جامعة المنارة الخاصة
كلية الهندسة
هندسة ميكاترونيكس

# الشبكات الصناعية

# Industrial Networks CEMC606

مدرس المقرر
د. مثنى علي القبيلي

الفصل الدراسي الثاني | الأربعاء 23/3/2022 | العام الدراسي 2021-2022



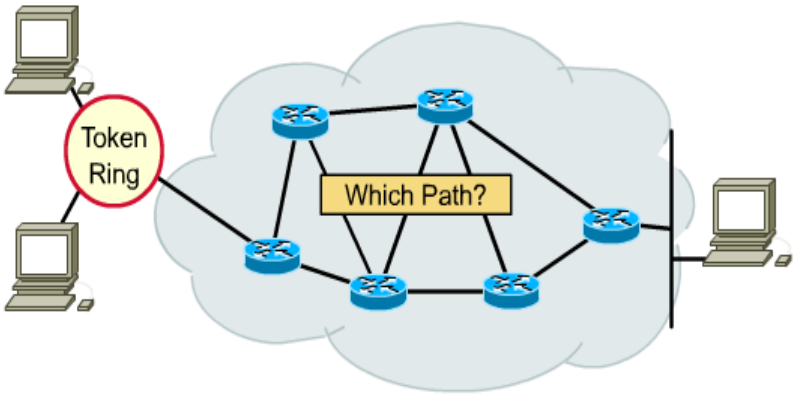
## CHAPTER 3

## خوارزميات التوجيه/التيسير
## Routing Algorithms

الغاية من المحاضرة الثالثة:

- Routing Metrics
- Forwarding vs. Routing
- Routing Protocol Goals
- Routing Tables
- Distance Vector Routing/Bellman-Ford
- Link State Routing/Dijkstra

## Network Layer: Path Determination






## Routing Principles

- يجب على طبقة الشبكة أن تحدد الطريق الذي ستسلكه رزم البيانات

- تستخدم الموجهات توابع البحث look-up function من أجل:
  - ✓ تحديد خريطة عنوان الهدف إلى عنوان القفزة التالية على طول الطريق
  - ✓ عنوان القفزة التالية
  - ✓ واجهة الخرج

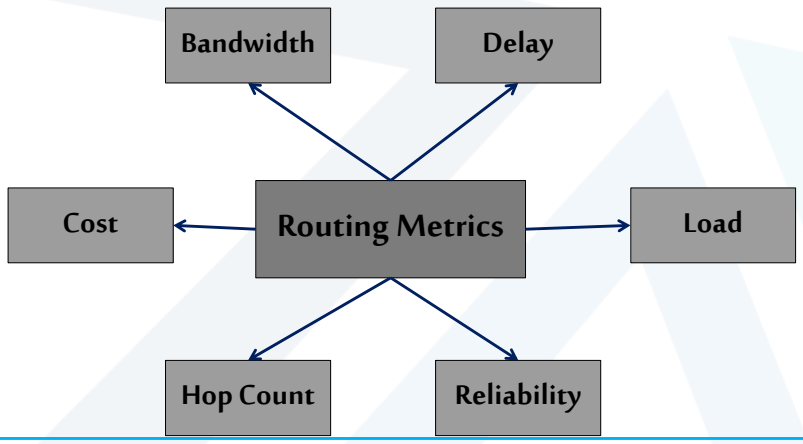
## Metrics

- يجب أن يتم تحديث جداول التوجيه وضبطها
- يحدد كل بروتوكول توجيه الطريق الأفضل "best path" بطريقته الخاصة
- يولد البروتوكول قيمة/بارامتر، METRIC ، لكل طريق عبر الشبكة
- كلما كانت القيمة أصغر كلما كانت الطريق أفضل
- تختلف هذه البارامترات Metrics اعتماداً على البروتوكول المستخدم



## Metrics

- المعلومات المستخدمة لاختيار الطريق الأقصر



## بارامترات التوجيه Routing metrics (1/2)

تتضمن بارامترات التوجيه ما يلي:

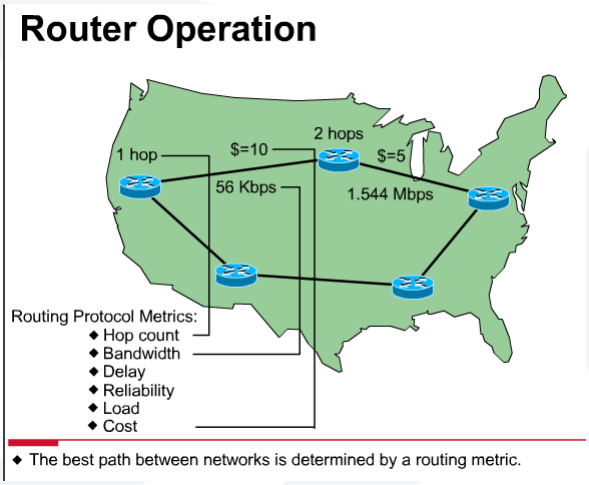
- القفزات (Hops) : هي عدد الموجهات الوسيطة بين شبكة معطاة و موجه محلي.
- الانتظار (latency): هو زمن التأخير في معالجة رزمة في موجه أو عبر طريق معطى.
- الازدحام (congestion) :طول رتل الرزم عند بوابة الدخل في الموجه.
- الحمل (load): عدد الرزم التي يتم معالجتها حالياً في الثانية.



## بارامترات التوجيه Routing metrics (2/2)

- عرض الحزمة (bandwidth): السعة المتاحة من قبل الموجه لدعم الحركة في الشبكة.
- الوثوقية (Reliability) :زمن الراحة التي يمكن أن يختبره موجه بسبب سوء بالعمل.
- وحدة الارسال العظمى (MTU) Maximum Transmission Unit :الحجم الأعظمي لرزمة يستطيع الموجه أن يوجهها دون الحاجة إلى تجزئة الرزمة.

## Example of simple routing tables





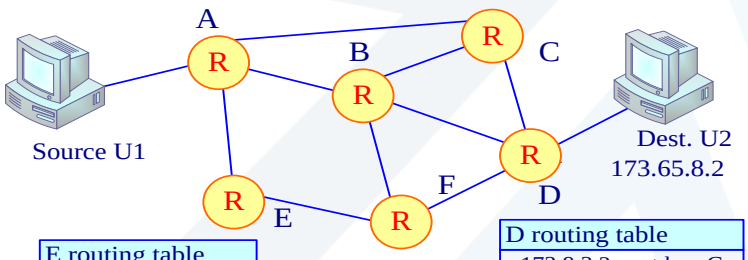



## Example of simple routing tables

| A routing table |
|---|
| 173.0.0.2 next hop B |
| 173.65.8.2 next hop E |
| 0.0.0.0 default rout C |

| B routing table |
|---|
| 173.65.8.2 next hop D |
| 173.65.7.3 next hop C |
| 173.32.8.1 next hop A |
| 0.0.0.0 default rout F |

| C routing table |
|---|
| 173.65.8.2 next hop B |
| 173.11.7.4 next hop A |
| 0.0.0.0 default rout D |

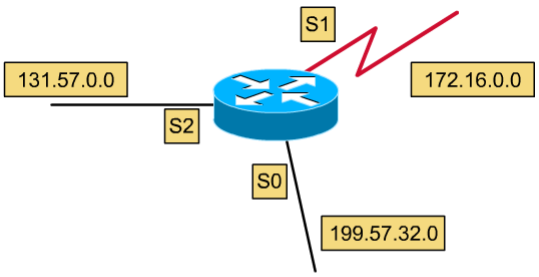



| E routing table |
|---|
| 173.65.8.2 next hop F |
| 0.0.0.0 default rout A |

| F routing table |
|---|
| 173.65.8.2 next hop B |
| 173.58.0.2 next hop E |
| 0.0.0.0 default rout B |

| D routing table |
|---|
| 173.9.3.2 next hop C |
| 173.65.8.2 next hop U1 |
| 173.3.33.5 next hop B |
| 0.0.0.0 default rout F |

## Example of simple routing tables




Each router interface must have a separate network or subnetwork address.



## أهداف بروتوكولات التوجيه

- **الطريق الأمثل Optimal Route**
  - ✓ الغاية من خوارزميات التوجيه هي كيفية الحصول على أفضل الطرق لإيصال رزم البيانات من المصدر إلى الهدف، وتعتمد على البارامتر Metric
  - ✓ يمكن تحديد خوارزمية التوجيه تبعاً لمتطلبات الشبكة والخدمة التي تزودها أو أي أهداف أخرى وذلك من أجل تزويد أفضل الخدمات
- **السهولة والفعالية Simplicity and Efficiency**
  - ✓ وتعد هامةً حيث يجب على برمجيات خوارزميات التوجيه المنجزة أن تعمل على حاسب ذو موارد محدودة
- **المتانة Robustness**
  - ✓ حيث يجب أن تعمل/تنجز الموجهات بشكل صحيح طوال الوقت
    - فشل/عطل العتاد، ظروف الحمل العالية أو إنجاز غير صحيح

## أهداف بروتوكولات التوجيه

- **التقارب السريع Rapid Convergence**
  - ✓ يجب أن يتم التقارب بشكل سريع
    - القدرة/السرعة لمجموعة من الأجهزة لتتفق على طبولوجيا الشبكة بعد حدوث تغير فيها
- **المرونة Flexibility**
  - ✓ التكيف السريع والدقيق مع مختلف أوضاع/شروط الشبكة

## Forwarding vs. Routing

- **Forwarding**: في مستوى المعطيات
  - ✓ توجيه رزمة البيانات إلى الوصلة الخارجية
  - ✓ تستخدم الموجهات المستقلة جداول النقل Forwarding Table
- **Routing**: في مستوى التحكم
  - ✓ تحسب الطرق التي ستتبعها رزم البيانات
  - ✓ تتحدث الموجهات مع بعضها البعض
  - ✓ تخلق/تنشئ الموجهات المستقلة جداول النقل Forwarding Table

## Routing Tables

✓ يجب أن تحتفظ الموجهات بالأمور الآتية:

- نموذج البروتوكول Protocol type
- التصادق هدف-القفزة التالية Destination/next-hop associations
- بارامتر التوجيه Routing metric
- الواجهات الخارجة Outbound interfaces



## Routing Types

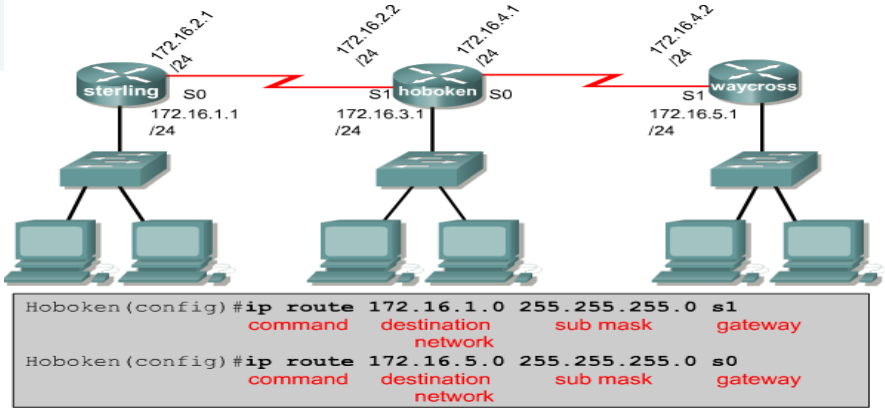
**Static**

يستخدم الطرق المُبرمجة التي
يُدخلها مدير الشبكة إلى الموجه

**Dynamic**

يستخدم الطرق التي يعدلها
بروتوكول التوجيه بشكل ديناميكي
بسبب تغيرات طبولوجيا الشبكة

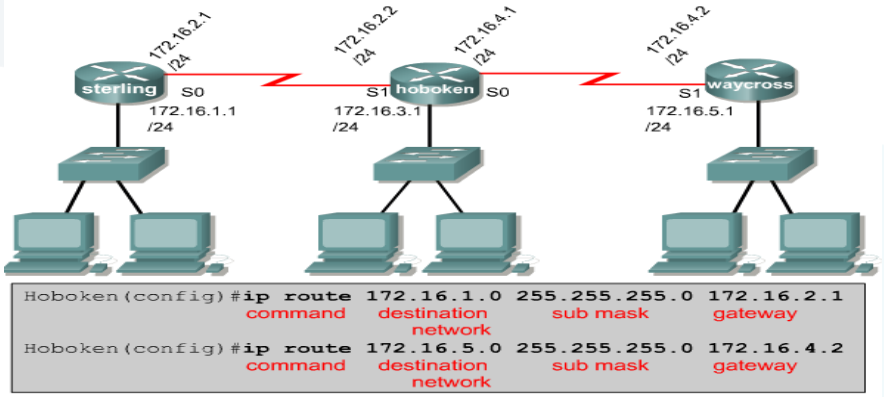
## Static Route Operation




- If the exit interface (gateway) is "down" the static route will not be put in the routing table.



## Static Route Operation




- If the router cannot reach the outgoing interface that is being used in the route, the route will not be installed in the routing table.
- This means if that interface is down, the route will not be placed in the routing table.

# تصنيف بروتوكولات التوجيه

➢ **يمكن تصنيف بروتوكولات التوجيه إلى ثلاثة تقريبات أساسية:**

- التوجيه بشعاع المسافة Distance Vector Routing
  - ✓ يتم تحديد الاتجاه والمسافة إلى أي وصلة في الشبكة
- التوجيه حسب حالة الوصلة (التوجيه بالطريق الأقصر) -Link State Routing Shortest Path first
  - ✓ تعيد خلق الطبولوجيا الدقيقة للشبكة الداخلية
- التقريب الهجين Hybrid Approach
  - ✓ يمزج بين التقريبين السابقين





# التوجيه بشعاع المسافة Distance Vector Routing

## التوجيه بشعاع المسافة(1/2)

## Distance Vector Routing

- تستخدم شبكات الحاسب الحديثة عموماً خوارزميات توجيه ديناميكية متغيرة بدلاً من الخوارزميات الساكنة التي لا تأخذ بالحسبان الحمل الحالي للشبكة
- يوجد نوعان من الخوارزميات الديناميكية:
  - ✓ التوجيه حسب حالة الوصلة (Link State)
  - ✓ التوجيه بشعاع المسافة (Distance Vector)
- تعتمد خوارزمية التوجيه بشعاع المسافة على أن يبني كل موجه جدولاً يتضمن أفضل مسافة معروفة تفصل بينه وبين كل هدف ممكن والخط الذي عليه استخدامه للوصول إلى ذلك الهدف
- يتم تحديث هذه الجداول بصورة مستمرة عن طريق تبادل المعلومات مع الموجهات الجيران
- يطلق على هذه الخوارزمية عدة أسماء، الأكثر شيوعاً هي خوارزمية **Bellman-Ford الموزعة**



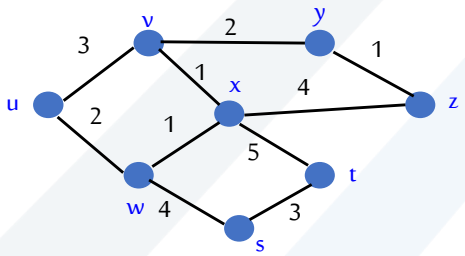
## التوجيه بشعاع المسافة(2/2)

## Distance Vector Routing

- يقوم كل موجه ببناء وتحديث جدول مبني حسب عدد الموجهات الموجودة في الشبكة التحتية بحيث يحوي مدخلاً واحداً لكل موجه
- يتألف هذا المدخل من جزأين أساسيين:
  - ✓ خط الخرج المفضل استخدامه للوصول إلى هذا الهدف
  - ✓ قيمة تخمينية للوقت أو المسافة بين الموجه وذلك الهدف
- يمكن أن يكون هذا المقياس المستخدم عبارة عن عدد القفزات، مقدار التأخير الزمني (ms) أو العدد الإجمالي للطرود المجمعّة بانتظار دورها عبر المسار
- بشكل عام يتم الاعتماد على التأخير الزمني اللازم للوصول إلى الموجه الجار

## خوارزمية Bellman-Ford

- يتم تحديد المسافات عند كل عقدة X
  - $d_x(y)$ =كلفة الاتصال (تأخير المسار) من X إلى y
- يتم تحديث المسافات اعتماداً على الجيران
  - $d_x(y) = \min \{c(x,v) + d_v(y)\}$ over all neighbors v




$d_u(z) = \min\{c(u,v) + d_v(z), c(u,w) + d_w(z)\}$



## مفاهيم خوارزمية التوجيه بشعاع المسافة
## Distance Vector Routing Algorithm

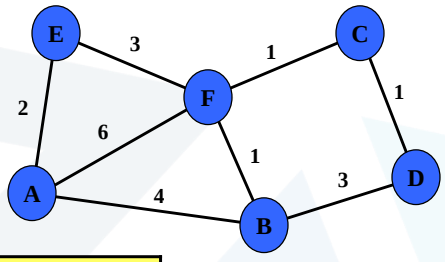
- $c(x,v)$= كلفة الوصلة المباشرة من x إلى v
  - تحتفظ العقدة x بكلفة كل الوصلات المباشرة $c(x,v)$
- $D_x(y)$= تخمين أقل كلفة من x إلى y
  - تحتفظ العقدة x بشعاع المسافة $\mathbf{D_x} = [D_x(y): y \in N]$
- تحتفظ العقدة x بأشعة المسافة لجيرانها
  - من أجل كل جار v ، تحتفظ العقدة x بـ $\mathbf{D_v} = [D_v(y): y \in N]$
- ترسل كل عقدة v بشكل دوري الـ $D_v$ إلى جيرانها،و تقوم الجيران بتحديث أشعة المسافة الخاصة بها
  - $D_x(y) \leftarrow \min_v\{c(x,v) + D_v(y)\}$ for each node $y \in N$
- مع الوقت ، يتقارب شعاع المسافة $D_x$

## مثال عن التوجيه بشعاع المسافة: الخطوة 1

Optimum 1-hop paths

| Table for A | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 0 | A |
| B | 4 | B |
| C | ∞ | – |
| D | ∞ | – |
| E | 2 | E |
| F | 6 | F |

| Table for B | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 4 | A |
| B | 0 | B |
| C | ∞ | – |
| D | 3 | D |
| E | ∞ | – |
| F | 1 | F |




| Table for C | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | ∞ | – |
| B | ∞ | – |
| C | 0 | C |
| D | 1 | D |
| E | ∞ | – |
| F | 1 | F |

| Table for D | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | ∞ | – |
| B | 3 | B |
| C | 1 | C |
| D | 0 | D |
| E | ∞ | – |
| F | ∞ | – |

| Table for E | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 2 | A |
| B | ∞ | – |
| C | ∞ | – |
| D | ∞ | – |
| E | 0 | E |
| F | 3 | F |

| Table for F | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 6 | A |
| B | 1 | B |
| C | 1 | C |
| D | ∞ | – |
| E | 3 | E |
| F | 0 | F |

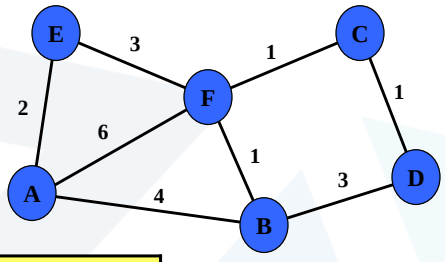

https://manara.edu.sy/

## مثال عن التوجيه بشعاع المسافة: الخطوة 2

Optimum 2-hop paths

| Table for A | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 0 | A |
| B | 4 | B |
| C | 7 | F |
| D | 7 | B |
| E | 2 | E |
| F | 5 | E |

| Table for B | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 4 | A |
| B | 0 | B |
| C | 2 | F |
| D | 3 | D |
| E | 4 | F |
| F | 1 | F |




| Table for C | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 7 | F |
| B | 2 | F |
| C | 0 | C |
| D | 1 | D |
| E | 4 | F |
| F | 1 | F |

| Table for D | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 7 | B |
| B | 3 | B |
| C | 1 | C |
| D | 0 | D |
| E | ∞ | – |
| F | 2 | C |

| Table for E | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 2 | A |
| B | 4 | F |
| C | 4 | F |
| D | ∞ | – |
| E | 0 | E |
| F | 3 | F |

| Table for F | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 5 | B |
| B | 1 | B |
| C | 1 | C |
| D | 2 | C |
| E | 3 | E |
| F | 0 | F |

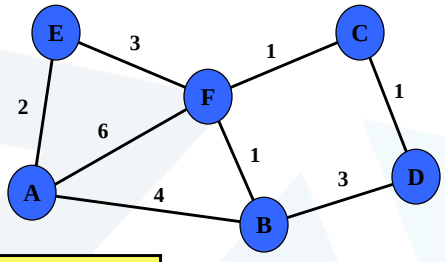

https://manara.edu.sy/

## مثال عن التوجيه بشعاع المسافة: الخطوة 3

Optimum 3-hop paths

| Table for A | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 0 | A |
| B | 4 | B |
| C | 6 | E |
| D | 7 | B |
| E | 2 | E |
| F | 5 | E |

| Table for B | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 4 | A |
| B | 0 | B |
| C | 2 | F |
| D | 3 | D |
| E | 4 | F |
| F | 1 | F |




| Table for C | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 6 | F |
| B | 2 | F |
| C | 0 | C |
| D | 1 | D |
| E | 4 | F |
| F | 1 | F |

| Table for D | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 7 | B |
| B | 3 | B |
| C | 1 | C |
| D | 0 | D |
| E | 5 | C |
| F | 2 | C |

| Table for E | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 2 | A |
| B | 4 | F |
| C | 4 | F |
| D | 5 | F |
| E | 0 | E |
| F | 3 | F |

| Table for F | | |
|---|---|---|
| Dst | Cst | Hop |
| A | 5 | B |
| B | 1 | B |
| C | 1 | C |
| D | 2 | C |
| E | 3 | E |
| F | 0 | F |



جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

# التوجيه حسب حالة الوصلة Link State

## التوجيه حسب حالة الوصلة Link State

➢ هناك سببان رئيسيان للانتقال إلى هذا النوع من التوجيه بدلاً من التوجيه بشعاع المسافة:

✓ لم يكن التوجيه بشعاع المسافة يأخذ بالحسبان عرض حزمة الخط. فقد كانت جميع الخطوط من رتبة 56kbps، لذا لم يكن هناك داعٍ لأخذ مسألة عرض الحزمة ضمن الاهتمامات. لكن مع تطور علم الشبكات، تمت ترقية بعض الخطوط إلى 128kbps، 512kbps، 1.544Mbps... وبالتالي أصبح عدم أخذ عرض الحزمة بالحسبان يشكل مشكلةً رئيسيةً

✓ تحتاج الخوارزمية غالباً إلى وقت طويل حتى تصل إلى رأي موحد (مشكلة العد إلى مالانهاية)



## خطوات التوجيه حسب حالة الوصلة (1/3)

➢ يمكن تجسيد عملية التوجيه حسب حالة الوصلة بخمسة خطوات على الموجه أن يقوم بها:

## خطوات التوجيه حسب حالة الوصلة (2/3)

- يمكن تجسيد عملية التوجيه حسب حالة الرابط بخمسة أجزاء، فعلى كل موجه أن يقوم بمايلي:

١. **استكشاف الموجهات الجيران له ومعرفة عناوينهم:** وذلك من خلال إرسال رسالة ترحيب HELLO عبر كل خط نقطة لنقطة End-to-End متصل به. عندما يستلم الموجه الموجود على الطرف الآخر هذه الرسالة، فإنه يرد برسالة أخرى يعرف بها عن نفسه

٢. **قياس مقدار التأخير الزمني (الكلفة) لكل من الموجهات الجيران:** الطريقة الأكثر استخداماً هي إرسال رسالة صدى ECHO عبر الخط الواصل بين الموجه وجاره بحيث يكون مطلوباً من جاره رد هذه الرسالة مباشرةً لحظة وصولها. يتم أخذ زمن هذه الرحلة وتقسيمه على 2، لذا يمكن للموجه أن يحصل على قيمة زمن تأخير قريبة من الواقع. للحصول على نتيجة أفضل، يمكن تكرار الاختبار عدة مرات ومن ثم حساب المتوسط بينها واعتماده

٣. **بناء رسالة تحوي جميع المعلومات التي توصل إليها الموجه:** بعدما يتم جمع المعلومات اللازمة من خلال تبادل المعلومات بين الموجهات المتجاورة، يبني كل موجه رسالة تحوي كل البيانات التي جمعها. تحوي الرسالة: هوية المرسل، رقم تسلسلي، عُمر (حتى لاتبقى الرسالة إلى مالانهاية ضمن الشبكة) ثم قائمة بالموجهات الجارة للموجه المرسل مع مقدار التأخير

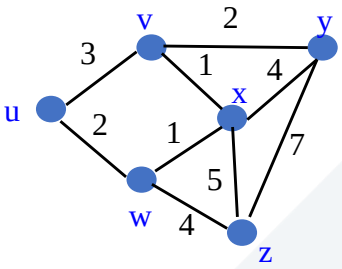


## خطوات التوجيه حسب حالة الوصلة (3/3)

٤. **إرسال رسالة المعلومات إلى جميع الموجهات الأخرى:** ويجب أن يتم التوزيع بطريقة موثوقة، وتعد هذه الخطوة الجزء الأخطر في الخوارزمية. فعندما تتحصل الموجهات على هذه الرسائل فإنها ستغير مساراتها تبعاً للمعلومات التي حصلت عليها من هذه الرسائل المستقبلة. الفكرة الأساسية لخوارزمية التوزيع الأساسية هي استخدام الغمر في توزيع الرسائل

٥. **حساب المسار الأقصر المؤدي إلى كل موجه بالاعتماد على المعلومات المتبادلة:** فحالما ينتهي الموجه من تجميع المجموعة الكاملة من المعلومات عن حالة الوصلات، فإنه يستطيع بناء مخطط كامل للشبكة التحتية لأنه أصبح لكل وصلة في هذه الشبكة ممثل برسالة من الرسائل. عملياً، يتم تمثيل كل رابط مرتين، مرة في كل اتجاه. يمكن أخذ القيمة الوسطية لهما أو يمكن استخدام كل واحدة منهما على حدا. يتم بعد ذلك تنفيذ خوارزمية المسار الأقصر Dijkstra محلياً لبناء المسار الأقصر باتجاه جميع الأهداف الممكنة. ويمكن وضع النتائج التي يتم الحصول عليها ضمن جداول التوجيه

## التوجيه حسب حالة الوصلة Link State: مثال

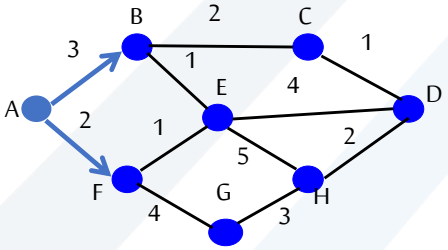



| u | | v | | w | | x | | y | | z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seq. | | Seq. | | Seq. | | Seq. | | Seq. | | Seq. | |
| Age | | Age | | Age | | Age | | Age | | Age | |
| v | 3 | u | 3 | u | 2 | v | 1 | v | 2 | w | 4 |
| w | 2 | x | 1 | x | 1 | w | 1 | x | 1 | x | 5 |
| | | y | 2 | z | 4 | Y | 4 | z | 7 | y | 7 |
| | | | | | | Z | 5 | | | | |



## التوجيه بالمسار الأقصر

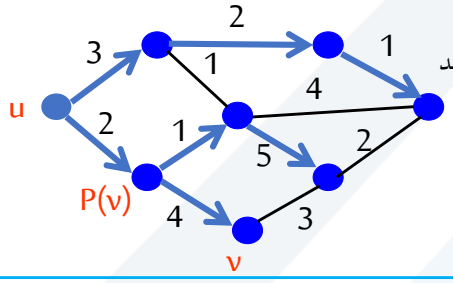
- تعتمد فكرة هذه التقنية على إعداد مخطط رسومي من الشبكة التحتية، تمثل كل عقدة في هذا المخطط موجهاً و يمثل كل قوس خط اتصال (Link)
- من بين طرق حساب طرق المسار طريقة تعتمد على أصغر عدد من القفزات Minimum hop count، فمثلاً يكون المساران ABC و ABE متساويان
- هناك مقياس آخر يعتمد المسافة الجغرافية المقدرة بالكيلومتر عندها من الواضح أن ABC أطول من ABE




- هناك مقاييس أخرى مثل وسم أو تعليم كل قوس على المخطط بزمن النقل المحسوب بعد إجراء اختبارات ساعية لطرد اختباري معياري. يكون المسار الأقصر في هذه الطريقة هو المسار الأسرع بدلاً من أن يكون المسار الأقل أقواساً أو كيلومترات
- الخوارزمية الأكثر انتشاراً ضمن هذه الطريقة هي خوارزمية Dijkstra

## خوارزمية Dijkstra

- توسم كل عقدة بالمسافة التي تفصلها عن العقدة المصدر مع أفضل مسار معروف. مبدئياً، لا تكون هناك أي مسارات معروفة، لذا توسم كل العقد بقيمة اللانهاية. ما إن تبدأ الخوارزمية وتُكتشف المسارات، تبدأ الوسمات بالتغير، لتعكس المسارات الأفضل. عندما يتم اكتشاف أن رقعة ما تمثل المسار الأقصر المحتمل من المصدر إلى هذه العقدة، تحول الرقعة إلى دائمة ولا يتم تغييرها بعد ذلك مطلقاً
- ليكن لدينا شبكة معطاة مع كلفة الوصلات بين العقد، و ليكن:
C(x,y) كلفة الاتصال بين العقدتين X و y، ويكون ∞ (لانهاية) في حالة عدم وجود اتصال مباشر بين العقدتين
- الحساب: يتم حساب كلفة الاتصال إلى كل العقد
  - ✓ من منبع معطى u إلى كل العقد
  - ✓ P(v) العقدة السلف على طول المسار من المنبع إلى العقدة v






## خوارزمية Dijkstra

- خوارزمية تكرارية
- بعد k تكرار ، يعرف الطريق الأقصر إلى k عقدة .

- تمثل S العقد التي يكون مسارها الأقصر معرف بشكل أكيد
- مبدئياً تكون **S = {u}** حيث u هي العقدة المصدر.
- يضاف عقعدة واحدة إلى المجموعة S مع كل تكرار.

- D(v) هي الكلفة الحالية للمسار من المصدر إلى العقدة v .
- مبدئياً **D(v) = c(u,v)** , بالنسبة لكل العقد v المرتبطة بـ u .
- **D(v) = ∞**, من أجل جميع العقد الأخرى v
- تحدث D(v) باستمرار عند معرفة المسارات الأقصر.

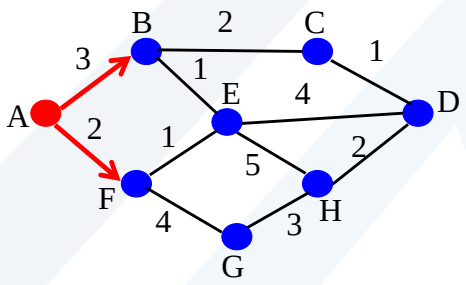
## Dijsktra's Algorithm

```
1  Initialization:
2   S = {u}
3   for all nodes v
4     if v adjacent to u {
5         D(v) = c(u,v)
6     else D(v) = ∞
7
8  Loop
9    find w not in S with the smallest D(w)
10    add w to S
11    update D(v) for all v adjacent to w and not in S:
12       D(v) = min{D(v), D(w) + c(w,v)}
13  until all nodes in S
```



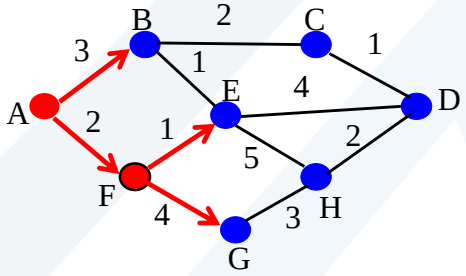
## خوارزمية Dijkstra: مثال

من الشكل، نريد إيجاد المسار الأقصر بين A و D. نبدأ بجعل العقدة A هي العقدة الثابتة، ونشير إلى ذلك بجعلها دائرة مختلفة اللون. ثم ننتقل بالتسلسل إلى كل عقدة من العقد المجاورة للعقدة A، فنعيد وسم كل واحدة منها بمقدار المسافة التي تفصلها عن A. كلما أعدنا وسم عقدة ما، نسميها أيضا باسم العقدة التي انطلقنا منها في قياس المسافة بحيث يكون بإمكاننا إعادة تشكيل المسار النهائي لاحقاً. بعد فحص كل عقدة مجاورة للعقدة A، نفحص جميع العقد الموسومة برقعات مؤقتة في كل المخطط ونحول العقدة التي لها الرقعة الأصغر من مؤقتة إلى دائمة كما يظهر في الشكل



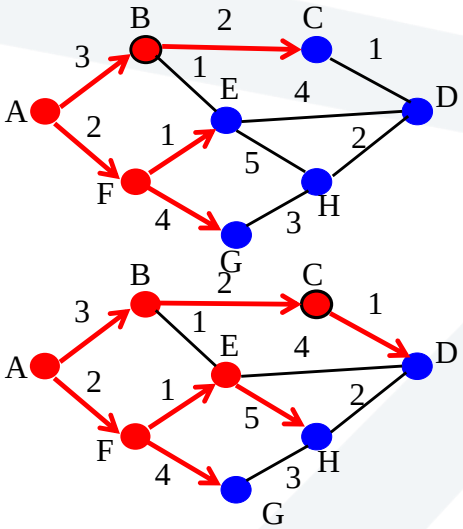
## خوارزمية Dijkstra: مثال

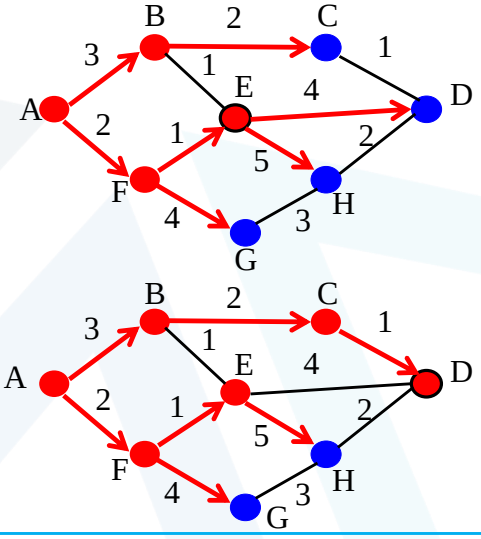
- أصبحت هذه العقدة (F) الآن هي عقدة العمل الجديدة. نبدأ الآن من عند العقدة F ونفحص جميع العقد المجاورة لها. إن كان مجموع الرقعة الموجودة على F (والتي تخص البعد عن A) والمسافة الفاصلة بين F والعقدة التي يجري فحصها أقل من الرقعة الموجودة على العقدة التي يجري فحصها، يكون لدينا مسار أقصر، لذا يعاد وسم تلك العقدة برقعة جديدة
- بعد أن تفحص جميع العقد المجاورة لعقدة العمل ويتم تغيير الرقعات المؤقتة إن كان ذلك ممكناً، يعاد فحص كامل المخطط بحثاً عن العقدة الموسومة مؤقتاً التي تتمتع بأصغر قيمة. تحول هذه العقدة إلى دائمة وتصبح هي عقدة العمل في الجولة التالية



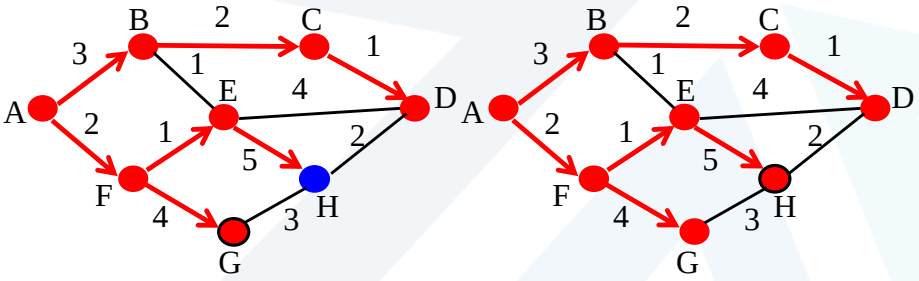



## خوارزمية Dijkstra: مثال



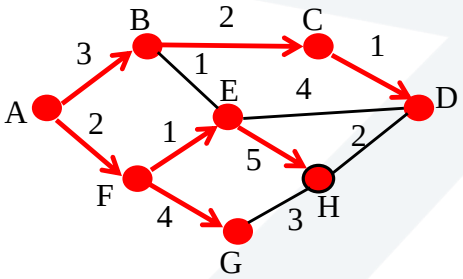
## خوارزمية Dijkstra: مثال






## خوارزمية Dijkstra: مثال

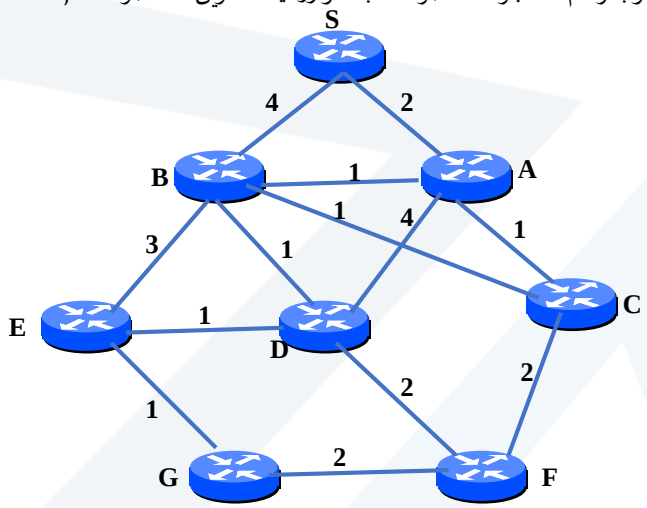
- Shortest-path tree from A




- Forwarding table at A

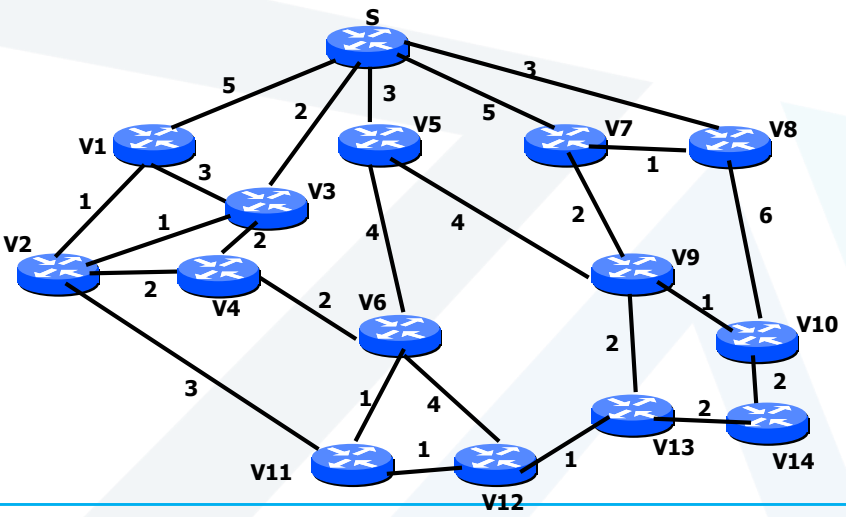
| | link |
|---|---|
| B | (A,B) |
| F | (A,F) |
| E | (A,F) |
| C | (A,B) |
| D | (A,B) |
| G | (A,F) |
| H | (A,F) |

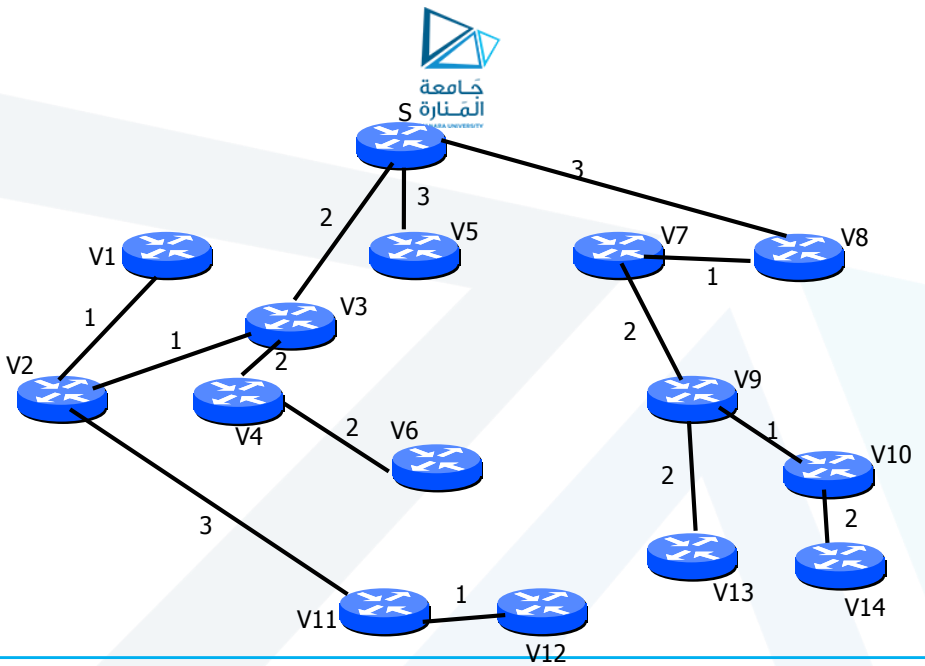
➢ ليكن لدينا الشبكة الآتية، والمطلوب رسم الشجرة الأقصر حسب خوارزمية الطريق الأقصر Dijkstra؟





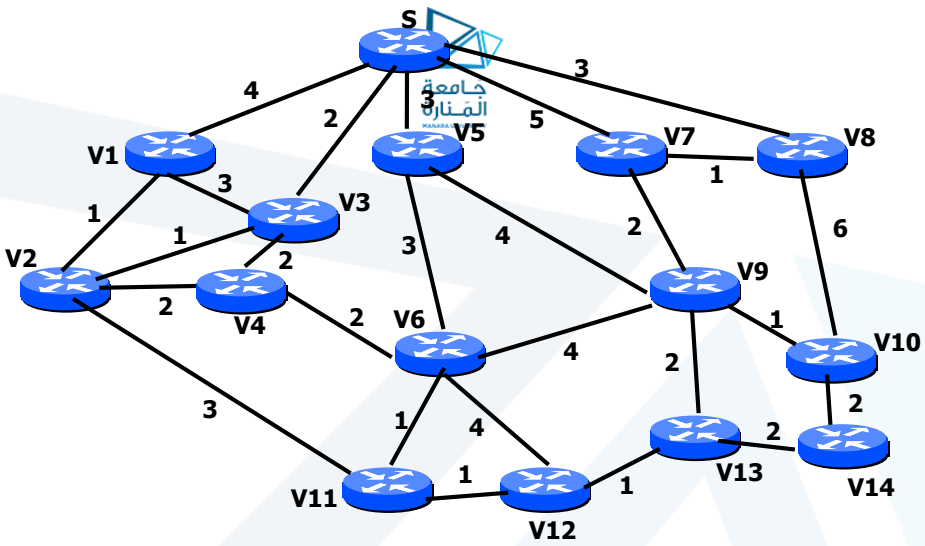

➢ ليكن لدينا الشبكة الآتية، والمطلوب رسم الشجرة الأقصر حسب خوارزمية الطريق الأقصر Dijkstra انطلاقاً من المنبع S؟





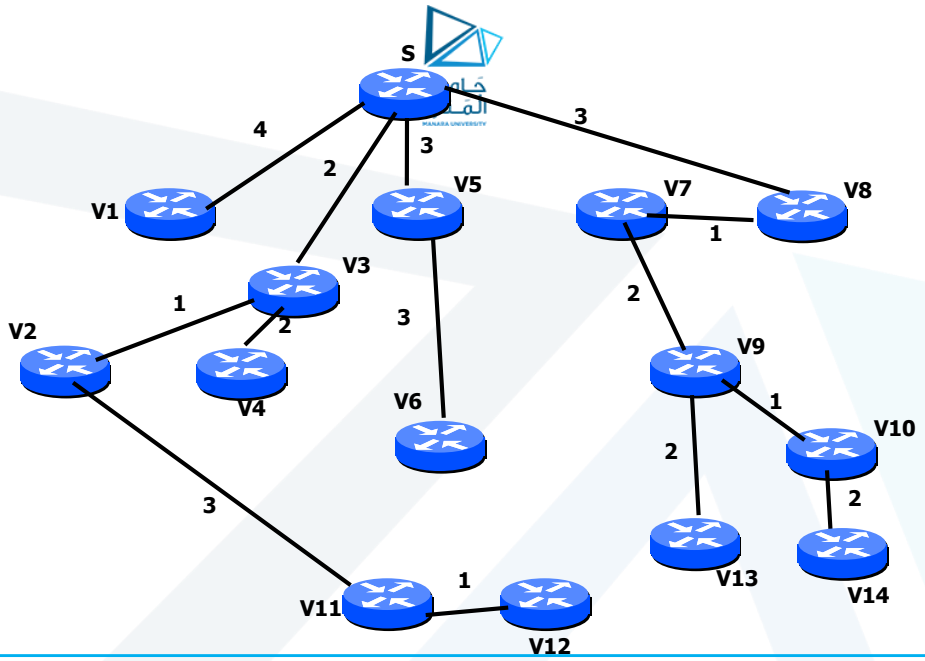





١. ارسم الشجرة الأقصر حسب خوارزمية Dijkstra؟

٢. ارسم جدول التوجيه الخاص بالعقدة V6 حسب خوارزمية Bellman-Ford على بعد قفزتين.





https://manara.edu.sy/

| V6 Routing table (2-hop) | | |
|---|---|---|
| **Des** | **Cost** | N. hop |
| **S** | **6** | V5 |
| **V1** | **∞** | - |
| **V2** | **4** | V4,V11 |
| **V3** | **4** | V4 |
| **V4** | **2** | V4 |
| **V5** | **3** | V5 |
| **V6** | **0** | V6 |
| **V7** | **6** | V9 |
| **V8** | **∞** | - |
| **V9** | **4** | V9 |
| **V10** | **5** | V9 |
| **V11** | **1** | V11 |
| **V12** | **2** | V11 |
| **V13** | **5** | V12 |
| **V14** | **∞** | - |


https://manara.edu.sy/