



كلية الهندسة
قسم هندسة الميكاترونكس

مقرر شبكات الحاسوب

د. غزوان علي رياء

محاضرات الأسبوع السادس
الفصل الأول 2024-2025

الوحدة الرابعة

Network Interconnections ترابط الشبكات

- لا توجد الشبكات المحلية بشكل معزول وإنما يتم ربطها إلى بعضها البعض عن طريق الشبكات الواسعة أو الإنترنت.
 - حتى نستطيع ربط شبكة محلية مع شبكة أخرى فإننا بحاجة إلى أجهزة ربط.
- يمكن لأجهزة الربط أن تعمل على مستويات متعددة حسب النموذج المرجعي OSI سنميز فيما يلي بين أجهزة ربط الشبكات Connecting Devices وأجهزة ترابط الشبكات Interconnecting Devices.

تقسم تلك الأجهزة إلى خمسة أصناف حسب المستوى الذي تعمل به. يبين الشكل التالي نوع كل جهاز ومستوى عمله.



- تصنيف أجهزة ربط الشبكات -

1.1 أجهزة ربط الشبكات Network Connection Devices

1.1 المجمع غير النشطة Passive Hub

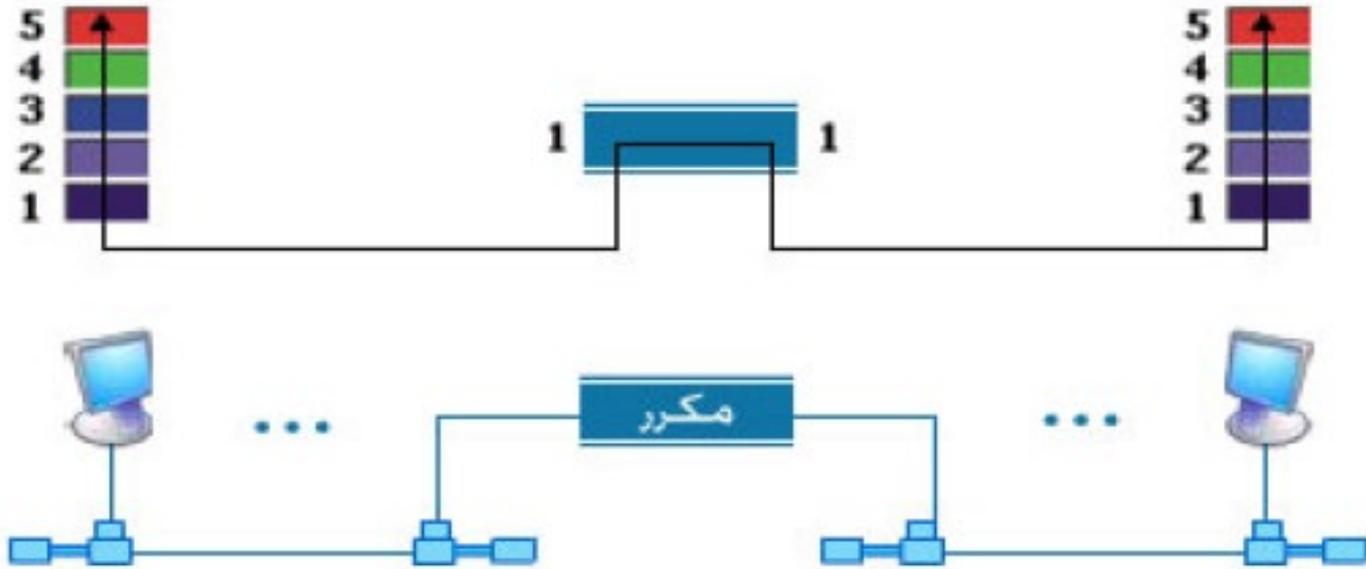
يعمل هذا الجهاز تحت مستوى الطبقة الفيزيائية وهو مجرد مرابط Connector يؤمن عملية ربط الأسلاك القادمة من أطراف متعددة.

فإذا أخذنا على سبيل المثال شبكة الإيثرنت ذات الطوبولوجية النجمية، تكون المجمع غير النشطة عبارة عن نقطة تصادم الإشارات القادمة من مختلف المحطات.

يعتبر هذا النوع من المجمات جزءاً لا يتجزأ من وسيط النقل.

2.1 المكررات Repeaters

يعمل المكرر على المستوى الفيزيائي فقط. يقوم المكرر باستقبال الإشارات التي تحمل المعطيات وإعادة توليدها. تتعرض الإشارات أثناء انتقالها إلى التشوه أو التخامد، لذلك يفيد المكرر بزيادة الطول الفيزيائي لوسيط النقل أو الشبكة المحلية كما هو مبين في الشكل التالي.



مثال عن مكرر يربط مقطعي شبكة محلية

تعريف: نسمي مقطع Segment شبكة محلية الجزء من الشبكة المحصور بين مكررين أو مكرر ومقاومة. لاحظ أن المكرر لا يربط شبكتين محليتين وإنما يربط مقطعي شبكة محلية مع بعضهم البعض لتشكيل شبكة واحدة.

يجري استخدام المكرر في شبكة 5 Base 10 لتجاوز حد 500 متر حيث يمكننا استخدام 4 مكررات على التوالي فتصل المسافة العظمى للشبكة إلى 2500 متر ونسمي الجزء من الشبكة المحصور بين مكررين بالمقطع.

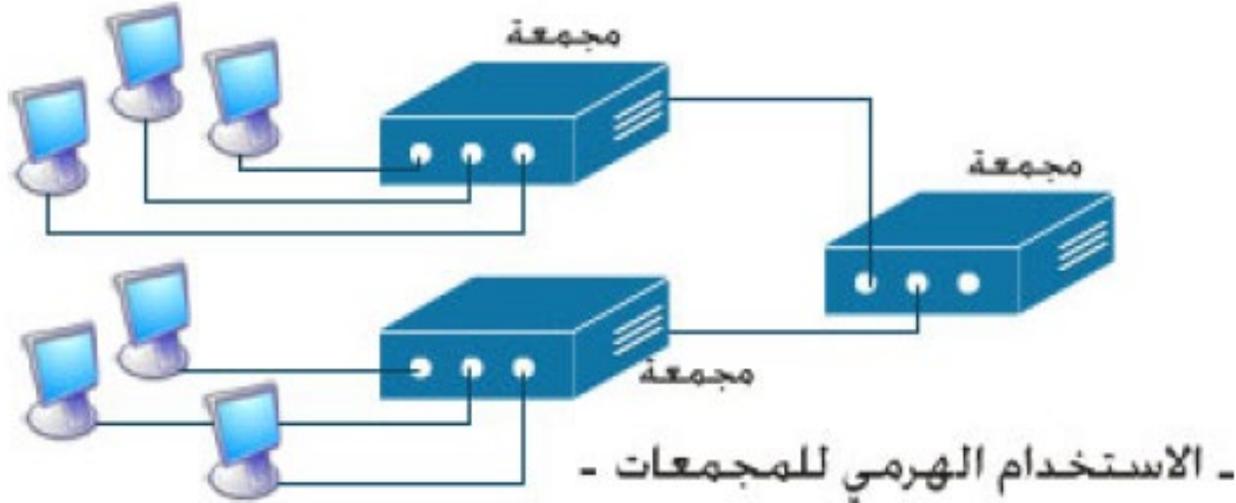
يجب الانتباه هنا إلى أن مجموعة المقاطع والمكررات تعتبر شبكة محلية واحدة وليست ترابط شبكات محلية.

تتمثل وظيفة المكرر باستقبال الإشارات على بوابة ما وإعادة توليدها ومن ثم إرسالها على البوابة الأخرى بدون أي إمكانية تصفية.

يجب هنا التمييز بين المكرر والمضخم Amplifier فالمضخم يقوم بتضخيم الإشارة والضجيج مع بعض، بينما المكرر يعيد توليد الإشارة الأصلية كما كانت.

3.1 المجموعة النشطة Active Hub

المجموعة النشطة هي مكرر متعدد البوابات. يجري استخدامها عادةً لتحقيق الوصل بين المحطات ضمن طبولوجية نجمية. يمكننا أيضاً استخدام عدة مستويات من المجموعات كما هو موضح في الشكل التالي.



لاحظ أن الاستخدام الهرمي للمجموعات يلغي الطول الأعظمي للكابل المحدد بمائة متر في حالة Base-T 10 لكن يبقى لدينا حداً أعلى لعدد المجموعات الممكن ربطها بشكل هرمي.

4.1 الجسر Bridge

يعمل الجسر على المستويين الفيزيائي ووصلة المعطيات معاً.

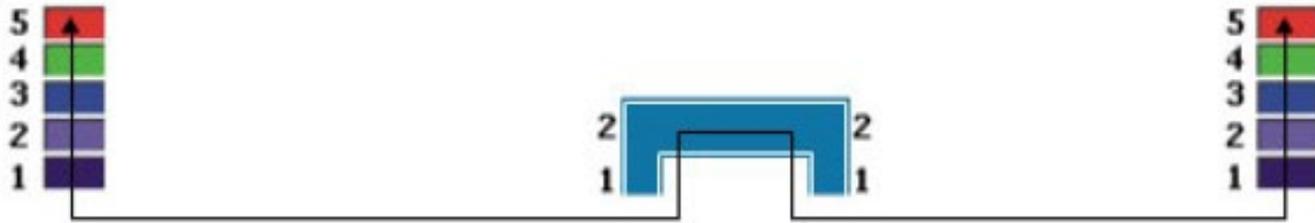
بالنسبة للمستوى الفيزيائي، فالجسر يقوم بإعادة توليد الإشارات المستقبلية؛

أما بالنسبة لمستوى وصلة المعطيات فإن الجسر يستطيع اختبار العناوين الفيزيائية Physical MAC addresses للمصدر وللوجهة الموجودين ضمن الإطار وأخذ القرار المتعلق بتوجيه الإطار أو إهماله؛

أي أن الجسر يستطيع تصفية الأطر Frame Filtering بناءً على العناوين الفيزيائية وفي حال وجود حاجة لتوجيهها فيجب هنا تحديد رقم البوابة التي سيجري التوجيه إليها.

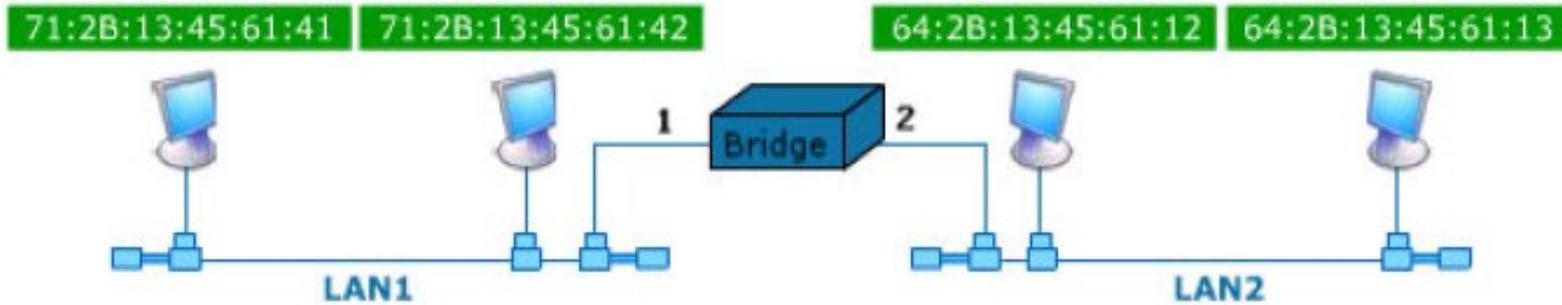
فاذاً، يمتلك الجسر جدول تقابل بين العناوين الفيزيائية وأرقام بوابات الجسر المرتبطة بها.

يبين الشكل التالي شبكتين محليتين مربوطتين إلى جسر.



Address	Port
71:2B:13:45:61:41	1
71:2B:13:45:61:42	1
64:2B:13:45:61:12	2
64:2B:13:45:61:13	2

Bridge Table



ربط شبكتين محليتين بواسطة جسر

فإذا وصل إطار موجه إلى العنوان 71:2B:13:45:61:42 على البوابة رقم 1 فإن الجسر سيراجع جدول التقابل (أو جدول التوجيه) لتحديد بوابة الانطلاق.

فحسب جدول التوجيه المتوفر لدى الجسر فإن الوصول إلى العنوان السابق يجري من خلال البوابة رقم 1 لذلك لا توجد حاجة لإعادة توجيه الإطار.

لكن إذا وصل إطار موجه إلى العنوان 71:2B:13:45:61:42 من خلال البوابة رقم 2 فيقوم الجسر بإعادة توجيه الإطار على البوابة رقم 1.

ملاحظة: عندما يجري ربط شبكتين محليتين باستخدام جسر فإننا نحصل على شبكة محلية موسعة وليس ترابط شبكات.

هذا يعني أنه في الحالة الأولى تم حصر حركة المرور في الشبكة الأولى بينما في الحالة الثانية فإن حركة المرور امتدت إلى الشبكة الثانية.

طبعاً يمكن للجسر أن يمتلك عدة بوابات في نفس الوقت لكننا نرسم الجسر ببوابتين للتبسيط فقط. يجب الانتباه هنا إلى أن الجسر يميز العناوين الفيزيائية الموجودة ضمن الأطر.

1. الجسور الشفافة Transparent Bridges

تعريف: نقول عن جسر أنه شفاف عندما تكون المحطات غير مدركة لوجوده؛ فلا نحتاج إلى إعادة إعداد المحطات في كل مرة نضيف أو نحذف جسر من الشبكة. تحدد خصائص الجسر الشفاف بما يلي:

- يجب توجيه الأطر من محطة إلى أخرى.
- تُبنى جداول التوجيه وتُحدَّث بشكل آلي عن طريق التعلم الذاتي من حركة الأطر ضمن الشبكة.
- يجب تجنب حدوث حلقات ضمن الشبكة.

خصائصها حسب المعيار *IEEE 802.1d*

التوجيه: يجب على الجسر الشفاف أن يوجه الأطر توجيهاً صحيحاً كما رأينا سابقاً.

التعلم الذاتي: يمكن تعريف جدول التوجيه الموجود ضمن الجسر بشكل ثابت عن طريق إدخال العناوين الفيزيائية المربوطة إلى كل بوابة لكن تلك الطريقة تبقى غير عملية لأننا في كل مرة نضيف محطة جديدة أو نغير مكان المحطة أو نغير بطاقة الشبكة لمحطة ما يجب علينا أن نعدل جدول التوجيه. لذلك من الأفضل أن يحدِّث جدول التوجيه آلياً. حتى نستطيع تحقيق ذلك، لا بد للجسر من التعلم من حركة الأطر وذلك عن طريق اختبار عنواني الوجهة والمصدر؛ بناءً على عنوان الوجهة يتم اتخاذ قرار التوجيه أو عدمه بينما يفيد عنوان المصدر لإضافة إدخال جديد إلى جدول التوجيه أو تعديل إدخال موجود مسبقاً.

يساعدنا الشكل التالي على التوسع قليلاً في هذه الفكرة :

A → D		A → D	
Address	Port	Address	Port
		A	1

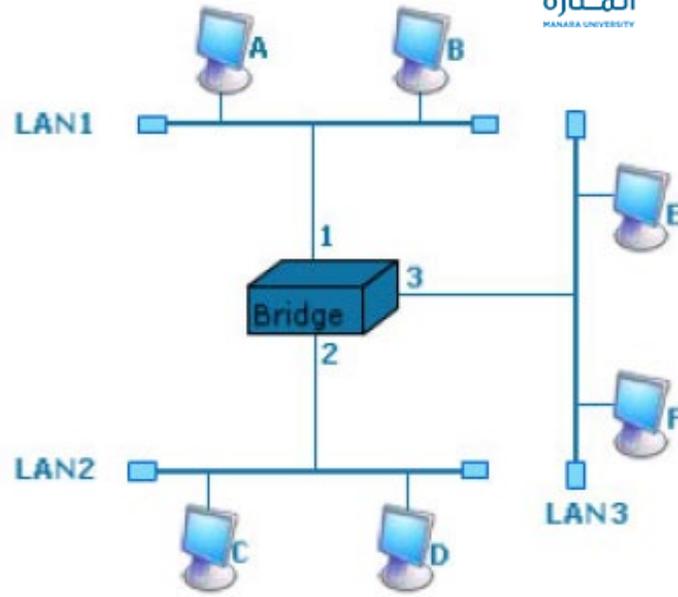
الأصل

بعد أن يرسل A إطاراً إلى D

E → A		B → C	
Address	Port	Address	Port
A	1	A	1
E	3	E	3
		B	1

بعد أن يرسل E إطاراً إلى A

بعد أن يرسل B إطاراً إلى C



آلية التعلم ضمن جسر شفاف

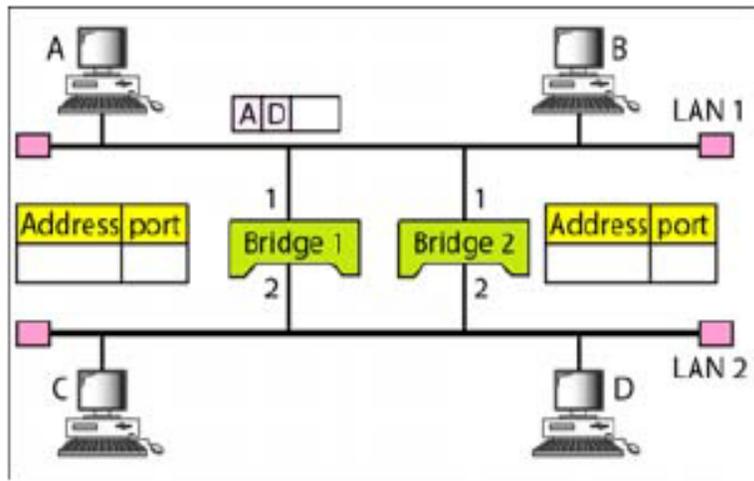
- عندما ترسل المحطة E إطاراً إلى المحطة A فإن الجسر الذي يحوي إدخالاً لـ A يقوم بتوجيه الإطار مباشرةً إلى البوابة رقم 1 فقط. يضيف الجسر عنوان المصدر (وهو E) إلى جدول التوجيه.
- عندما ترسل المحطة B إطاراً إلى المحطة C يقوم الجسر بتوجيه الإطار على البوابات 2 و 3 ومن ثم يضيف B إلى جدول التوجيه.
- تستمر عمليات التعلم طالما الجسر يقوم بتوجيه الأطر.

2. مشكلة الحلقة Loop

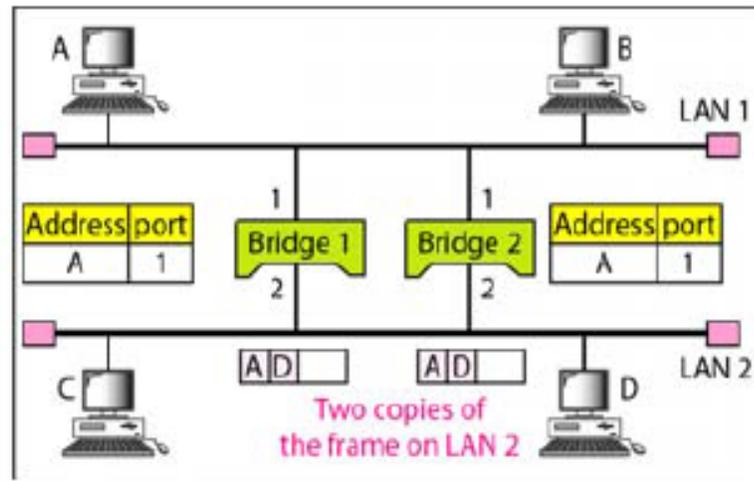
تعمل الجسور الشفافة بشكل جيد طالما لا توجد جسور مكررة ضمن الشبكة.

إلى أن مديرو الأنظمة يفضلون وضع جسور مكررة لوصل شبكتين بغية زيادة الوثوقية. فعندما يتعطل أحد الجسور يستطيع الجسر الآخر تحمل المسؤولية ومتابعة العمل إلى حين تصليح الجسر المعطل أو تغييره.

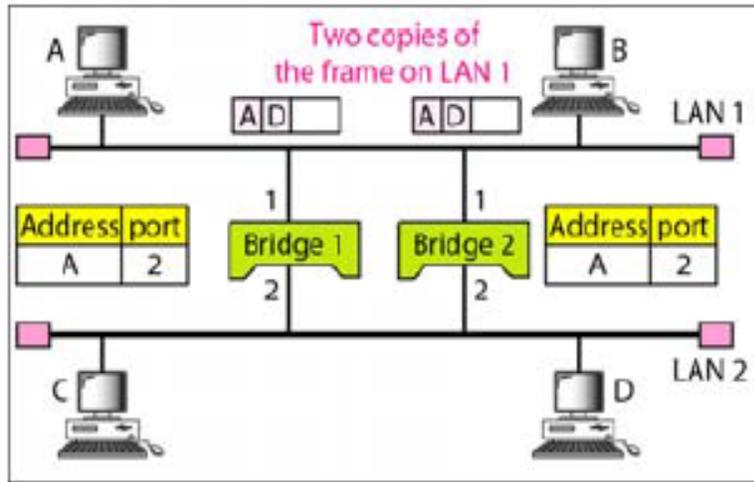
إن وضع الجسور بشكل مكرر ضمن الشبكة غير مرغوب به لأنه يخلق حلقات.



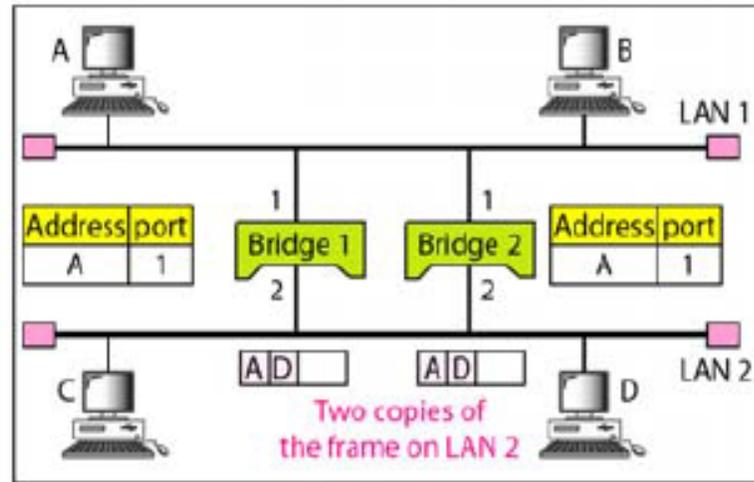
أ - ترسل المحطة A إطاراً إلى المحطة D



ب - كلا الجسورين يوجه الإطار



ج - كلا الجسورين يوجه الإطار



د - كلا الجسورين يوجه الإطار

الجسور الشفافة- مشكلة وجود الحلقات

يظهر الشكل التالي مثال عن شبكة تحوي حلقة تم خلقها عن طريق وصل شبكتين بواسطة جسرين.

- تريد المحطة A أن ترسل الإطار إلى المحطة D، وبما أن جداول الجسرين فارغة فيجري توجيه الإطار وإضافة عنوان A إلى جداولهم .
- لدينا الآن نسختين من الإطار على الشبكة LAN2 يستقبل الجسر الثاني الإطار الذي أرسله الجسر الأول وهو لا يعرف إلى الآن أين تقع المحطة D لذلك يقوم الجسر الثاني بإرسال الإطار على البوابة رقم 1.
- تصل النسخة الأخيرة من الإطار إلى الجسر الأول الذي يعيد إرسالها من جديد لعدم وجود معلومات لديه عن مكان المحطة D، في جميع الحالات، يجري تحديث الجداول الموجودة ضمن الجسور وفق الإطارات القادمة.
- يوجد لدينا الآن نسختين من الإطار على LAN1 يجري إعادة الخطوة (ب) السابقة
- **تستمر العمليات إلى اللانهاية.**
- لحل هذه المشكلة، يطلب معهد IEEE استخدام خوارزمية شجرة التغطية Spanning Tree Algorithm بغية خلق طولوجية خالية من الحلقات.

3. شجرة التغطية

تعمل خوارزمية شجر التغطية بين الجسور فقط بغية تحويل الطبولوجية الفيزيائية التي يمكن أن تحوي حلقات إلى طبولوجية خالية من الحلقات عن طريق تعطيل بعض الجسور عن العمل أو تعطيل بعض بوابات الجسور، وفي أي لحظة يتعطل جسر عن العمل فإن خوارزمية شجرة التغطية تعيد آلياً تكوين شجرة تغطية أخرى.

4. استخدام الجسور لربط شبكات محلية مختلفة

يجب أن يكون الجسر، نظرياً، قادراً على ربط شبكتين محليتين مزودتين ببروتوكولات طبقة وصلة المعطيات مختلفة، كربط شبكة إيثرنت مع شبكة WiFi اللاسلكية. توجد، في هذه الحالة بعض المسائل التي يجب مراعاتها:

- صيغة الإطار.

يجب أن يكون الجسر قادراً على تحويل الأطر من صيغة إلى صيغة أخرى وذلك لأن كل شبكة محلية تعرف صيغة خاصة بها .

- **الطول الأعظمي للمعطيات (Maximum Transfer Unit (MTU)**

عندما يكون طول المعطيات أكبر من الطول المسموح به في الشبكة الواقعة على الطرف الآخر للجسر، فيجب أن يقوم الجسر بتجزئة الإطار إلى عدة أطر على أن تتم إعادة التجميع عند الوجهة.

لا يوجد، على أية حال، أي بروتوكول ينتمي إلى طبقة وصلة المعطيات يسمح بتجزئة الأطر أو إعادة تجميعها لذلك يسعى الجسر إلى إهمال الأطر الكبيرة.

■ معدل نقل المعطيات.

تتميز كل شبكة بمعدل نقل معطيات خاص بها. فشبكات إيثرنت تنقل المعطيات بمعدلات 10 Mbps أو 100 Mbps أو 1 Gbps بينما الشبكات اللاسلكية فتتنقل المعطيات بمعدلات 1 Mbps أو 11 Mbps أو 54 Mbps لذلك يجب أن يكون الجسر قادراً على تخزين كمية كبيرة من المعطيات ليستطيع تفادي مشكلة عدم التناظر بالسرعة بين بوابة الدخل وبوابة الخرج.

■ ترتيب البتات.

بعض الشبكات ترسل البت الأقل دلالة أولاً بينما البعض الآخر يرسل البت الأكثر دلالة أولاً؛ لذلك يجب أن يكون الجسر قادراً على التعامل مع هذه المشكلة.

■ الأمن.

بعض الشبكات مثل اللاسلكية تحقق مستويات أمنية جيدة ضمن طبقة وصلة المعطيات بينما البعض الآخر لا يعير الجانب الأمني أي انتباه. لذلك يجب أن يكون الجسر قادراً مثلاً على فك تشفير رسالة ما عندما تنتقل من شبكة آمنة إلى شبكة غير آمنة.

■ دعم التطبيقات متعددة الوسائط Multimedia Support

تدعم بعض الشبكات التطبيقات متعددة الوسائط وتؤمن جودة الخدمة Quality Of Service (QoS) المطلوبة لهذه التطبيقات والبعض الآخر لا يؤمنها.

5. مبدلات الطبقة الثانية Layer2-Switches

يجب هنا التمييز بين نوعين من المبدلات:

النوع الأول: يعمل على المستوى الثاني (أي الطبقتين الفيزيائية ووصلة المعطيات).

النوع الثاني: يعمل على المستوى الثالث (أي الطبقات الفيزيائية ووصلة المعطيات والشبكة).

تعريف: مبدلة الطبقة الثانية هي جسر متعدد البوابات مزود بإمكانيات معالجة متطورة.

يُستخدم الجسر عادةً لربط عدد محدد من الشبكات المحلية، لكن عندما يتوفر لدينا مبدلة بعدد كبير من البوابات فنستطيع ربط المحطة مباشرةً إلى المبدلة أو بشكل آخر تصبح كل شبكة محلية مكونة من المحطة وبوابة المبدلة (لا تصادمات بعد الآن).

تصفي المبدلة مثلها مثل الجسر الأطر حسب العناوين الفيزيائية كما يمكن تزويدها بدارئة لتخزين الأطر لحين معالجتها.

نذكر من الميزات الأخرى التي تتمتع بها المبدلة ما يلي:

- إمكانية توجيه الإطار إلى بوابة الخرج بعد فحص عنوان الوجهة فقط ودون الحاجة إلى إدخال كامل الإطار واختبار الأخطاء عليه.
- تعرف هذه الإمكانية بـ Cut-through switching وهي تحسن أداء المبدلة (زمن تأخير إرسال الإطار هو من مرتبة 6 بايتات) لكن في نفس الوقت تزيد معدل الأخطاء الناتجة إما عن تشوه الإشارة نتيجة الضجيج أو نتيجة التصادم.
- إمكانية توجيه الإطار إلى بوابة الخرج بعد إدخال أول 64 بايت منه. تعرف هذه الإمكانية باسم Fragment free cut through switching وهي تؤخر إرسال الإطار بزمن دخول أول 64 بايت لكن في نفس الوقت تحسن الوثوقية وذلك لأننا بعد مرور أول 64 بايت من الإطار نصبح متأكدين أن الإطار لم يتعرض لتصادم.

- إمكانية وجود بوابة صاعدة أو أكثر تدعى Uplinks.
- يكون معدل النقل لهذه البوابة أكبر منه لدى بقية البوابات وتفيد هذه البوابة في ربط مبدلات مع بعضها البعض أو ربط مخدم إلى الشبكة.
- فعند التكلم عن مبدلة (24- port 10Base-T with 2-port 100Base-Tx uplinks) نقصد مبدلة مزودة بـ 24/ بوابة/ تعمل بمعدل 10 Mbps وبيوابتين تعملان بسرعة 100 Mbps.

2. أجهزة ترابط الشبكات Interconnection Network Devices

1.2 المسيرات Routers

يعمل المسير على المستوى الثالث أي يقوم بتسيير الطرود حسب العنوان المنطقي. يربط المسير عادةً الشبكات المحلية مع الشبكات الواسعة ضمن الإنترنت ويحوي جدول تسيير يساعده على اتخاذ قرارات التسيير اعتماداً على أفضل مسار (أو طريق) بين المصدر والوجهة. تكون جداول التسيير عادةً آلية التأقلم حيث يجري تحديثها باستخدام بروتوكولات

التسيير Routing Protocols

2.2 مبدلات الطبقة الثالثة Layer-3 Switches

تمتاز المبدلة التي تعمل على المستوى الثالث عن مسير بكونها أكثر سرعة وأكثر تطوراً. فالبنية الداخلية للمبدلة Switching Fabric تجعل عمليات البحث ضمن الجداول والتسيير أكثر سرعة.

3.2 العبارة Gateway

تعمل العبارة ضمن جميع المستويات الخمسة بالنسبة للإنترنت والسبعة بالنسبة للنموذج OSI تستقبل العبارة رسالة من تطبيق ما وتقرأها وتفسرها مما يعني أنه يمكن استخدام العبارة لربط نظامين يستخدمان نموذجين مختلفين. لربط، على سبيل المثال، شبكة نظام يستخدم نموذج OSI المعياري ونظام آخر يستخدم نموذج الإنترنت .TCP/IP

تستطيع العبارة الولوج إلى جميع الترويسات التي تولدها كل الطبقات وتوليد ترويسات مختلفة لذلك يطلق عليها في بعض الأحيان اسم محول بروتوكولات Protocol Converter. يمكن أخيراً للعبارة أن تؤمن الحماية والأمن عن طريق تصفية الرسائل على مستوى التطبيقات Application-level filtering

3. الشبكات المحلية الافتراضية VLANs

تعتبر محطة ما جزءاً من شبكة محلية إذا كانت فيزيائياً مربوطة إلى تلك الشبكة، لذلك فعلاقة الانتماء هي علاقة جغرافية عادةً. **تعريف:** الشبكة المحلية الافتراضية (Virtual LAN (VLAN هي شبكة محلية معرفة عن طريق البرمجيات وليس الطبولوجية الفيزيائية.

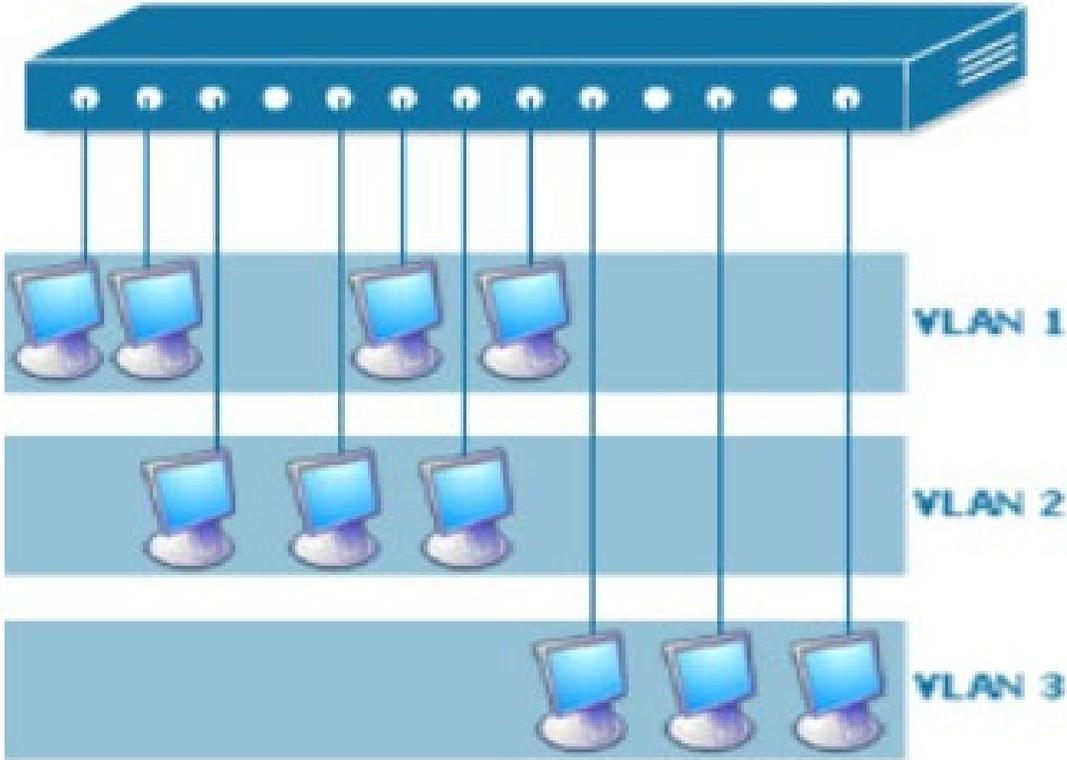
لنأخذ المثال المبين في الشكل التالي:



لاحظ أننا مددنا الشبكة المحلية بطريقة تسمح بتعريف ثلاث مجموعات عمل بحيث يعمل أعضاء كل مجموعة سوياً أو يكون لديهم مشاريع مشتركة.

لكن ماذا يحصل لو أراد مدير النظام نقل مهندسين من المجموعة الأولى إلى المجموعة الثالثة لتسريع العمل مثلاً؟ يجب على التقنيين إعادة تمديد الكابلات من جديد ومن ثم إعادة التمديد في كل مرة يطرأ تعديل على عضوية كل مجموعة.

مبدلة مزودة ببرمجيات لتحقيق الشبكة الافتراضية



يظهر الشكل التالي نفس الشبكات المحلية مقسمة إلى شبكات افتراضية.

- تزويد المبدلة ببرمجيات
لتحقيق الشبكة الافتراضية -

تكمن الفكرة الأساسية خلف الشبكات الافتراضية بتقسيم الشبكة منطقياً وليس فيزيائياً.

يدعى كل قسم منطقي بشبكة افتراضية وكل شبكة افتراضية تمثل مجموعة عمل أو قسم مختلف ضمن المؤسسة.
لا نحتاج في هذه الحالة إلى تغيير التمديدات الفيزيائية للتأقلم مع انتقال الأشخاص من مجموعة عمل إلى أخرى وذلك لأننا نحدد عضوية الأشخاص إلى المجموعات عن طريق البرامج.

لذلك نستطيع نقل كل محطة بشكل منطقي من شبكة افتراضية إلى شبكة افتراضية أخرى.

عندما يرسل عضو من شبكة افتراضية تعميم فإن أعضاء هذه الشبكة الافتراضية فقط هم الذين يستقبلون الرسالة. أي أن الشبكات الافتراضية تسمح بتحسين أداء الشبكة عن طريق حصر رسائل التعميم على مستوى الشبكة الافتراضية وليس الشبكة ككل.