جامعة المنارة
كلية الهندسة
هندسة الروبوت والأنظمة الذكية

مدخل إلى الشبكات

Introduction To Networks CEDC507

مدرس المقرر
أ.د. مثنى علي القبيلي

الفصل الدراسي الصيفي | الاثنين 14/08/2023 | العام الدراسي 2022-2023

Chapter 4: Reactive MANET Protocols

Reactive protocols

- في البروتوكولات التفاعلية (reactive):

1. تُحدد المسارات عند الطلب من قبل المنبع الذي يقوم بعملية اكتشاف المسار.
2. يحدث اكتشاف المسارات دائماً عن طريق غمر الشبكة برزم طلب مسار.
3. تخفض الحمل الزائد الملاحظ في البروتوكولات الاستباقية (Proactive) عن طريق الاحتفاظ بالمسارات الفعالة فقط.
4. إن تحديد المسارات والمحافظة عليها مطلوب من أجل إرسال المعلومات إلى الوجهة الفعلية.

استراتيجيات الـ Reactive protocols

Hop-by-hop routing	Source routing
تحتوي كل رزمة معلومات على عنوان الهدف وعنوان القفزة التالية فقط	تحتوي كل رزمة معلومات العنوان الكامل من المنبع إلى الهدف
توجه العقد الوسيطية هذه الرزم اعتماداً على جداول توجيهها	توجه العقد الوسيطية هذه الرزم اعتماداً على المعلومات الموجودة في ترويسة كل منها

استراتيجيات الـ Reactive protocols

Hop-by-hop routing

مناسبة للشبكات الديناميكية
لأن العقد ستحدث جداولها بشكل دوري

يجب أن تحتفظ كل عقدة وسيطية
بمعلومات التوجيه حول كل مسار فعال و هذا
ما يتطلب منها معرفة جيرانها عن طريق
إرسال المزيد من الرسائل

Source routing

يقلل من حجم الحمل الزائد لأن
العقدة لا تحتاج للاحتفاظ بالاتصالية مع
الجيران باستخدام رسائل Hello

ينخفض أداؤها في الشبكات الكبيرة
بسبب عدد العقد الوسيطية الكبير الذي:
1. يزيد من احتمال حدوث فشل في المسار
2. يزيد من حجم الحمل الزائد

Reactive Protocols

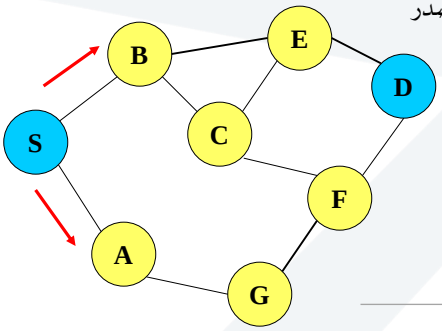
- ✓ AODV: Ad hoc On-demand Distance Vector
- ✓ DSR: Dynamic Source Routing
- ✓ TORA: Temporally Ordered Routing Algorithm
- ✓ SSA: Signal Stability-based Adaptive Routing Protocol
- ✓ CBRP: Cluster-Based Routing Tree
- ✓ FORP: Flow Oriented Routing Protocol
- ✓ LMR: Light-weight Mobile Routing
- ✓ ROAM: Routing On-demand Acyclic Multi-path
- ✓ ABR: Associativity-Based Routing
- ✓ ARA: Ant-colony-based Routing Algorithm

AODV Protocol: Ad Hoc On-demand Distance Vector Protocol

Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

- يعتمد هذا البروتوكول على hop by hop
- لا حاجة لتضمين كامل المسار ضمن الرزمة
- يمكن تقسيم العمليات التي ينجزها إلى:
  - ✓ إنشاء المسار
  - ✓ صيانة (إدارة) المسارات
  - ✓ حذف المسار

AODV– Route Discovery



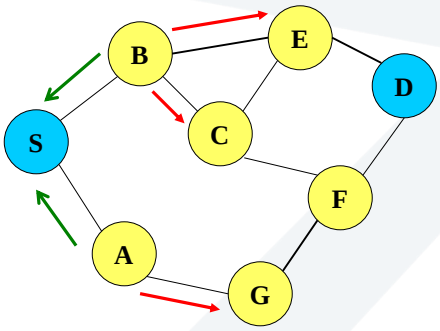
- تبدأ عملية اكتشاف المسار عندما تدرك العقدة المصدر أنها لا تملك مساراً إلى العقدة الهدف ضمن جدولها
- تقوم العقدة المصدر ببث رزمة طلب مسار (route request)
- تتميز رزمة طلب مسار بـ
  - عنوان المصدر
  - عنوان الهدف
  - رقم تسلسلي للهدف

Route Request

AODV– Route Discovery

➢ **عند استقبال رزمة طلب المسار من قبل العقدة نميز حالتين :**

1. **إ ذا لم تكن هي العقدة الهدف أو كان المسار إلى الهدف مجهولاً لديها:**



تدفع العقدة رزمة طلب المسار المستلمة إلى العقد المجاورة وتسجل ضمن جدولها المعلومات الآتية:

- عنوان المصدر
- عنوان الهدف
- عنوان العقدة التي تلقت منها رزمة الطلب
- الرقم التسلسلي للهدف
- عدد القفزات بعد زيادتها واحد

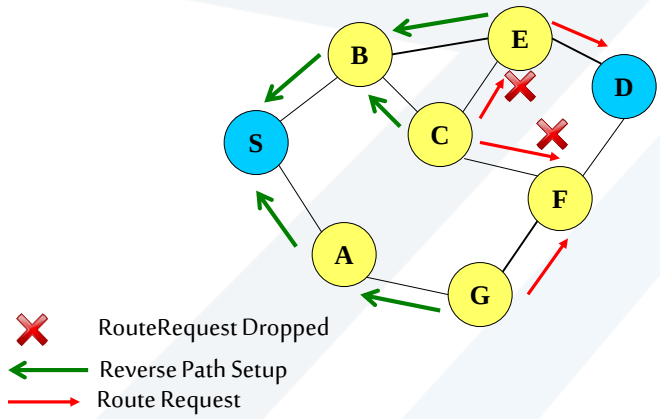
هكذا يتشكل المسار العكسي (Reverse Path)

Reverse Path Setup
Route Request

AODV– Route Discovery

- **ملاحظة هامة:**

تستقبل كل عقدة الرزمة الأولى فقط (الخاصة بمصدر و هدف محددين) وكل نسخة أخرى يتم إهمالها.



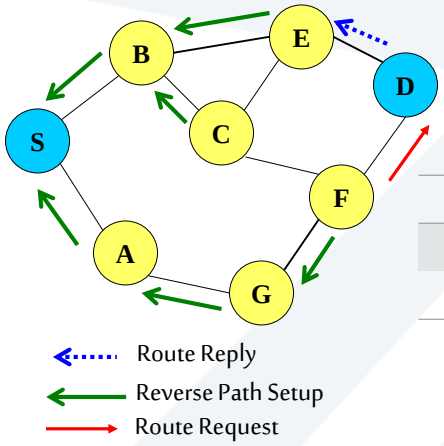
AODV– Route Discovery

2. في حال كانت العقدة هي العقدة الهدف:

تقوم هذه العقدة بإرسال رزمة إجابة (reply) إلى المصدر بعملية (unicast).

تتضمن رزمة الإجابة المعلومات الآتية:

- الرقم التسلسلي للهدف
- عدد القفزات (بعد تصفيرها)
- زمن حياة المسار

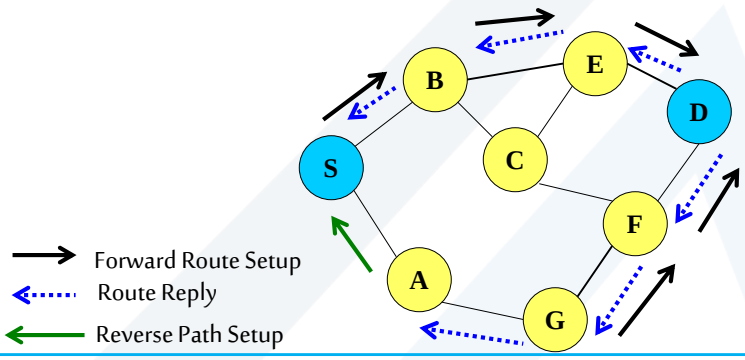


AODV– Route Discovery

- عندما تستقبل العقدة الوسيطية رزمة الإجابة تقوم بتسجيل المعلومات الآتية:

عنوان الهدف، العقدة المجاورة التي تلقت منها الرزمة، عدد القفزات، زمن الحياة

وبهذا يتشكل المسار الأمامي (Forward Route)



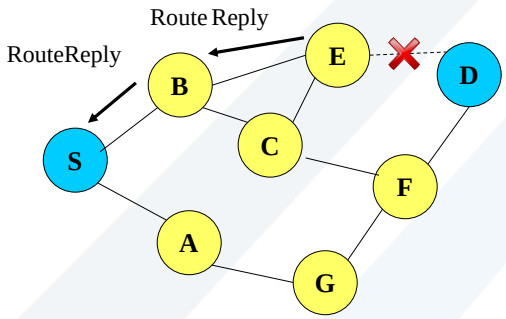
AODV– Route Discovery

- تبدأ العقدة المصدر بإرسال رزم البيانات عند تلقيها لأول رزمة إجابة.
- تقوم العقدة المصدر بتعديل المسار عند تلقيها لرزمة إجابة تحتوي عدد قفزات أقل
- تحتفظ كل عقدة بعداد (زمن الحياة) حيث تقوم بحذف تسجيل المسار بعد انقضاء زمن محدد من عدم استخدام هذا المسار (300 s)
- الغاية من استخدام الرقم التسلسلي للهدف هو: تحديد المسار الأحدث

لذا عند بدء عملية اكتشاف جديدة للمسار يعطي المصدر في رزمة طلب المسار الجديدة رقماً تسلسلياً أعلى للهدف من الرقم السابق، هكذا لا تستطيع العقدة الوسيطية التي تحتفظ بمسار معلوم إلى الهدف برقم تسلسلي أقل للرد على الطلب

AODV – Route Maintenance

- عند اكتشاف عقدة لفشل في وصلة مرتبطة بها(غياب رسائل hello القادمة عبر هذه الوصلة)، ترسل رسالة route reply مع عدد قفزات لانهائي
- تصل الرسالة إلى المصدر والذي يقوم بإنشاء عملية اكتشاف مسار جديد



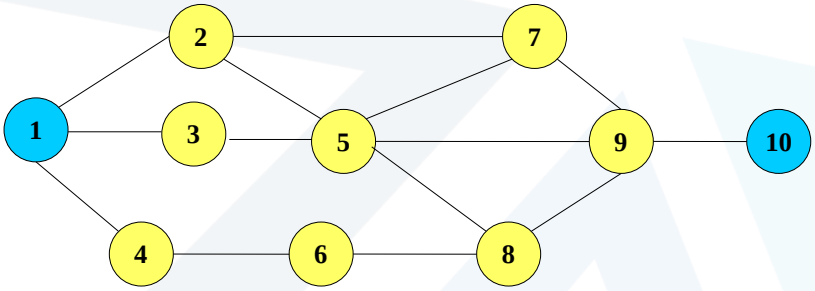
specifications

المميزات:

- إنشاء المسارات عند الحاجة
- استخدام المسارات الأحدث باستخدام destination ID
- Overhead كبيرة وذلك لضرورة تبادل رسائل hello
- إرسال reply من قبل العقد الوسيطية يجعل المسار متغيراً وغير ثابت (تغير المسار كلما تم استقبال reply بعدد قفزات أصغر)

مثال عن AODV

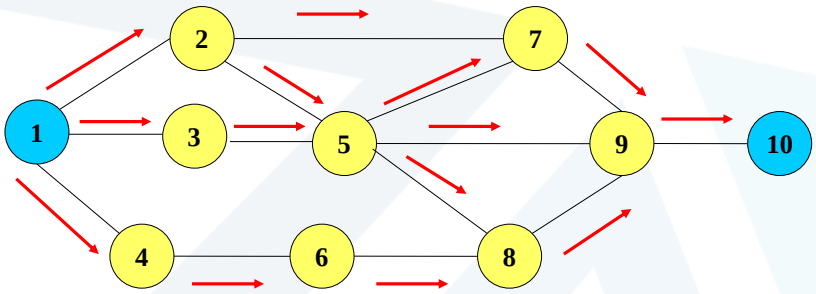
إذا كان لدينا الشبكة الآتية:



ما هي المسارات التي سيستخدمها المصدر (1) للوصول إلى الهدف (10) حسب البروتوكول AODV؟ ارسم عملية Route Discovery

مثال عن AODV

عملية اكتشاف المسار:



Reverse Path Setup

Forward Route Setup

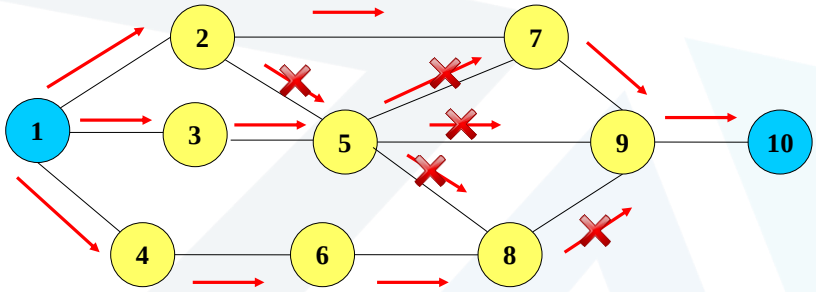
Route Request

RouteRequest Dropped

Route Reply

مثال عن AODV

عملية اكتشاف المسار:



Reverse Path Setup = Forward Route Setup

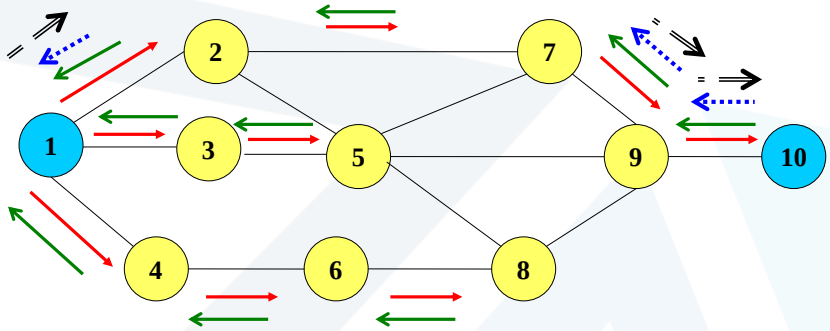
Route Request

RouteRequest Dropped

Route Reply

مثال عن AODV

عملية اكتشاف المسار:



Reverse Path Setup = Forward Route Setup

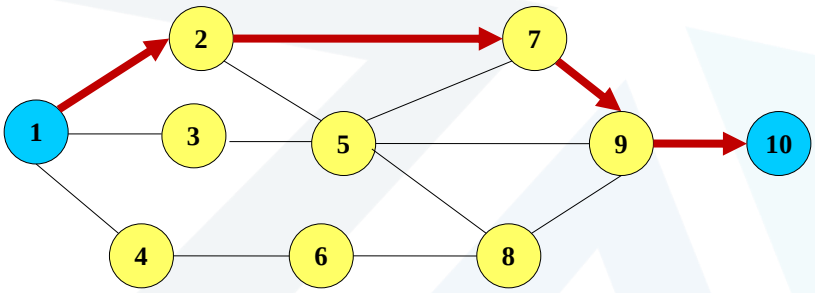
Route Request

RouteRequest Dropped

Route Reply

مثال عن AODV

عملية اكتشاف المسار:

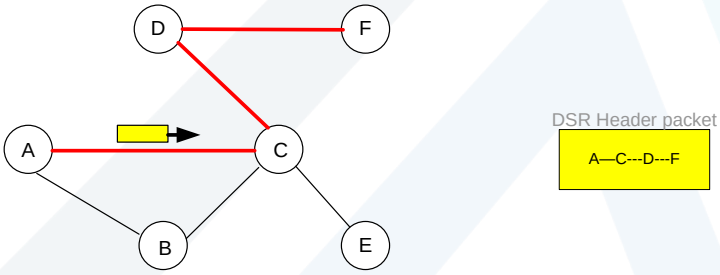


إذاً المسار هو: 1 ⟶ 2 ⟶ 7 ⟶ 9 ⟶ 10

DSR Protocol: Dynamic Source Routing

Dynamic Source Routing (DSR)

- بروتوكول توجيه يعتمد استراتيجية source routing
- تتضمن ترويسة رزمة البيانات كامل المسار
- لا حاجة إلى معلومات توجيه لدى العقد الوسيطية



Dynamic Source Routing (DSR)

- يمكن للمصدر أن يخزن **مسارات متعددة لهدف واحد**
- تستخدم هذه الخوارزمية في الشبكات المتوسطة وقليلة الحركية
- **يمكن تقسيم العمليات التي ينجزها إلى:**
  - ✓ إنشاء المسار (Route Discovery)
  - ✓ صيانة المسارات (Route Maintenance)

Dynamic Source Routing (DSR)

1. يقوم المصدر ببث رزمة طلب مسار route request تتميز بـ

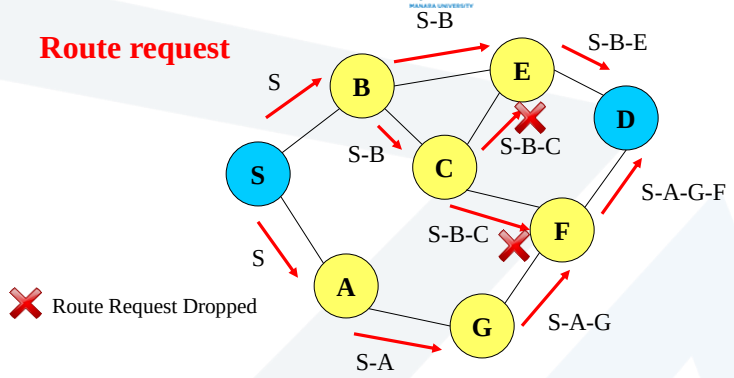
(ID المصدر ، ID الهدف، ID request)

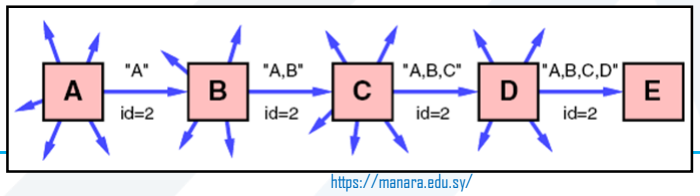
2. تقوم العقد الوسيطية بمايأتي:

- ✓ إذا كانت قد تلقت الطلب سابقاً ⟵ يحذف
- ✓ إذا كان ID العقدة مذكوراً في الطلب ⟵ يحذف
- ✓ إذا كان المسار إلى الهدف معلوماً ⟵ إرسال reply متضمن كامل المسار إلى الهدف
- ✓ إذا كان المسار إلى الهدف مجهولاً ⟵ إضافة ID الخاص بالعقدة إلى رزمة الطلب وإعادة بث الرزمة

DSR– Route Discovery

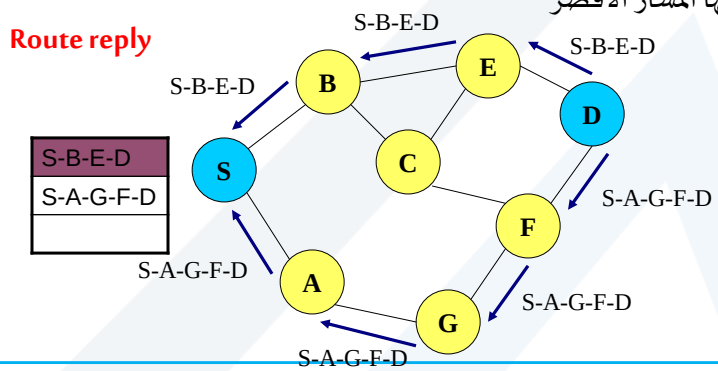
Route request





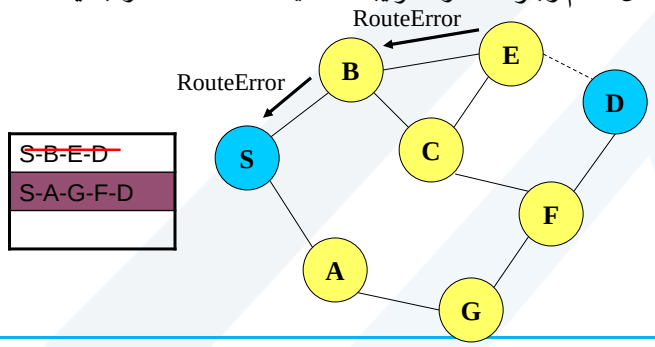
DSR– Route Discovery

- بعد وصول الطلب إلى الهدف يقوم بإرسال الإجابة متضمنة كامل المسار الذي سلكه الطلب
- تصل الإجابة إلى المصدر(قد تكون عدة إجابات) الذي يخزن المسارات في ذاكرته ويختار منها المسار الأقصر



DSR – Route Maintenance

- عند اكتشاف عقدة لفشل في وصلة مرتبطة بها، ترسل رسالة خطأ إلى المصدر والذي يقوم بـ:
  - ✓ مسح المسار المتضمن لهذه الوصلة من ذاكرته
  - ✓ استخدام مسار آخر لنفس الهدف
  - ✓ في حال عدم وجود مسار آخر يبدأ عملية اكتشاف مسار جديدة

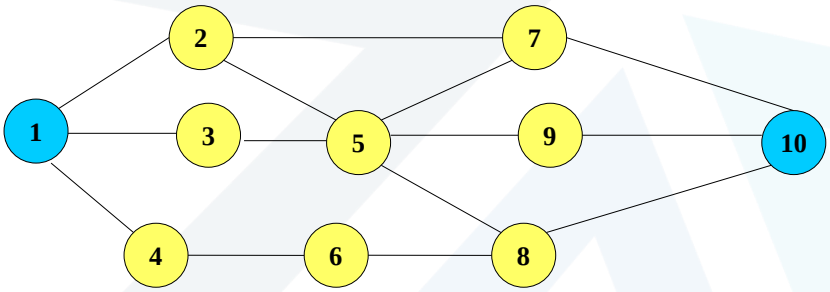


Specifications

- المميزات:
  - تخفيض الoverhead في الشبكة نتيجة لعدم وجود رسائل hello
  - متطلبات التخزين صغيرة للعقد
  - اكتشاف الوصلات الفاشلة لا يتم إلا عند إرسال البيانات
  - تتم عملية إصلاح المسارات من قبل المصدر حصراً
  - الحجم الكبير للـ overhead الخاصة بكل رزمة

مثال عن DSR

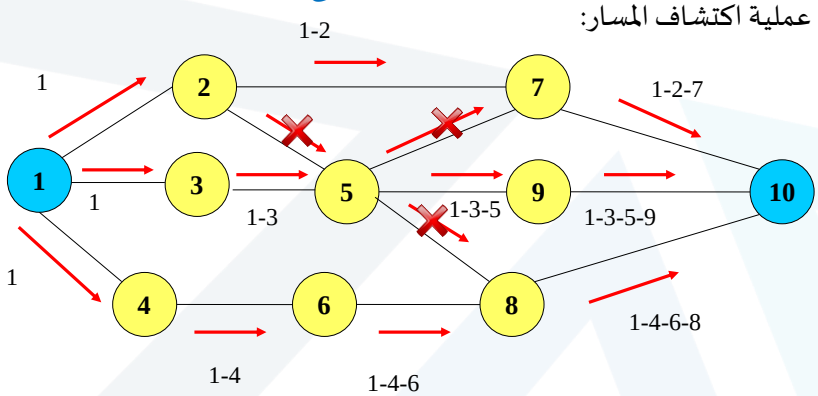
إذا كان لدينا الشبكة الآتية:



ما هي المسارات التي سيستخدمها المصدر (1) للوصول إلى الهدف (10) حسب البروتوكول DSR؟ ارسم عملية Route Discovery

مثال عن DSR

عملية اكتشاف المسار:



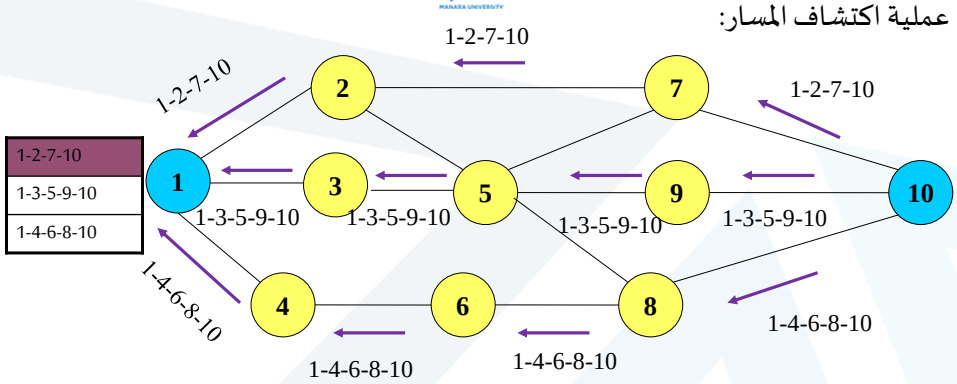
Route Reply

Route Request

Route Request Dropped

مثال عن DSR

عملية اكتشاف المسار:



Route Reply

Route Request

Route Request Dropped

TORA Protocol: Temporally Ordered Routing Algorithm

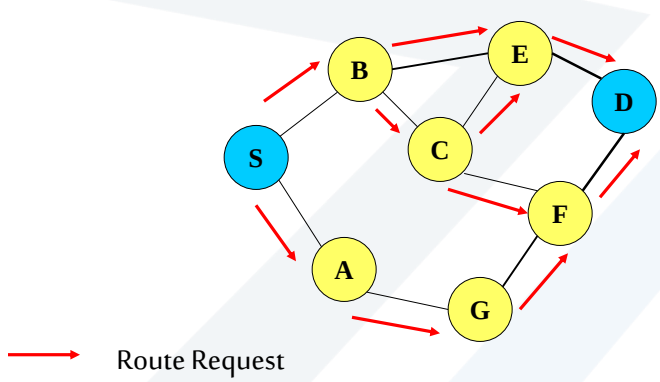
Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)

- يعتمد هذا البروتوكول على خوارزمية عكس الوصلة link reversal ولا يعتمد على شعاع المسافة أو حالة الوصلة نهائياً
- استخدام بارامتر جديد يسمى الارتفاع height
- تشكيل مخطط موجه من المصدر باتجاه الهدف DAG (direct acyclic graph)
- انتقال الرزم يتم حصراً من العقد ذات الارتفاع الأكبر إلى العقد ذات الارتفاع الأقل

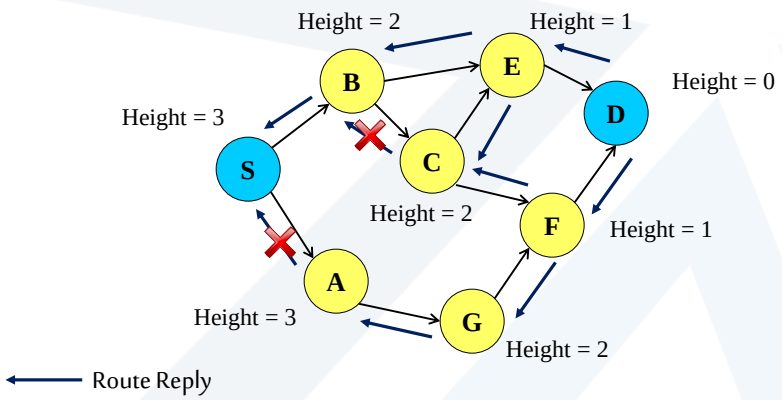
TORA – Route Discovery

- تقوم العقدة المصدر ببث رزمة طلب مسار إلى جميع العقد
- عند وصول الطلب إلى الهدف يقوم بإرسال رزمة الإجابة التي تتضمن بارامتر الارتفاع الخاص به وقيمته صفر
- تقوم كل عقدة وسيطية بتحديد ارتفاعها بزيادة قيمة الارتفاع المحددة في الإجابة الواصلة إليها بمقدار واحد
- يتم تشكيل المخطط الموجه حيث تصبح الوصلات أحادية الاتجاه ويتحدد الاتجاه من العقدة ذات الارتفاع الأكبر إلى العقدة الأقل ارتفاعاً وبالتالي يتشكل المسار إلى الهدف

TORA – Route Discovery

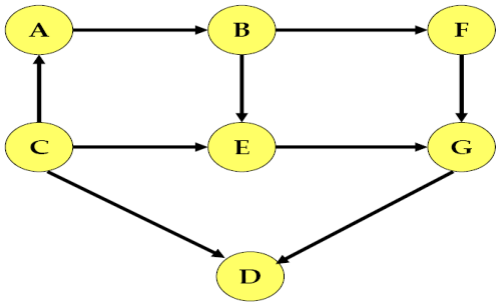


TORA – Route Discovery



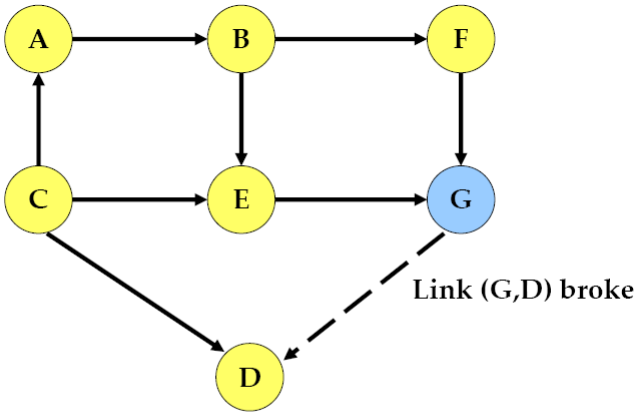
TORA – Route Maintenance

- تبدأ عملية إصلاح المسار عندما تفشل جميع المسارات إلى الهدف
- يتم تعديل بارامتر الارتفاع للعقد وذلك بتطبيق خوارزمية عكس الوصلة
- تبدأ عملية التعديل من العقدة التي لا تملك أية وصلة هابطة



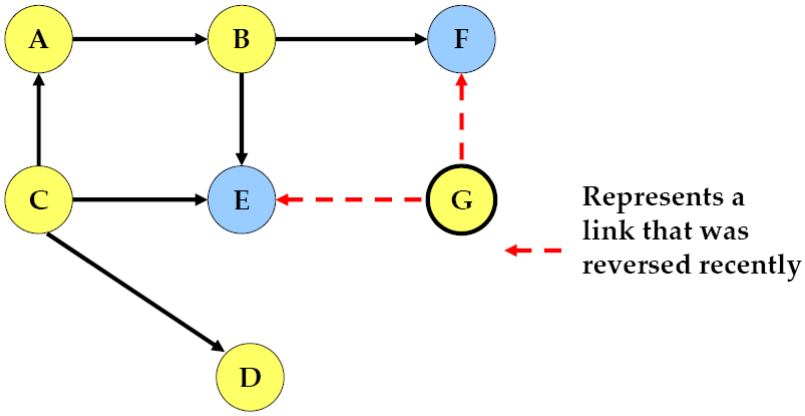
DAG maintained to destination D

TORA – Route Maintenance



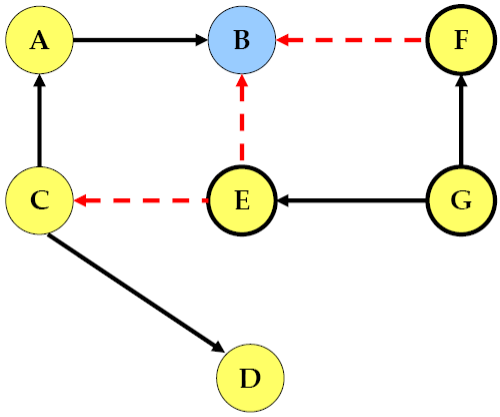
Node G has no outgoing links

TORA – Route Maintenance



Now nodes E and F have no outgoing links

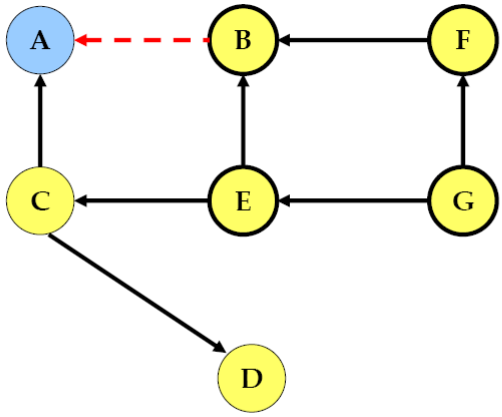
TORA – Route Maintenance



Represents a link that was reversed recently

Nodes E and F *do not* reverse links from node G
Now node B has no outgoing links

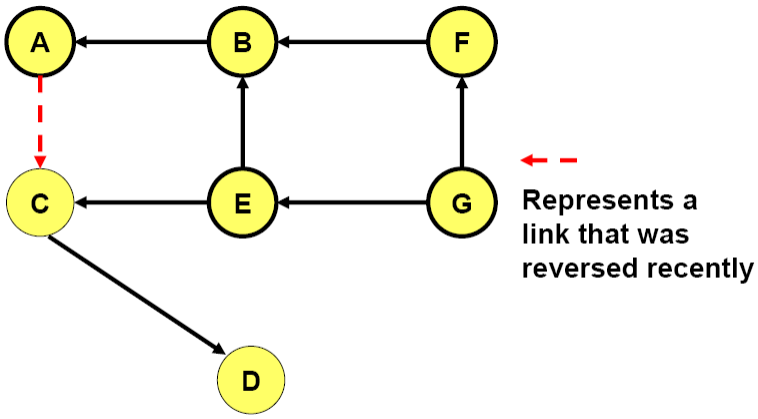
TORA – Route Maintenance



Represents a link that was reversed recently

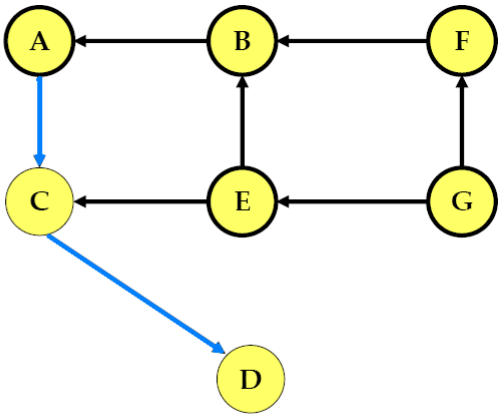
Now node A has no outgoing links

TORA – Route Maintenance



Now all nodes (except destination D) have outgoing links

TORA – Route Maintenance



DAG has been restored with only the destination

specifications

المميزات:

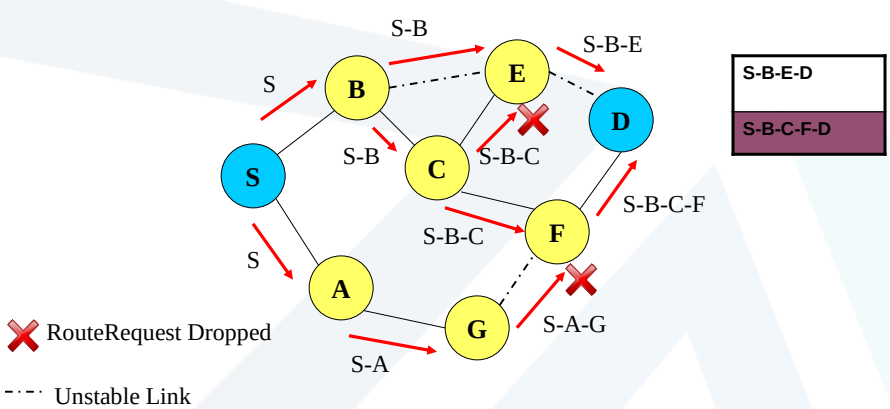
- ✓ دعم المسارات المتعددة
- ✓ تخفيض الـ overhead لرزمة البيانات
- ✓ متطلبات تخزين صغيرة للعقد (تخزين بارامتر واحد)
- ✓ المسار المستخدم ليس دائماً هو الأقصر
- ✓ يحتاج إلى التزامن

ABR Protocol: Associativity-Based Routing

Associativity-Based Routing (ABR)

- بروتوكول مبني على رسائل الـ beacon
- يعتمد على اختيار المسار الأكثر بقاءً (long lived) فهو يعتمد على بارامتر جديد هو ثبات الوصلة
- يعتمد تعريف الوصلة الأكثر ثباتاً على حركية العقد المشكلة لها وكذلك على عدد رسائل الـ beacon المتبادلة
- بناء على ما سبق تقسم الوصلات في الشبكة إلى وصلات ثابتة وأخرى غير ثابتة
- تستخدم هذه الخوارزمية مبدأ مشابهاً لـ DSR من حيث كونها مقادة من قبل المصدر ومن حيث أن كل عقدة تضيف ID الخاص بها أثناء مرور رزمة طلب المسار عبرها
- تتبادل العقد رسائل الـ beacon وتحدد كل عقدة الوصلات الثابتة من خلال عدد الرسائل المتبادلة مع جيرانها

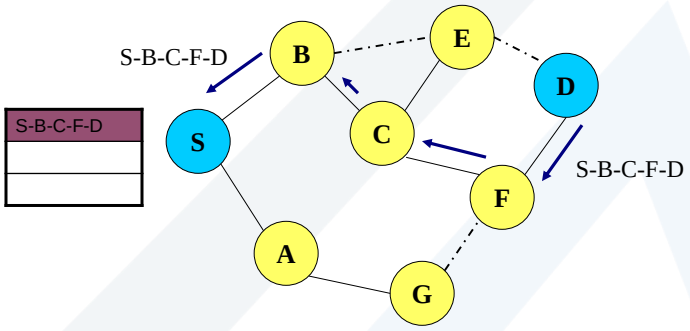
ABR– Route Discovery



- كما هو مشابه لـDSR تقوم كل عقدة بإضافة ID الخاص بها وكذلك عدد رسائل الـbeacon الخاصة بالوصلة التي سترسل عبرها رزمة الطلب.

ABR– Route Discovery

- يقوم الهدف باختيار المسار الذي يحوي أكبر عدد من الوصلات الثابتة حتى و لو لم يكن المسار الأقصر

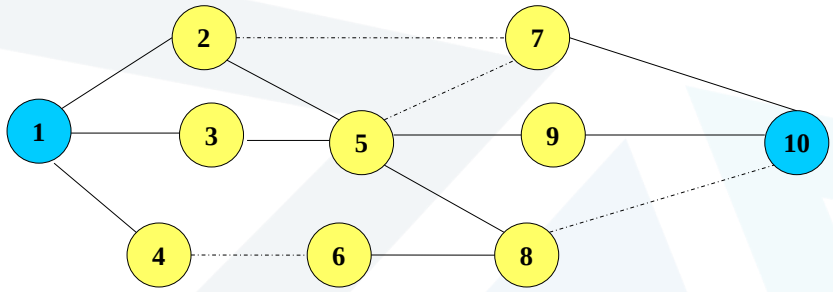


specification

- المسار المختار هو المسار ذو الحياة الأطول
- متطلبات تحديث أو إصلاح المسار أقل تكراراً
- المسار المستخدم ليس بالضرورة هو المسار الأقصر
- يتم اختيار مسار واحد فقط وبالتالي زيادة الزمن اللازم لإيجاد مسار بديل في حال فشل المسار المستخدم
- الكلفة العالية لرسائل الـbeacon الدورية فيما يخص عرض الحزمة والطاقة

مثال عن ABR

إذا كان لدينا الشبكة الآتية:

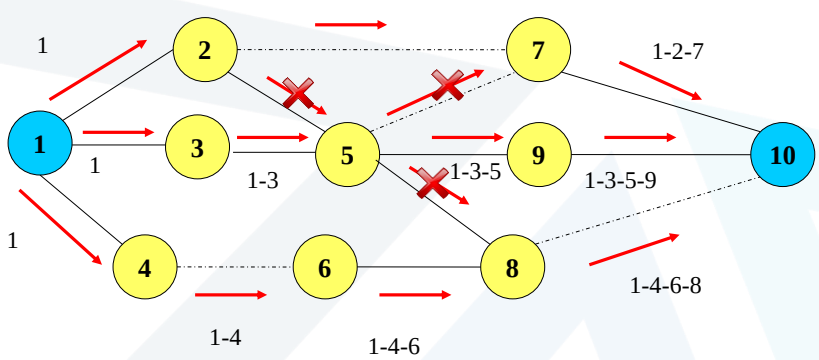


Unstable Link

ما هي المسارات التي سيستخدمها المصدر (1) للوصول إلى الهدف (10) حسب البروتوكول ABR؟ ارسم عملية Route Discovery

مثال عن ABR

عملية اكتشاف المسار:



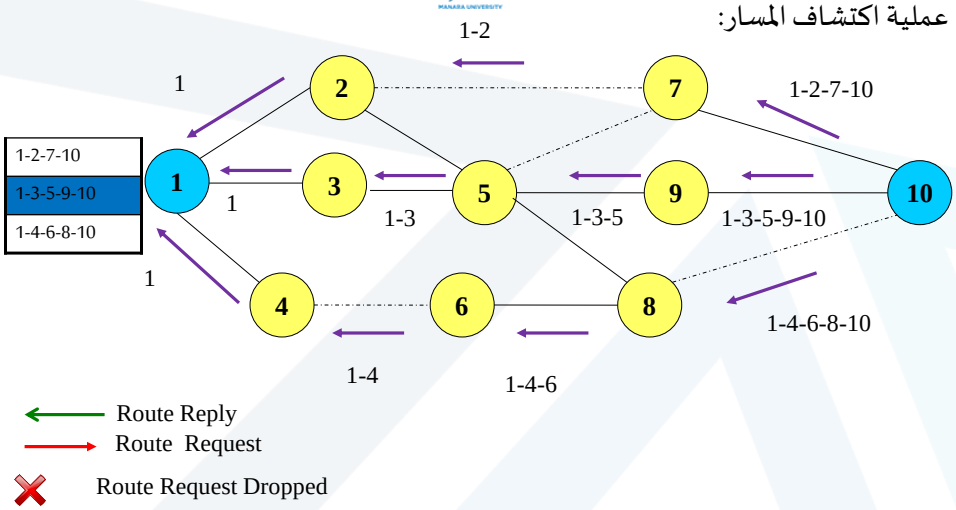
Route Reply

Route Request

Route Request Dropped

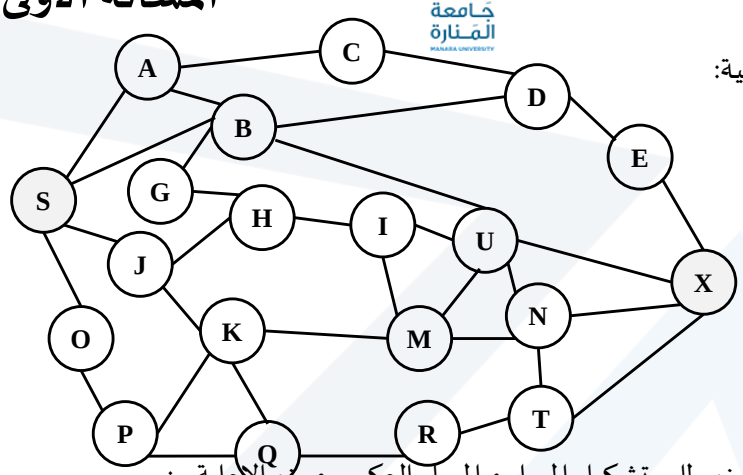
مثال عن ABR

عملية اكتشاف المسار:



المسألة الأولى

ليكن لدينا الشبكة الآتية:

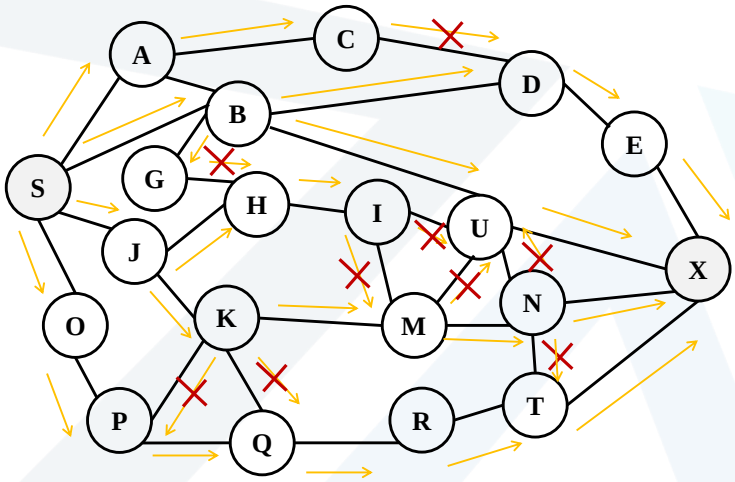


موضحاً باستخدام رزم طلب تشكيل المسار و المسار العكسي و رزم الإجابة :

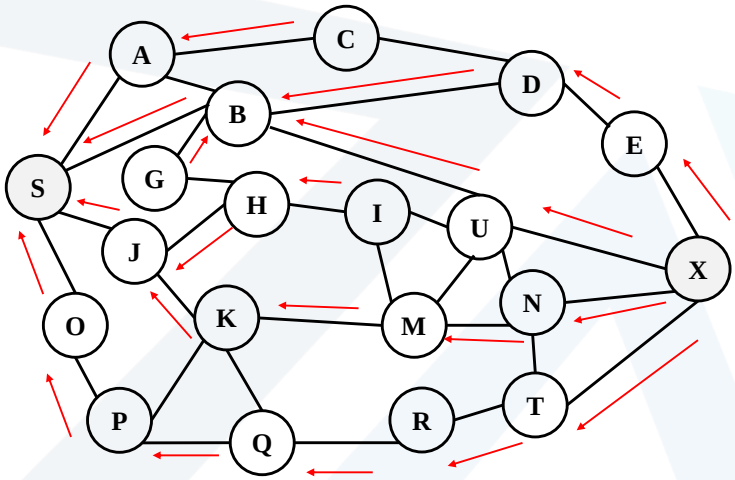
ما هي المسارات التي سيستخدمها المنبع S للوصول إلى X حسب البروتوكول AODV؟

ما هي المسارات التي سيستخدمها المنبع Sللوصول إلى X حسب البروتوكول DSR بالترتيب؟

بث رزم طلب المسار

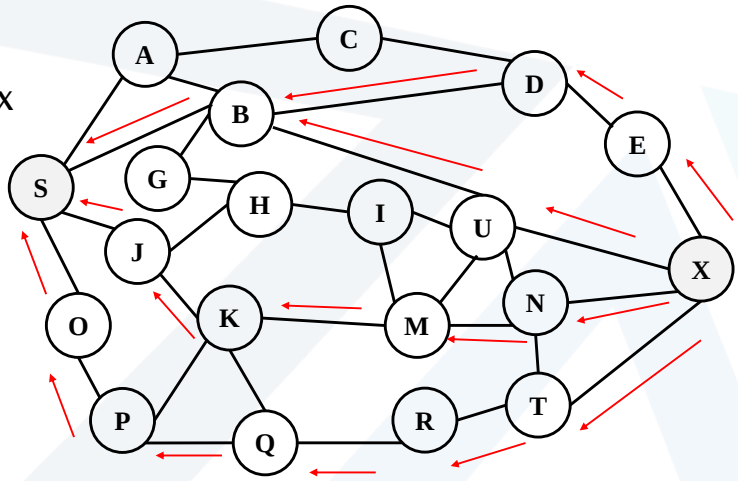


المسارات العكسية



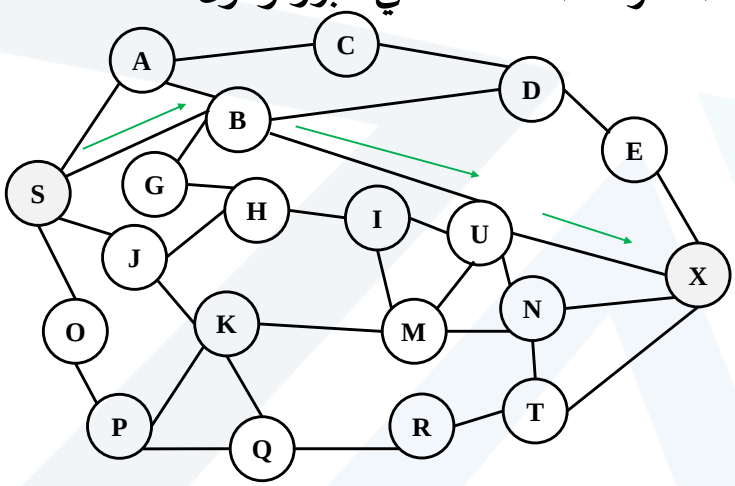
رزم الإجابة

- SBUX
- SBDEX
- SJKMNX
- SOPQRTX



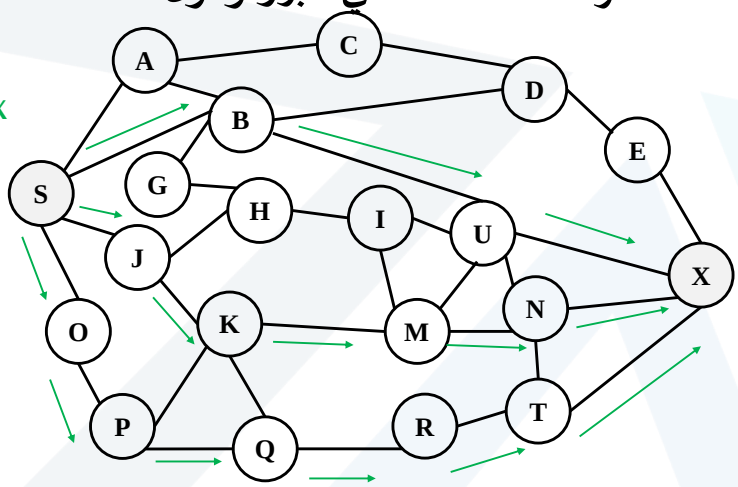
المسارات المستخدمة في البروتوكول AODV

- SBUX



المسارات المستخدمة في البروتوكول DSR

- SBUX
- SJKMNX
- SOPQRTX



Thanks