خوارزمية جدولة القرص

- SSTF شائع وله جاذبية طبيعية
- يعمل SCAN وC-SCAN بشكل أفضل في الأنظمة التي تضع حمولة ثقيلة على القرص
  - أقل جوعًا
- يعتمد الأداء على عدد وأنواع الطلبات
- يمكن أن تتأثر طلبات خدمة القرص بطريقة تخصيص الملفات
  - وتخطيط البيانات الوصفية
- يجب كتابة خوارزمية جدولة القرص كوحدة منفصلة لنظام التشغيل، مما يسمح باستبدالها بخوارزمية مختلفة إذا لزم الأمر
- إما SSTF أو LOOK هو خيار معقول للخوارزمية الافتراضية
- ماذا عن زمن الانتقال الدوراني؟
  - من الصعب على نظام التشغيل أن يحسب
- كيف يؤثر نظام الانتظار القائم على القرص على جهود ترتيب قائمة انتظار نظام التشغيل؟

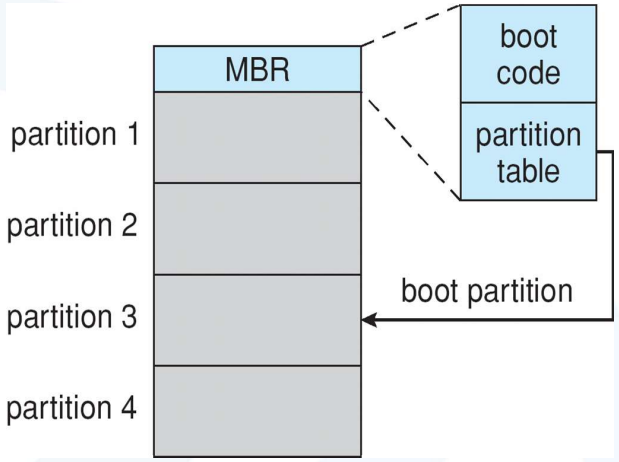
إدارة القرص

- التنسيق منخفض المستوى، أو التنسيق المادي — تقسيم القرص إلى قطاعات يمكن لوحدة التحكم في القرص قراءتها وكتابتها
  - يمكن لكل قطاع أن يحمل معلومات الرأس، بالإضافة إلى البيانات، بالإضافة إلى رمز تصحيح الخطأ (ECC)
  - عادة ما يكون 512 بايت من البيانات ولكن يمكن تحديده
- لاستخدام القرص لتخزين الملفات، لا يزال نظام التشغيل بحاجة إلى تسجيل هياكل البيانات الخاصة به على القرص
  - تقسيم القرص إلى مجموعة واحدة أو أكثر من الأسطوانات، حيث يتم التعامل مع كل منها كقرص منطقي
  - التنسيق المنطقي أو " إنشاء نظام ملفات "
  - لزيادة الكفاءة، تقوم معظم أنظمة الملفات بتجميع الكتل في مجموعات
    - ✓ تم تنفيذ إدخال/إخراج القرص في كتل
    - ✓ تم تنفيذ إدخال/إخراج الملفات في مجموعات

إدارة الأقراص (تابع)

- الوصول إلى القرص الخام للتطبيقات التي تريد إدارة كتلها بنفسها، وإبعاد نظام التشغيل عن الطريق (قواعد البيانات على سبيل المثال)
- كتلة التمهيد تقوم بتهيئة النظام
  - يتم تخزين التمهيد في ROM
  - برنامج محمل التمهيد المخزن في كتل التمهيد في قسم التمهيد
- طرق مثل توفير القطاع المستخدمة للتعامل مع الكتل التالفة

الاقلاع من القرص في Windows



افترض أن ترتيب الطلب هو- (82،170،43،140،24،16،190)
والموضع الحالي لرأس القراءة/الكتابة هو: 50
لذا، فإن إجمالي الحركة العلوية (إجمالي المسافة التي يغطيها ذراع القرص) = (50-82)+(82-170)+(43-170)+(43-140)+(140-24)+(24-190)+(190-16) =642