



الفصل الخامس: **المصفوفات المتعددة من الأقراص المستقلة** **Redundant Arrays of Independent Disks-RAID**

العنوان	رقم الصفحة
1. مقدمة	5
2. المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)	7
1.2. المصفوفات الفيزيائية والمنطقية	7
2.2. التناظر المرأوي	8
3.2. الازدواجية	8
4.2. توزيع المعطيات	9
5.2. الزوجية	10
6.2. متحكم (RAID)	10
3. مستويات (RAID) RAID Levels	12
1.3. المستوى (RAID 0)	12
2.3. المستوى (RAID 1)	13
3.3. المستوى (RAID 2)	14
4.3. المستوى (RAID 3)	14
5.3. المستوى (RAID 4)	15
6.3. المستوى (RAID 5)	15
7.3. المستوى (RAID 6)	16
8.3. المستوى المركب	17
4. معالجة أخطاء (RAID)	18
5. الأنشطة المرافقة	20

الكلمات المفتاحية:

تقنية (RAID)، التسامح مع الأخطاء، قرص فيزيائي، سواقة منطقية، مصفوفة القرص، المتحكم بمصفوفة القرص، توزيع المعطيات، تكرار المعطيات، رمز تصحيح الأخطاء (ECC)، اختبار الزوجية، قرص الزوجية، مصفوفة التسريع، الذاكرة الخابية، مراقب الموثوقية الأوتوماتيكي، التصحيح الديناميكي للمقاطع، معاملات القرص، التكرار البرمجي للأقراص.

ملخص الفصل:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على طرق التخزين المستخدمة لحماية المعطيات واسترجاعها في حال الضياع بنتيجة أخطاء في العتاد.

الأهداف التعليمية:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

- المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
- المستويات المختلفة لتقنية (RAID)
- تصحيح الأخطاء في تقنية (RAID)

مخطط الفصل:

Introduction	1. مقدمة
Basic Concepts of RAID	2. المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
Physical & Logical Arrays	1.2. المصفوفات الفيزيائية والمنطقية
Mirroring	2.2. التناظر المرآوي
Duplexing	3.2. الازدواجية
Striping	4.2. توزيع المعطيات
Parity	5.2. الزوجية
Controller RAID	6.2. متحكم (RAID)
RAID Levels	3. مستويات (RAID)
RAID 0	1.3. المستوى (RAID 0)
RAID 1	2.3. المستوى (RAID 1)
RAID 2	3.3. المستوى (RAID 2)
RAID 3	4.3. المستوى (RAID 3)
RAID 4	5.3. المستوى (RAID 4)
RAID 5	6.3. المستوى (RAID 5)
RAID 6	7.3. المستوى (RAID 6)
Combined Level	8.3. المستوى المركب
Handling RAID Errors	4. معالجة أخطاء (RAID)

1. مقدمة (Introduction):

تدير المنظومات الحاسوبية كمية ضخمة من المعطيات القيمة. إن فشل العتاد أو حدوث أي خطأ فيه يمكن أن يسبب ضياع أو عدم توافق في المعطيات المخزنة عليه، مما يؤدي إلى إعاقات أو توقف في أعمال الشبكة. يمكن أن تؤثر هذه الإعاقات على نقل المعطيات والمناقلات الآمنة على الشبكة، بالإضافة إلى الكثير من الأخطاء الأخرى. لذا على هذه المنظومات تأمين المعطيات المخزنة عليها من الضياع والتلف.

من جهة أخرى، تستمر الأقراص بالتطور لتكون أصغر وأقل كلفة، لذلك أصبح من المقبول اقتصادياً وصل عدة أقراص إلى الحاسب أو إلى المخدم. تتيح هذه الأقراص للنظام إمكانيات تحسين معدل قراءة أو كتابة المعطيات إذا كانت هذه الأقراص تعمل على التوازي. بالإضافة إلى إمكانية تكرار المعطيات وتخزينها على الأقراص المتعددة مما يزيد من وثوقية النظام، وبحيث لا يقود فشل أحد الأقراص إلى فقدان المعطيات.

مثال عن تحسين الموثوقية عبر التكرار: بفرض لدينا N قرص في المنظومة الحاسوبية، يكون احتمال فشل أحد الأقراص منها هو أعلى من احتمال فشل قرص وحيد محدد، لنفرض أن الزمن الوسطي للفشل (Mean Time to Fail – MTTF) للقرص الوحيد هو 100.000 ساعة. يكون عندها زمن فشل أحد أقراص مصفوفة مكونة من 100 قرص هي ناتج قسمة 100.000 على 100، أي 1000 ساعة أو ما يساوي 41.66 يوماً فقط، وهي فترة قصيرة بالنسبة للمنظومات الحاسوبية.

لتحسين هذا المعدل ومنع فقدان المعلومات المخزنة على الأقراص، يستخدم تكرار المعلومات عبر تخزين معلومات إضافية عادة لا نحتاجها ولكن يمكن استخدامها في حالة فشل أحد الأقراص والحاجة لإعادة تشكيلها واستعادتها. تستخدم عدة تقنيات لتنظيم الأقراص تسمى بالمصفوفات المتعددة من الأقراص المستقلة (RAID)، لتحسين موثوقية وأداء المنظومات الحاسوبية.

تشكلت تقنية (RAID) في السابق من مجموعة من الأقراص الصغيرة رخيصة الثمن، والتي يمكن أن تستبدل الأقراص الكبيرة عالية الكلفة، تستعمل في أيامنا الحالية تقنية (RAID) من أجل تأمين وثوقية أعلى، ومعدلات نقل معطيات أكبر، وليس من أجل أسباب اقتصادية. ولذلك تم استبدال الكلمة (Inexpensive) بالكلمة (Independent) في الاختصار (RAID).

وتعتبر تقنية (RAID) الفيزيائية، من أكثر التقنيات شيوعاً في التسامح مع الأخطاء، حيث تسمح هذه التقنية وباستخدام مجموعة من الأقراص بتشكيل عدد من السواقات المنطقية مختلفة الحجم، مما يتيح إمكانية تكرار نفس المعطيات على عدة سواقات، أو تشارك عدة سواقات بنفس المعطيات، مما يعطي فعالية أكبر للنظام، وقدرة أكبر على كشف أخطاء تخزين المعطيات.

بالمختصر، تقنية (RAID) هي عبارة عن مصفوفة من الأقراص مؤلفة من قرصين فيزيائيين أو أكثر، تظهر للنظام على أنها قرص واحد. وتكون الفائدة من هذه المصفوفة:

1. تحقيق أداء أفضل للنظام من خلال توزيع المعطيات على أقراص فيزيائية مختلفة، وبالتالي الوصول إلى هذه المعطيات على التوازي.

2. التسامح مع أخطاء المعطيات من خلال تكرار نفس المعطيات على أكثر من قرص فيزيائي، وبالتالي في حال تعطل واحد أو أكثر من الأقراص يمكن الوصول إلى المعطيات من خلال أقراص أخرى تحوي نفس المعطيات.

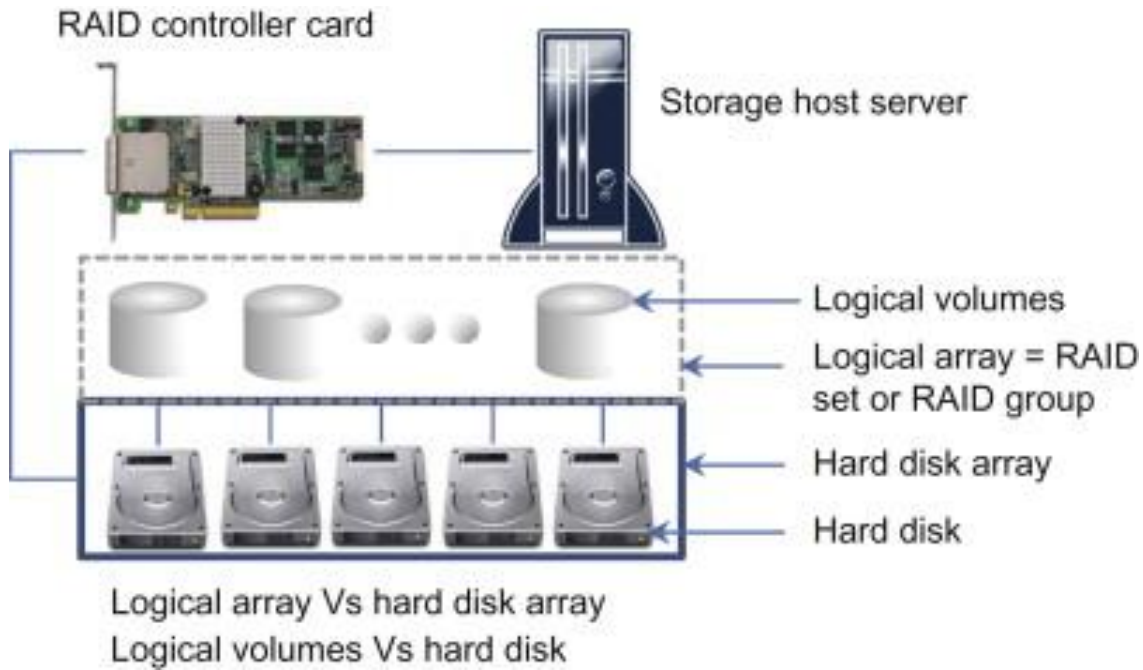
3. زيادة سعة التخزين المتاحة للنظام من خلال جمع مساحات الأقراص المنفصلة والحصول على قرص منطقي واحد ذو مساحة تخزينية كبيرة.

يحتوي المقطع المحجوز معطيات عن إعدادات القرص وعن العناصر الأخرى في مصفوفة القرص، كما أن تعطل هذا المقطع في أحد أقراص المصفوفة، يمكن تصحيحه باستخدام معطيات إعدادات القرص المكررة في الأقراص الأخرى.

2. المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID):

1.2. المصفوفات الفيزيائية والمنطقية (Physical & Logical Arrays):

- **السواقات الفيزيائية:** وهي الأقراص الصلبة العتادية التي تشكل المصفوفة وتخزن كافة البيانات عليها.
- **المصفوفات الفيزيائية:** يمكن تجميع قرصين فيزيائيين أو أكثر لتشكيل مصفوفة فيزيائية. تستخدم عمليات تثبيت معظم أنواع (RAID) البسيطة مصفوفة فيزيائية واحدة، ولكن يمكن للأنواع الأكثر تعقيداً استخدام مصفوفتين فيزيائيتين أو أكثر.
- **المصفوفات المنطقية:** تشكل هذه المصفوفات عبر تقسيم أو تجميع المصفوفات الفيزيائية. عادة تتبع كل مصفوفة منطقية لمصفوفة فيزيائية واحدة. مع أنه يمكن إعداد مصفوفة منطقية تحوي على عدد من المصفوفات الفيزيائية (عادة ما تستخدم للسماح بعدة مستويات لتقنية (RAID)). كذلك من الممكن إعداد مصفوفتين منطقيتين مختلفتين كلياً من مصفوفة فيزيائية واحدة.
- **السواقات المنطقية:** تتشكل سواقة منطقية واحدة أو أكثر من مصفوفة منطقية واحدة - تماثل تشكيل سواقة فيزيائية واحدة أو أكثر في الأنظمة التي لا تتعامل مع (RAID). تظهر السواقة المنطقية لنظام التشغيل كأنها أحجام أقراص اعتيادية، ويتعامل معها على هذا الأساس.



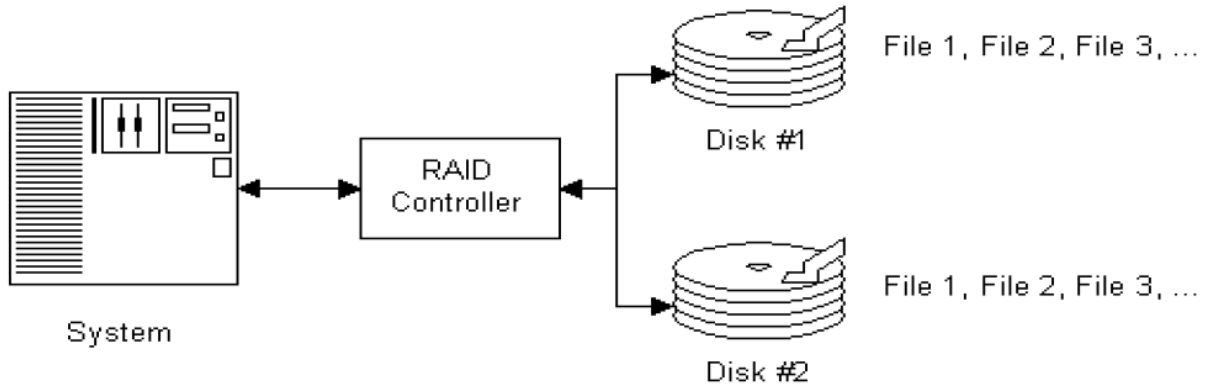
2.2. التناظر المرآوي (Mirroring):

تستخدم RAID تقنية التناظر المرآوي لتحقيق التسامح مع الأخطاء.

1. التناظر المرآوي.

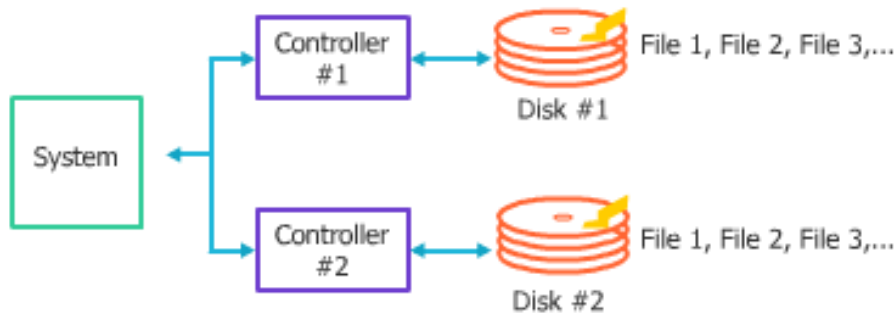
2. خانة الزوجية.

يتم إنشاء سواقة قرص منطقي واحدة من سواقتي قرصين فيزيائيين. وتكتب كافة المعطيات التي تكتب إلى القرص المنطقي إلى كل من القرصين الفيزيائيين. وبالتالي يتوافر في النظام زوج من السواقات التي تحوي ذات المعطيات. تؤمن تقنية التناظر المرآوي توافرية عالية للمعطيات، ولكنها عالية التكلفة.



3.2. الازدواجية (Duplexing):

توفر الازدواجية مستوى إضافي من التسامح مع الأخطاء مقارنة بالتناظر المرآوي، حيث يتم تكرار الأقراص والمتحكمات أيضاً.

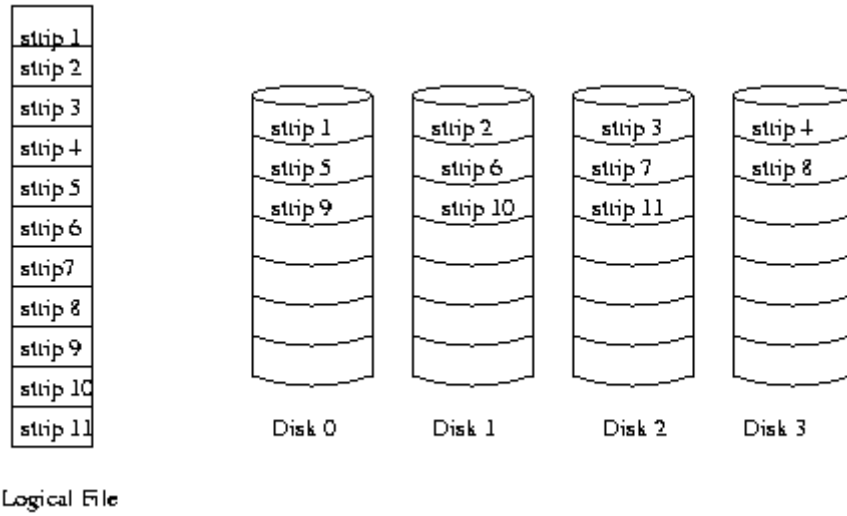


الشكل (1): الازدواجية في بطاقات المتحكم.

4.2. توزيع المعطيات (Striping):

يتم في هذه العملية تقسيم كتلة المعطيات إلى قطع صغيرة تسمى (Stripe) وكتابتها على الأقراص المتعددة في نفس الوقت.

يمكن أن يتم التوزيع على مستوى البت أو البايت أو الكتلة (block).
تهدف عملية توزيع المعطيات إلى زيادة أداء القراءة والكتابة وذلك من خلال استخدام جميع أقراص مصفوفة RAID على التوازي بعمليات القراءة والكتابة.



5.2. الزوجية (Parity):

تستخدم تقنية (RAID) الزوجية لتحقيق التسامح مع الأخطاء. مفهوم خانة الزوجية هو بسيط يعتمد على أخذ (n) جزء من المعطيات وحساب جزء جديد من المعطيات منهم، ثم أخذ الأجزاء (n+1) من المعطيات وتخزينهم على (n+1) من الأقراص. ففي حال ضياع أحد هذه الأجزاء يمكن إعادة تشكيله من الأجزاء (n) الباقية، وبغض النظر على أي من الأجزاء كان هو المفقود. يمكن تنفيذ عملية (XOR) المنطقية التي تعمل على توليد قيمة فريدة لكل زوج من الخانات من كلمة المعطيات.

				XOR		
Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4	X	Y	$X \oplus Y$
Data: 0001	Data: 0010	Data: 0011	Parity: 0000	0	0	0
Data: 0100	Data: 0101	Data: 0110	Parity: 0111	0	1	1
Data: 0111	Data: 1000	Data: 1001	Parity: 0110	1	0	1
Data: 1010	Data: 1011	Data: 1100	Parity: 1101	1	1	0

6.2. متحكم (RAID):

وهو إما عتادي أو برمجي، مهمته إجراء العمليات الضرورية لربط مجموعة الأقراص بعضها ببعض، وجعلها تعمل وفقاً لمعيار (RAID) المطلوب، وتقديم المصفوفة الناتجة لنظام التشغيل على أنها قرص صلب واحد.

- **المتحكم البرمجي:** وهذا ما نجده غالباً في المتحكمات المدمجة باللوحة الأم أو البطاقات الخارجية بسعر أقل من 250 أو 300 دولار، وهذه المتحكمات تستخدم معالج الحاسب للقيام بالعمليات الخاصة بالمصفوفة، ولبعض أنواع (RAID) تكون هذه المتحكمات مقبولة الأداء جداً واستهلاك المعالج منخفضاً.

- **المتحكم العتادي:** وبعكس المتحكم البرمجي يحتوي هذا المتحكم على المعالج الخاص به وبذلك يقل الحمل على معالج الحاسب، كما أنه يقدم زمن استجابة أفضل. أغلب هذه المتحكمات تحتوي على ذاكرة خابية خاصة بالمعالج، كما تحتوي على ذاكرة حية يمكن في بعض الحالات زيادتها وذلك بهدف تسريع عملها. هذه المتحكمات موجهة أساساً لبيئة المؤسسات والخدمات.

يمكن إنشاء مصفوفة (RAID) بالاعتماد كلياً على نظام التشغيل مثل نظام ويندوز، ويكون المتحكم هنا هو نظام التشغيل نفسه ويكون برمجياً صرف.

لكل متحكم طريقته الخاصة لإنشاء مصفوفة (RAID)، ولا يوجد أي تشابه بين المتحكمات المختلفة في خطوات إنشاء المصفوفة، تكون تفاصيل التعامل مع المتحكم من إنشاء، وإعادة بناء (RAID)، وإجراء العمليات الأخرى، موثقة في دليل استخدام المتحكم أو دليل استخدام اللوحة الأم. بعد إنشاء المصفوفة، ستظهر المصفوفة لنظام التشغيل على أنها مساحة تخزينية معينة (حسب نوع (RAID) المستخدم)، ويمكن التعامل معها كالتعامل مع أي قرص صلب آخر من التقسيم والتهيئة.

عند إنشاء أغلب أنواع (RAID)، يطلب برنامج التهيئة تحديد مساحة الجزء (Stripe Size) - وهي مساحة الجزء التي سيتم تقسيم البيانات إليها ومن ثم توزيعها على أقراص المصفوفة المختلفة، حيث يدعم كل متحكم عدة مساحات محددة، غالباً من (16KB) إلى (256KB) مع قيمة افتراضية (Default) يُحددها المتحكم مسبقاً. لا يمكن تغيير مساحة الجزء بعد إنشاء المصفوفة إلا عبر إنشاء المصفوفة من جديد. عادة يقدم الخيار الافتراضي المقدم من الشركة المصنعة الأداء الأفضل للمتحكم.

تمكّن تقنية التبديل الساخن (HOT SWAP) من إزالة أو إضافة مكون من وإلى الحاسب أثناء عمله بدون الاضطرار لغلقة. وتكون هذه الخاصية مفيدة للمصفوفات التي تتكون من أعداد كبيرة من الأقراص الصلبة، حيث يمكن إضافة أقراص جديدة للمصفوفة أو تغيير أقراص تالفة دون الحاجة إلى إغلاق الجهاز كاملاً.

3. مستويات (RAID):

هناك عدة مستويات لتطبيق الريد تدعى (RAID Levels) وتختلف هذه المستويات من حيث التقنيات المطبقة فيها وعدد الأقراص اللازم والكلفة وغيرها، سيتم الحديث عن هذه المستويات بالتفصيل في هذه الفقرة.

- التوزيع
- التكرار
- التوزيع/التكرار
- التوسع

1.3. المستوى (RAID 0):

يستخدم في هذا المستوى تقنية توزيع المعطيات على مستوى الكتلة (block-level striping) فقط، وبدون أي تقنية تحقق التسامح مع الأخطاء.

يحسن هذا النوع من أداء النظام من خلال الوصول إلى المعطيات من عدة أقراص بشكل متوازي، ولكن بسبب عدم وجود أي تقنية تحقق التسامح مع الأخطاء فإن فقدان المعطيات من أحد الأقراص يؤثر على مصفوفة الأقراص كاملة. لذلك يحتاج النظام إلى النسخ الاحتياطي.



الشكل (3): المستوى (RAID 0)

تساوي سعة التخزين الفعلية للمعطيات في مصفوفة الأقراص عدد أقراص المصفوفة مضروباً بسعة القرص الأصغر أي:

$$\text{Capacity} = S * N$$

حيث:

S سعة القرص الأصغر

N عدد أقراص المصفوفة.

يؤمن كفاءة تخزين (Storage Efficiency) تصل إلى 100% كون كل الأقراص هي مستخدمة تماماً. ويعتبر الأرخص ثمناً بين كافة مستويات (RAID).

تختار هذه التقنية عادةً في الأنظمة التي تتعامل مع كمية كبيرة من المعطيات وتحتاج إلى سرعة كبيرة في الوصول إليها، ولكن على شرط أن لا تكون هذه المعطيات حرجية، وفي أنظمة تأمين المعطيات المرئية والمسموعة المتدفقة، والبيانات / الرسومات، وفي التصميم.

2.3. المستوى (RAID 1):

يشير هذا المستوى إلى أقراص التناظر المرآوي. تكون المعطيات مكررة على زوج من الأقراص، ومع استخدام عدة متحكمات للوصول إلى المعطيات يمكن تسريع عمليات الوصول من خلال اختيار المتحكم الأقرب إلى القطاع الذي يحوي المعطيات المطلوبة.

يتيح هذا النوع إمكانية التسامح مع الأخطاء لأن المعطيات مكررة. وتساوي سعة التخزين الفعلية للمعطيات في مصفوفة الأقراص نصف الحجم الكلي للقرص أي $Capacity = (S * N) / 2$.



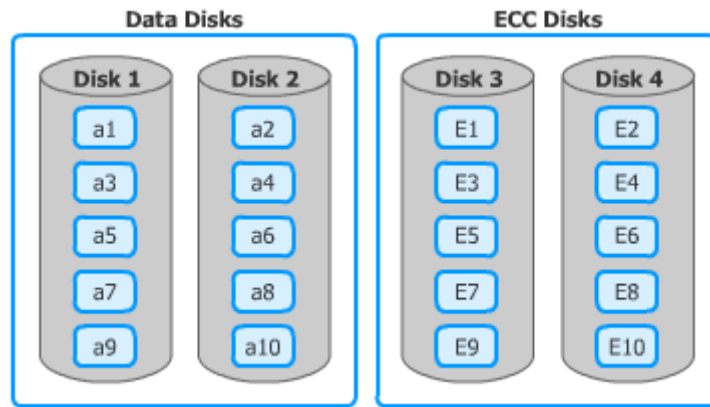
الشكل (4): المستوى (RAID 1)

يؤمن كفاءة تخزين مساوية إلى 50%، ولكن يؤمن تسامح مع الأخطاء جيد جداً، إلا أنه عالي التكلفة نسبياً. يستعمل في التطبيقات التي تحتاج إلى تسامح عالي للأخطاء بكلفة مقبولة، ولكن دون أداء عال. التطبيقات الأكثر استخداماً لهذا المستوى تتضمن المحاسبة والمعطيات المالية، قواعد المعطيات، ومخدمات الشركات.

3.3. المستوى (RAID 2):

يعرف هذا المستوى أيضاً بأسلوب الذاكرة، حيث يستخدم فيه رمز تصحيح الأخطاء (ECC). يخزن هذا الرمز خانتين ثنائيتين أو ثلاثة إضافية على كل بايت تمكن النظام من إعادة تكوين المعطيات إذا ما تعرضت خانة ثنائية واحدة للتلف.

توزع المعطيات أيضاً على كافة الأقراص ولكن مع الخانات الإضافية لرمز تصحيح الأخطاء. ويخزن هذا العدد على أقراص إضافية (عادة يحتاج إلى 14 قرص على الأقل، 10 للمعطيات و4 لرمز تصحيح الأخطاء).

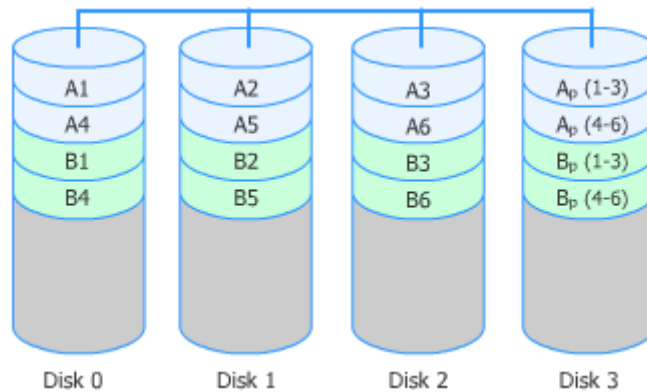


الشكل (5): المستوى (RAID 2)

يؤمن هذا المستوى أداءً عالياً للمعطيات الضخمة ولكنه سيء للمعطيات ذات حجم الكتل الصغير من المعطيات. لا يستخدم حالياً كونه عالي التكلفة، معقد وبطيء.

4.3. المستوى (RAID 3):

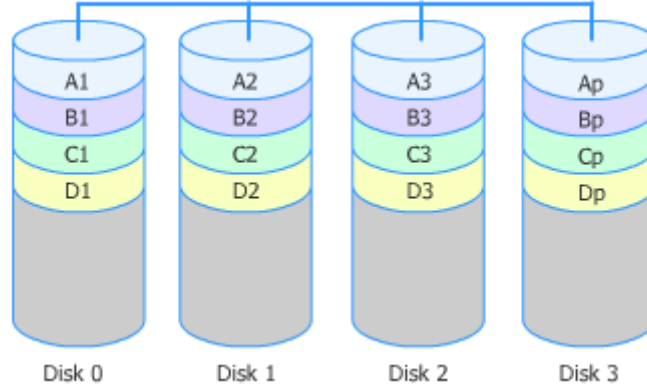
حيث يتم توزيع مقطع المعطيات على جميع الأقراص لكن مع إضافة عدد مخصص لكشف الخطأ، حيث يستعمل خانة الزوجية كونه يحتاج إلى مساحة تخزين أقل من رمز تصحيح الأخطاء (ECC). ويعتبر النسخة المتسامحة مع الأخطاء للمستوى 0. يعتبر هذا المستوى الأكثر كفاءة لنقل الملفات التسلسلية الضخمة. وهو أيضاً ليس شائع الاستخدام.



الشكل (6): المستوى (RAID 3)

5.3. المستوى (RAID 4):

يسمى هذا المستوى أيضاً (Block-interleaved parity) والذي يستخدم توزيع المعطيات على مستوى الكتلة بدلاً من الخانة.



الشكل (7): المستوى (RAID 4)

وهو يعمل أفضل من المستوى الثالث بالنسبة للنفاد إلى الملفات مثل مناقلات ملفات قواعد البيانات. ولكنه يعاني أيضاً مثل المستوى الثالث من مشكلة عنق الزجاجة بالنسبة للأداء، كون خانة الزوجية مخزنة على قرص مستقل يسبب فشله بضياع إمكانية التسامح مع الأخطاء لكامل النظام.

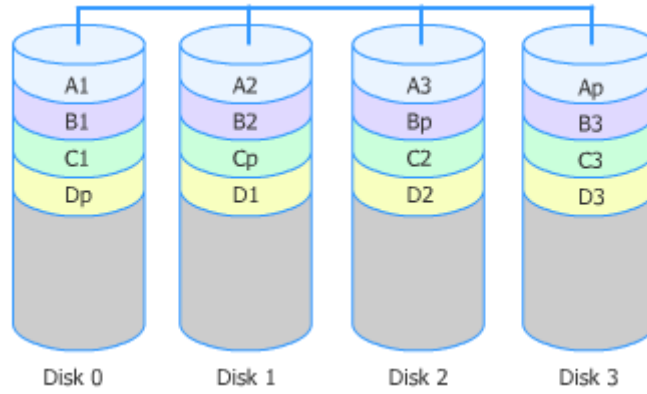
6.3. المستوى (RAID 5):

يستخدم هذا المستوى التوزيع على مستوى الكتلة، ولكن مع توزيع خانة الزوجية أيضاً بدلاً من تخزينها ضمن قرص خاص بها. يمكن لهذا المستوى التسامح مع الخطأ الناجم عن فشل أو ضياع قرص واحد من المنظومة. وهو أكثر أنواع (RAID) شعبية لأنه يقدم مزايا عديدة، من الأداء الجيد لكل من القراءة والكتابة، والحماية عند فقد أحد أقراص المصفوفة، بالإضافة لفقدان الأقل في المساحة التخزينية لأقراص مصفوفة (RAID 5). يحتاج إلى 3 أقراص على الأقل لإنشاء المصفوفة، ولكن كلما زاد عدد الأقراص زاد معدل الأداء، وتوفر هذه المصفوفة الحماية عند فقد أحد هذه الأقراص.

تحسب سعة التخزين الفعلية للمصفوفة = مساحة أصغر قرص × (عدد الأقراص - 1)، أي:

$$\text{Capacity} = S * (N - 1)$$

وهي نفس العلاقة المستخدمة لحساب سعة التخزين الفعلية في المستويين السابقين 3 و 4.



الشكل (8): المستوى (RAID 5)

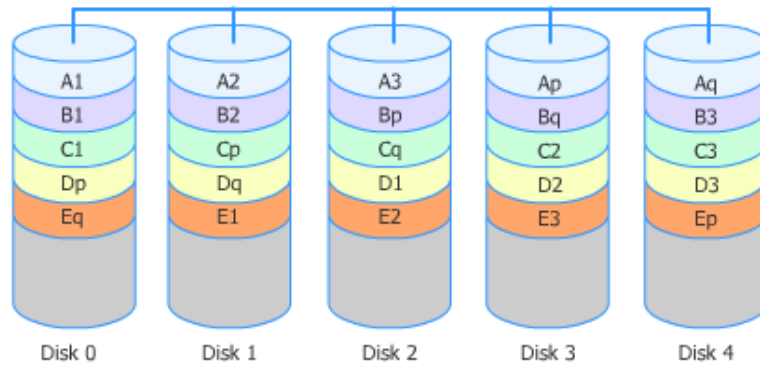
ينظر إلى هذا التوزيع على أنه المزيج الأمثل للأداء الجيد والتسامح الجيد مع الأخطاء، والسعة العالية والتخزين الكفاء. وهو الأفضل لمعالجة المناقلات ويستخدم عادة في الخدمات العامة، وفي قواعد البيانات العلائقية، وتخطيط موارد المؤسسات والأنظمة التجارية الأخرى.

7.3. المستوى (RAID 6):

هو شبيه بالمستوى (RAID 5)، لكن مع فارق استخدام هذا المستوى لجزأين لخانة الزوجية بدلاً من جزء واحد مع زيادة قرص آخر بالمصفوفة. وبالتالي هذه المصفوفة تتحمل فقدان قرصين بدلاً من قرص واحد. لكن يكون معدل الكتابة وحساب بيانات الزوجية هو مضاعف عن المستوى 5، وهو ما يجعله أكثر تعقيداً منه. يحتاج إلى 4 أقراص على الأقل لإنشاء المصفوفة.

وتحسب المساحة الكلية للمصفوفة = مساحة أصغر قرص × (عدد الأقراص - 2) أي:

$$Capacity = S * (N - 2)$$

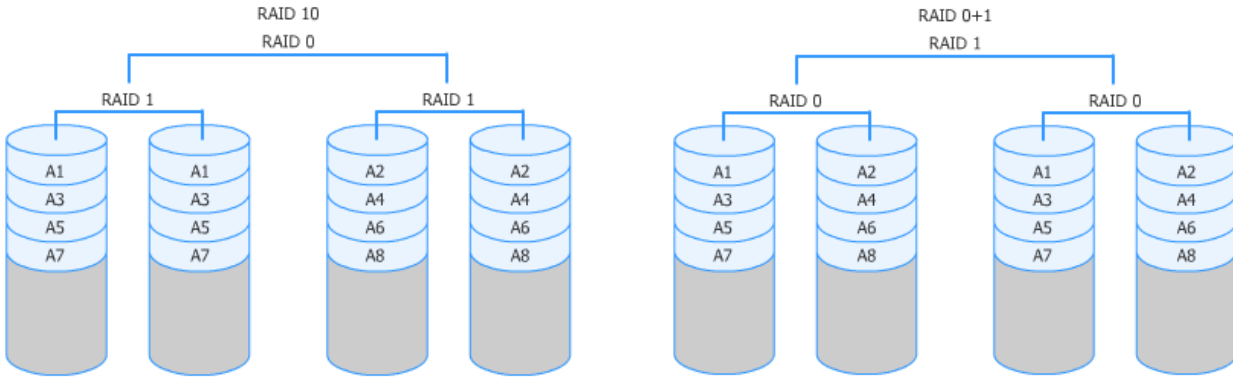


الشكل (9): المستوى (RAID 6)

8.3. المستوى المركب (Combined Level):

ويعتمد هذا المستوى على دمج مستويين مع بعضهما البعض للاستفادة من ميزات كل منهما. المستوى (RAID10/01) هو جمع بين المستوى 1 - التناظر المرآوي - لتأمين التسامح مع الأخطاء، والمستوى 0 - التوزيع - لتحسين الأداء في تقنية (RAID). المشكلة الرئيسية لهذا المستوى هي خسارة نصف المساحة التخزينية للأقراص، وبالتالي فالتكلفة إلى حد ما مرتفعة. يحتاج إلى 4 أقراص على الأقل لإنشاء المصفوفة. وتحسب المساحة الكلية للمصفوفة = (مساحة أصغر قرص × عدد الأقراص) / ٢ أي:

$$Capacity = (S * N) / 2$$



الشكل (10): المستويين المركبين (RAID 01) و (RAID 10)

يوضح الجدول التالي ملخصاً عن ميزات كل مستوى من مستويات RAID السابقة مع القوانين المستخدمة لحساب سعة التخزين الفعلية للمصفوفة (Capacity) وحساب نسبة كفاءة التخزين (Storage Efficiency) لكل مستوى وذلك في حال كانت جميع الأقراص المستخدمة في المصفوفة متماثلة.

المستوى	عدد الأقراص المطلوب لبناء المصفوفة	سعة التخزين الفعلية	نسبة كفاءة التخزين	التسامح مع الأخطاء
RAID0	2, 3, 4, ...	$S * N$	100%	لا يوجد
RAID1	2	$(S * N) / 2$	50%	عالي
RAID2	العديد من الأقراص	يختلف حسب عدد الأقراص	~ 70-80%	ضعيف
RAID3	3, 4, 5, ...	$S * (N - 1)$	$(N - 1) / N$	جيد
RAID4	3, 4, 5, ...	$S * (N - 1)$	$(N - 1) / N$	جيد
RAID5	3, 4, 5, ...	$S * (N - 1)$	$(N - 1) / N$	جيد
RAID6	4, 5, 6, ...	$S * (N - 2)$	$(N - 2) / N$	عالي
RAID10	4, 6, 8, ...	$(S * N) / 2$	50%	عالي

4. معالجة أخطاء (RAID) (Handling RAID Errors):

- **مصفوفة التسريع:** على الرغم من السرعة الموجودة اليوم في نقل المعطيات على الشبكة، إلا أن الوصول إلى المعطيات المخزنة على الأقراص الصلبة يحتاج إلى زمن كبير نسبياً وذلك بسبب الزمن اللازم لدوران القرص ونقل المعطيات منه. لذلك تستخدم العديد من المتحكمات مصفوفة التسريع، وهي عبارة عن مصفوفة من الذواكر الخابية تتم عليها عملية الكتابة بدلاً من الكتابة المباشرة على مصفوفة القرص، ويتم البحث فيها أولاً عن طلب معطيات معينة، حيث أن عملية الوصول إلى معطيات في الذاكرة الخابية أسرع ب 100 مرة من القرص الصلب.
- وعندما لا يتم إيجاد المعطيات على مصفوفة التسريع، يتم إحضارها من مصفوفة القرص. ويقوم المتحكم لاحقاً، في وقت فراغه بالكتابة الفعلية للمعطيات على مصفوفة القرص.
- **تغيير سعة مصفوفة القرص:** تجري عملية تغيير السعة من خلال إعدادات متحكم (RAID)، بعد أن تتم عملية إضافة الأقراص الصلبة الجديدة إلى المصفوفة وتمديد أو إضافة سواقات منطقية جديدة. يمكن زيادة سعة التخزين مع المحافظة على نفس العدد من الأقراص الصلبة، وذلك بتبديل كل قرص بقرص ذو حجم تخزين أكبر، حيث تبدأ العملية باستبدال قرص تلو الآخر من المصفوفة، ومن أجل كل قرص جديد يتم بناء المعطيات بالاعتماد على تكرار المعطيات على الأقراص الأخرى.
- **تعطل متحكم الأقراص:** أحد الطرق لتفادي تعطل المتحكم بالأقراص هي تكرار المتحكمات، حيث تعتمد على وجود متحكمين أحدهما أساسي والآخر ثانوي، فإذا تعطل الأول يقوم الثاني بالعمل بدلاً منه، ويكون هنالك اتصال دائم بينهما حيث يعلن أحدهم الآخر بحالته، وفي حال فشل المتحكم الأساسي في الإجابة فهذا يعني أنه تعطل لذلك يقوم المتحكم الثانوي بأداء العمل بدلاً عنه، وفي حال حدوث العكس

أي فشل المتحكم الثانوي في الإجابة، يتابع المتحكم الأساسي العمل ولكن يعلم نظام التشغيل عن تعطل المتحكم الثانوي.

- **مراقب الوثوقية الأوتوماتيكي (ARM):** مراقب الوثوقية الأوتوماتيكي عبارة عن إجرائية تعمل بالخلفية تقوم بمسح الأقراص الصلبة الفيزيائية والبحث عن المقاطع المعطلة فيها. كما تفحص اتساق معطيات خانة الزوجية في الأقراص المنطقية التي تعمل بالمستوى (RAID 5).
تضمن هذه الإجرائية إمكانية تصحيح المعطيات إذا تعرض أحد الأقراص للعطل. وتعمل هذه الآلية فقط عند اختيار تهيئة ذات تسامح مع الأخطاء لتقنية (RAID) مثل المستوى 1 أو أعلى.
- **التصحيح الآلي للقطاع:** يمكن لمتحكم (RAID) الذي يدعم تصحيح المقاطع ديناميكياً، أن يصحح أي خطأ في المقاطع تم كشفه خلال العمليات التقليدية أو من خلال مراقب الوثوقية الأوتوماتيكي.
إن معاملات القرص هي عبارة عن مجموعة معاملات مراقبة مثل مشاكل قراءة، وكتابة، أو ونفاذ، ومشاكل كابلات التوصيل، وزمن الدوران، ... الخ. ويمكن لمتحكم (RAID) أن يكشف أخطاء الأقراص ويصححها قبل أن تحدث من خلال متابعة هذه المعاملات.
- **التكرار البرمجي للأقراص:** إن مشكلة هذه الطريقة أن نظام التشغيل يعامل السواقات المنطقية على أنها أقراص فيزيائية، فإذا تكررت السواقات المنطقية على نفس مصفوفة القرص، فإن أي عطل في أحد الأقراص الفيزيائية للمصفوفة، سيؤدي إلى تعطل في السواقة المنطقية وتكرارها أيضاً، وعندها لا يعود بالإمكان استرجاع المعطيات الضائعة.
الحل عند اختيار التكرار البرمجي للأقراص، هو استخدام مصفوفتي أقراص، حيث يتم تخزين كل من الأصل والتكرار على مصفوفة على حده.

5. الأنشطة المرافقة:

أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

1. تسمح تقنية (RAID):

- A. تشكيل عدد من السواقات المنطقية مختلفة الحجم من عدد من السواقات الفيزيائية.
- B. إمكانية تكرار نفس المعطيات على عدد من السواقات.
- C. إمكانية تشارك عدة سواقات بنفس المعطيات.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (A) و (B) فقط.

2. تهدف تقنية (RAID) إلى:

- A. تسريع عمل المنظومة الحاسوبية.
- B. زيادة قدرة المنظومة الحاسوبية على التسامح مع الأخطاء.
- C. تحقيق أداء أفضل للنظام.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (B) و (C) فقط.

3. المصفوفات المنطقية في تقنية (RAID):

- A. هي تجميع لقرص فيزيائي أو أكثر.
- B. هي تجميع أو تقسيم المصفوفات الفيزيائية.
- C. هي تجميع للسواقات المنطقية.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (B) و (C).

4. آلية التناظر المرأوي في تقنية (RAID):

- A.** تستخدم من أجل توزيع المعطيات.
- B.** تستخدم من أجل تكرار المعطيات.
- C.** تشكل عبر إنشاء سواقة قرص فيزيائي واحد من سواقيتين منطقيتين.
- D.** تعتبر آلية رخيصة الثمن لتأمين توافرية عالية في النظام.
- E.** كل من (B) إلى (D).

5. الازدواجية (Duplexing):

- A.** هي إضافة سواقة منطقية إضافية لضمان تكرار المعطيات عليها.
- B.** هي إضافة سواقة فيزيائية إضافية للتسامح مع الأخطاء.
- C.** هي إضافة بطاقة متحكم إضافية لنظام التسامح مع الأخطاء.
- D.** كل ما سبق.
- E.** كل من (A) و (C).

6. توزيع المعطيات (Striping):

- A.** تستخدم لتحسين معدلات النقل في النظام.
- B.** تستخدم لمضاعفة معدلات معالجة طلبات القراءة في النظام.
- C.** تعمل على زيادة معدلات النفاذ المعالجة في واحدة الزمن عن أنظمة القرص الوحيد.
- D.** تكون القطاعات فيها أصغر من قطاعات أنظمة القرص الوحيد.
- E.** كل من (A) و (C).

7. يهدف التوازي في أنظمة الأقراص والذي يؤمن عبر توزيع المعطيات إلى:

- A.** تخفيض زمن النفاذات الصغيرة.
- B.** زيادة الإنتاجية في النظام.
- C.** موازنة الحمل في النظام.
- D.** كل ما سبق.
- E.** كل من (B) و (C).

8. تستخدم الزوجية (Parity) لتحقيق:

- A. توزيع المعطيات.
- B. تكرار المعطيات.
- C. الازدواجية في النظام.
- D. التوازي في النظام.
- E. كل ما سبق.

9. يمكن لمتحكم (RAID) أن يكون:

- A. برمجياً.
- B. عتادياً.
- C. مضمناً في نظام التشغيل.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (A) و (B).

10. المستوى الصفري لتقنية (RAID):

- A. يشير إلى تقنية التناظر المرأوي.
- B. يشير إلى استخدام خانة الزوجية.
- C. يشير مصفوفات الأقراص التي تستخدم توزيع المعطيات على مستوى الكتلة، ولكن دون أي تسامح مع الأخطاء.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (B) و (C).

11. المستوى (RAID 1):

- A. يحسن من أداء النظام من خلال الوصول المتوازي من عدة أقراص إلى المعطيات.
- B. يحسن من أداء النظام من خلال تكرار المعطيات.
- C. يحتاج النظام إلى النسخ الاحتياطي.
- D. يؤمن كفاءة تخزين تصل إلى 100%.
- E. كل ما سبق.

12. المستوى (RAID 5):

- A. يستخدم توزيع المعطيات على مستوى الخانة.
- B. يستخدم توزيع المعطيات على مستوى الكتلة ويتم توزيع خانة الزوجية فيه أيضاً.
- C. يحسن من التسامح مع الأخطاء لفشل عدد من الأقراص في النظام.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (B) و (C).

13. المستوى المركب لتقنية (RAID 01):

- A. يعتمد على دمج مستويين مع بعضهما البعض للاستفادة من ميزات كل منهما.
- B. تكلفته رخيصة الثمن.
- C. مشكلته خسارة نصف المساحة التخزينية للأقراص.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (A) و (C).

14. مراقب الوثوقية الأوتوماتيكي (ARM):

- A. عبارة عن لوحة عتادية تضاف إلى النظام لتصحيح الأخطاء.
- B. إجرائية تعمل في الخلفية.
- C. يقوم بمسح الأقراص المنطقية.
- D. تعمل على جميع مستويات تقنية (RAID).
- E. الخيارات من (B) إلى (D).

15. التكرار البرمجي للأقراص:

- A. يعامل النظام فيها السواقات الفيزيائية على أنها سواقات منطقية.
- B. يقوم بتكرار السواقات المنطقية.
- C. مشكلتها أن أي عطل في أحد الأقراص الفيزيائية للمصفوفة، سيؤدي إلى تعطل في السواقة المنطقية وتكرارها أيضاً.
- D. كل ما سبق.
- E. كل من (B) و (C).

رقم السؤال	الإجابة الصحيحة	توجيه في حال الخطأ
1	D	إعادة الفقرة: مقدمة
2	D	إعادة الفقرة: مقدمة
3	B	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
4	B	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
5	C	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
6	A	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
7	E	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
8	B	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
9	D	إعادة الفقرة: المفاهيم الرئيسية لتقنية (RAID)
10	C	إعادة الفقرة: المستوى (RAID 0)
11	B	إعادة الفقرة: المستوى (RAID 1)
12	B	إعادة الفقرة: المستوى (RAID 5)
13	E	إعادة الفقرة: المستوى المركب
14	B	إعادة الفقرة: معالجة أخطاء (RAID)
15	E	إعادة الفقرة: معالجة أخطاء (RAID)