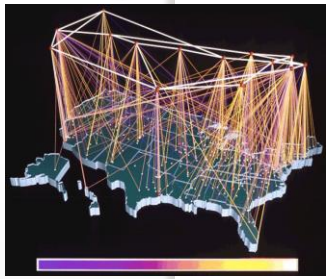
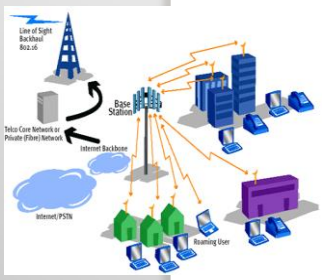




معماری شبکه

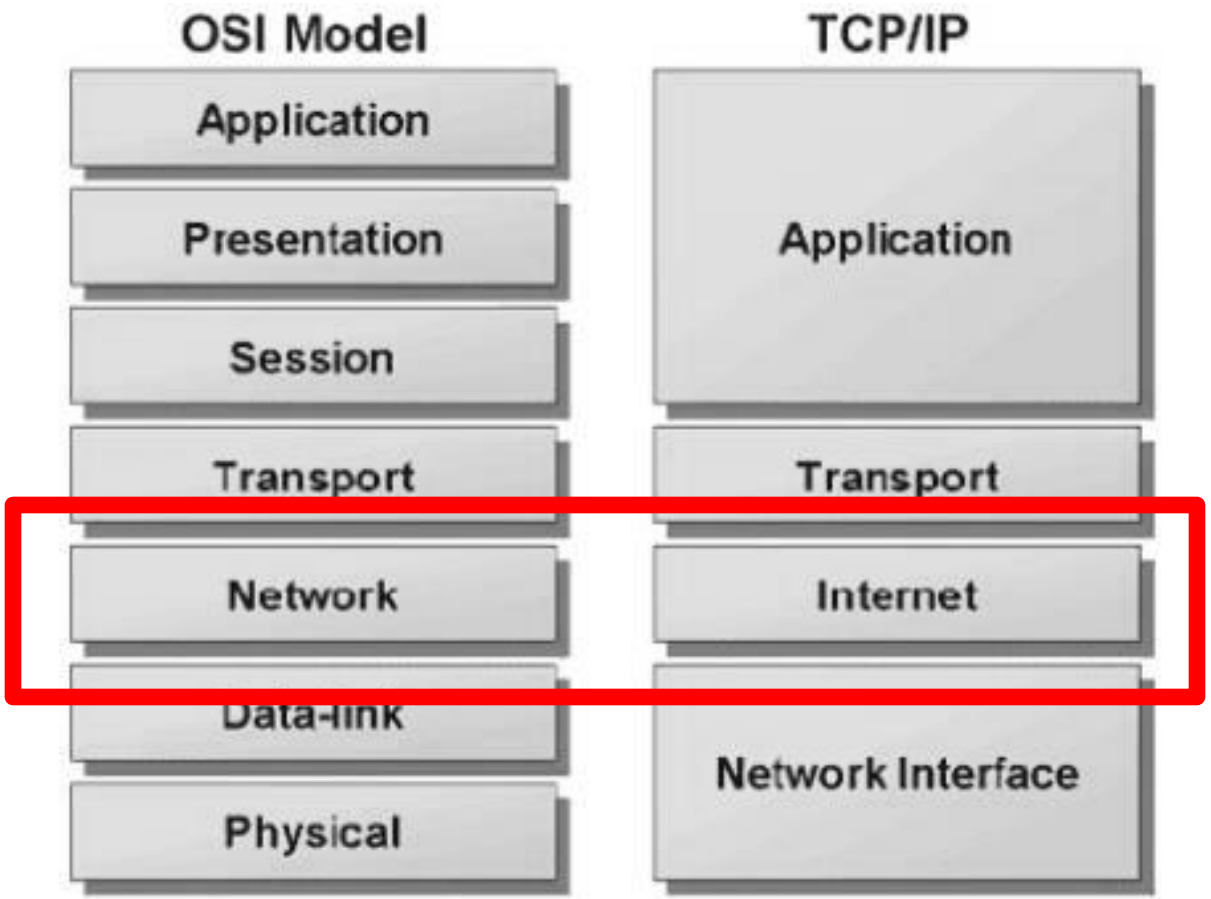
لایه IP در مدل TCP/IP

تهیه و تنظیم:

دکتر سیدرضا کامل

دیدگاه های نرم افزاری شبکه

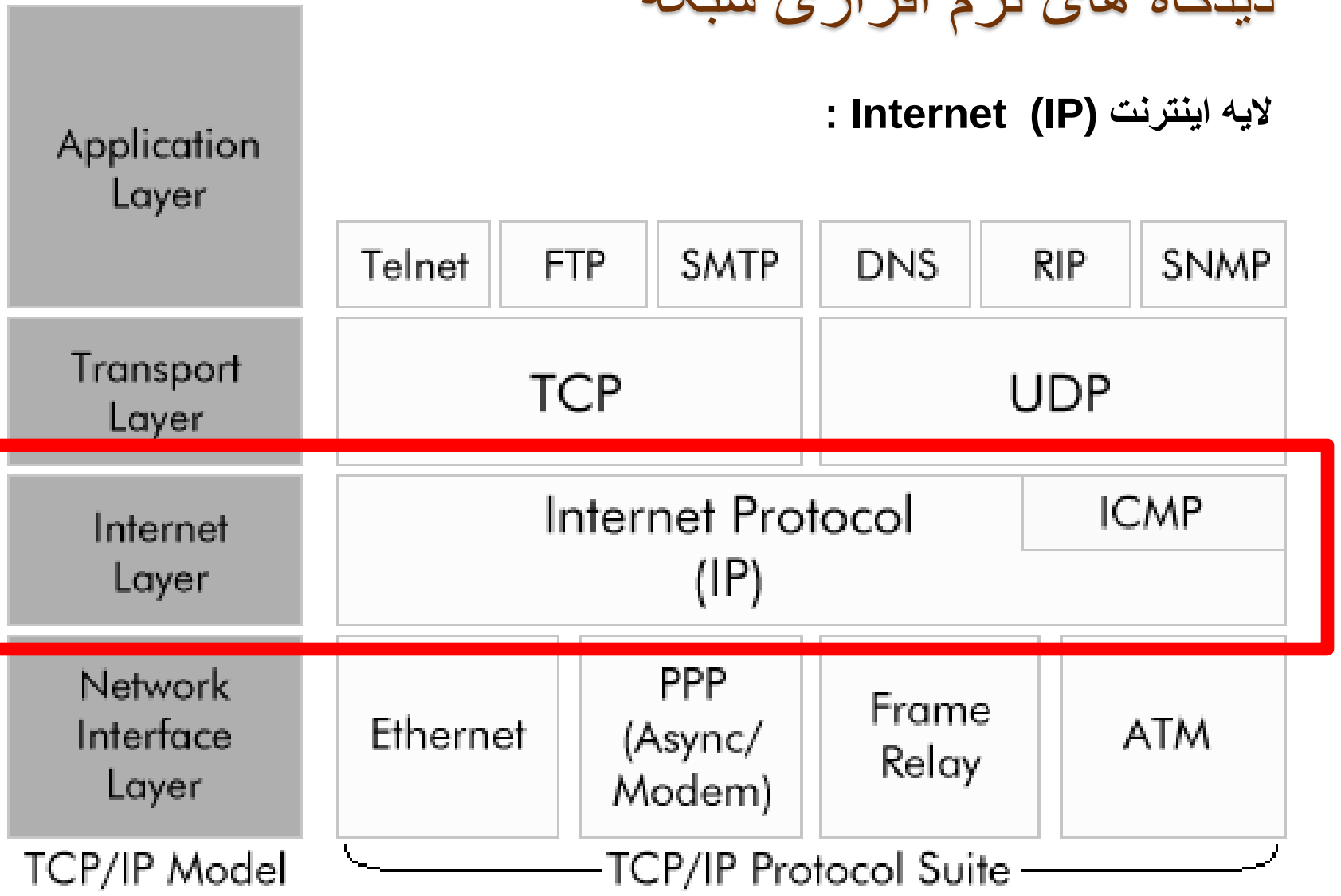
مدل مرجع TCP/IP :



TCP/IP and the OSI model

دیدگاه های نرم افزاری شبکه

لایه اینترنت (IP) Internet :

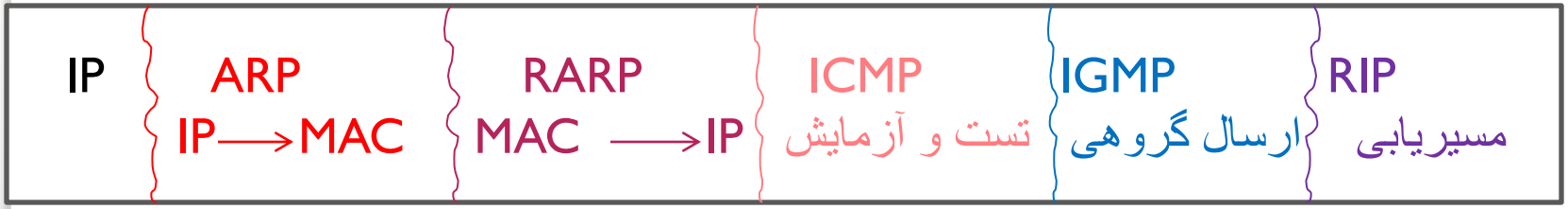


دیدگاه های نرم افزاری شبکه

لایه اینترنت (IP) Internet :

ساختار این لایه در شکل زیر نمایش داده شده که به معرفی پروتکل های مهم این لایه می پردازیم:

ساختار لایه IP در مدل TCP/IP و پروتکل های مهم آن



دیدگاه های نرم افزاری شبکه

پروتکل اطلاعات مسیریابی

RIP: Routing Information Protocol

دیدگاه های نرم افزاری شبکه

پروتکل مدیریت گروه در اینترنت

IGMP: Internet Group Management Protocol

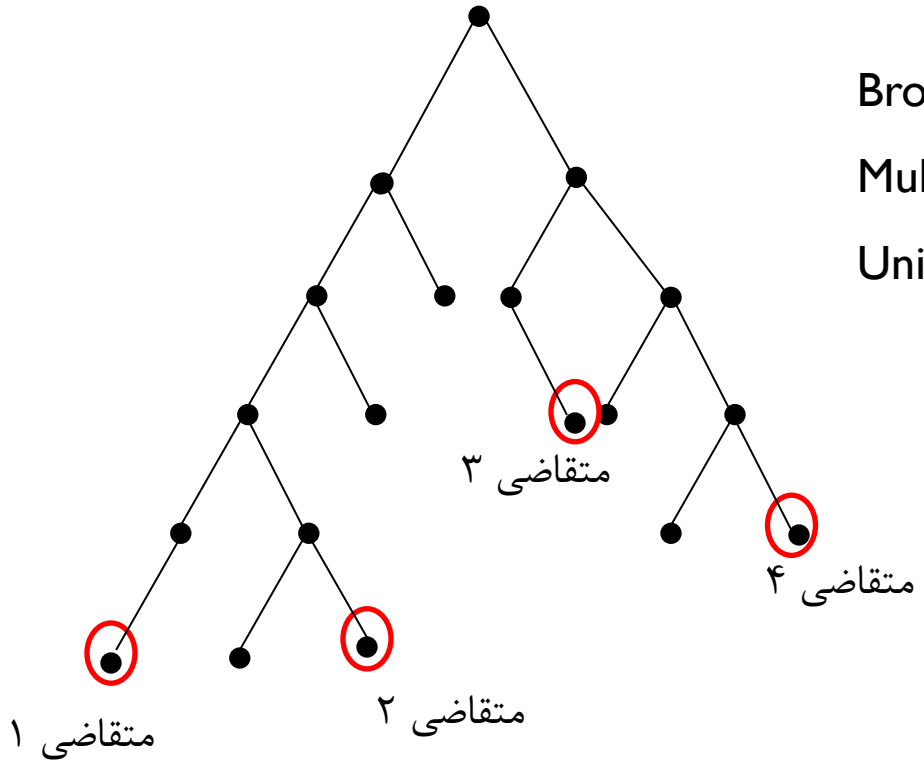
دیدگاه های نرم افزاری شبکه

پروتکل مدیریت گروه در اینترنت

IGMP: Internet Group Management Protocol

- از این پروتکل برای ارسال گروهی اطلاعات (ایجاد خاصیت Multicast) در شبکه استفاده می شود
- این پروتکل یکی از پروتکل هایی است که برای این منظور استفاده می شود و به کمک چند پروتکل دیگر این خاصیت را بروی شبکه به وجود می آورد
- خاصیت چند بخشی یا Multicast، خاصیتی است که به کمک آن می توان مجموعه ای از داده ها را برای گروهی از میزبانها ارسال نمود

دیدگاه های نرم افزاری شبکه



Broadcast ارسال برای همه

Multicast ارسال گروهی

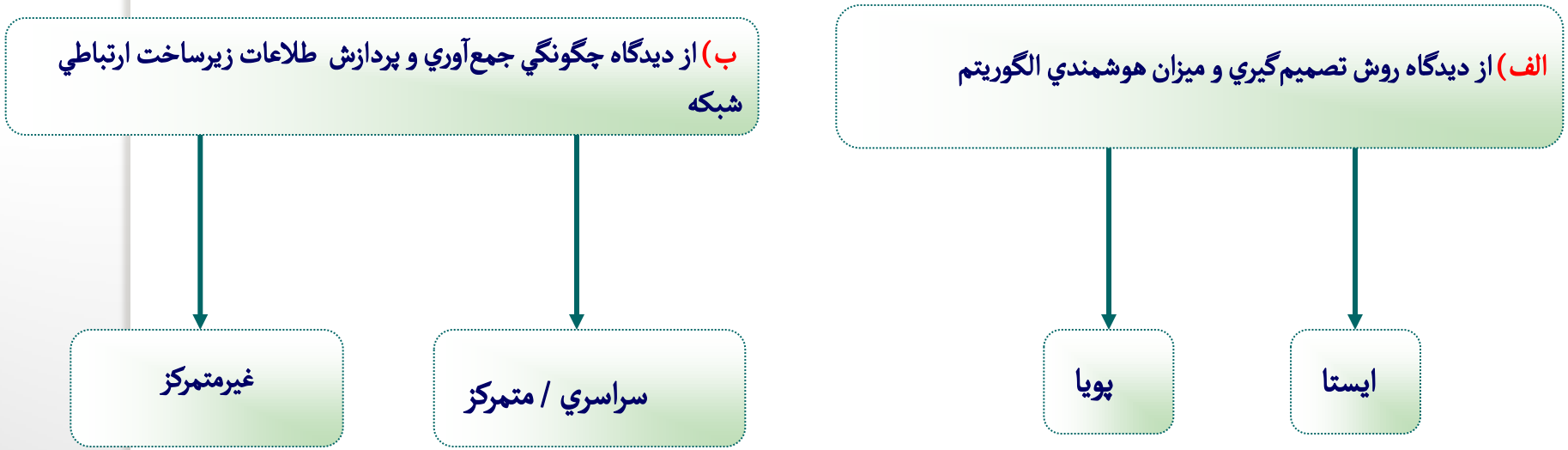
Unicast ارسال برای یک نفر

دیدگاه های نرم افزاری شبکه

پروتکل اطلاعات مسیریابی

- از این پروتکل مسیریاب ها برای مذاکره با یکدیگر در خصوص وجود مسیر به مقصدهای مختلف استفاده می کنند
- میزبان ها به این پروتکل نیاز ندارند و ضرورتی ندارد آن را بدانند
- هر مسیریاب دارای جدول مسیریابی است (Routing Table)که اطلاعات مسیرهای مختلف شبکه را در آن نگهداری می کند
- این جدول معمولا به صورت پویا نسبت به مسیریاب های همسایه بروز رسانی می شود (به کمک پروتکل هایی مانند (RIP , OSPF
- در واقع مسیریاب ها به کمک پروتکل هایی مانند RIP در خصوص وجود مسیرها به مقصدهای مختلف بایکدیگر مشورت می کنند

انواع الگوريتمهاي مسيريابي



الگوريتم ايستا

- عدم توجه به شرايط توپولوژيكي و ترافيك لحظه‌اي شبكه
- جداول ثابت مسيريابي هر مسيرياب در طول زمان
- الگوريتم‌هاي سريع
- تنظيم جداول مسيريابي به طور دستي در صورت تغيير توپولوژي زيرساخت شبكه
- تغيير مسيرها به كندي در اثناي زمان

الگوريتم پويا

- به هنگام سازي جداول مسيريابي به صورت دوره‌اي بر اساس آخرين وضعيت توپولوژيكي و ترافيك شبكه
- تغيير سريع مسيرها
- تصميم‌گيري بر اساس وضعيت فعلي شبكه جهت انتخاب بهترين مسير
- ✕ ايجاد تأخيرهاي بحراني هنگام تصميم‌گيري بهترين مسير به جهت پيچيدگي الگوريتم

الگوريتم سراسري

- اطلاع كامل تمام مسيريابها از همبندي شبكه و هزينه هر خط
- الگوريتم‌هاي Link State (LS)

الگوريتم غير متمركز

- محاسبه و ارزيابي هزينه ارتباط با مسيريابهاي همسايه (مسيريابهايي كه به صورت مستقيم و فيزيكي با آن در ارتباط هستند)
- ارسال جداول مسيريابي توسط هر مسيرياب در فواصل زماني منظم براي مسيريابهاي مجاور
- پيچيدگي زماني كم
- الگوريتم‌هاي Distance Vector

1-3) روش ارسال سیل آسا (Flooding Algorithm)

- سريعترين الگوريتم براي ارسال اطلاعات به مقصد در شبكه
- جهت ارسال بسته‌هاي فراگير و كنترلي مانند اعلام جداول مسيريابي

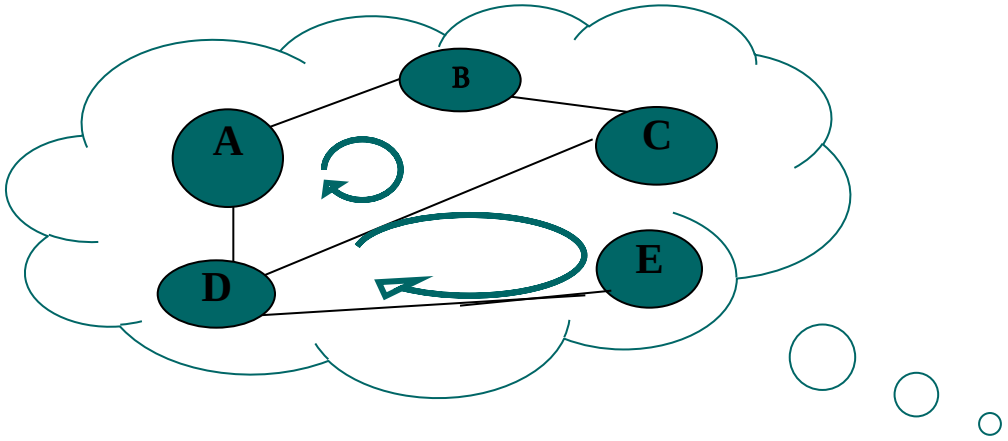
مشكل روش سيل آسا

- ايجاد حلقه بينهايت و از كارافتادن شبكه

راه حل رفع مشکل حلقه بینهایت

1) قراردادن شماره شناسايي براي هر بسته Selective Flooding

2) قراردادن طول عمر براي بسته‌ها



حلقه‌هاي بينهايت در روش سيل آسا

الگوريتم هاي LS

1- شناسايي مسيريابهاي مجاور

2- اندازه‌گيري هزينه

3- تشكيل بسته‌هاي LS

4- توزيع بسته‌هاي LS روي شبكه

5- محاسبه مسيرهاي جديد

1- شناسايي مسيريابهاي مجاور

- ارسال بسته خاصي به نام بسته سلام Hello Packet توسط مسيرياب به تمام خروجي‌ها
- پاسخگويي مسيريابهاي متصل از طريق كانال فيزيكي مستقيم به بسته ارسالي و اعلام آدرس IP خود به مسيرياب
- درج اطلاعات بسته‌هاي پاسخ در جدول مسيرياب

2- اندازه‌گيري هزينه

- اندازه‌گيري تأخير هر يك از خطوط خروجي مسيرياب توسط خود مسيرياب
- ارسال بسته خاص به نام Echo Packet روي تمام خطوط خروجي خود
- پاسخ تمام مسيريابهاي گيرنده بسته با ارسال بسته Echo Reply
- اگر مسيرياب موظف باشد كه با دريافت بستة Echo خارج از نوبت و به سرعت به آن پاسخ بدهد ، "زمان رفت و برگشت" اين بسته فقط تاخير فيزيكي بين دو مسيرياب را به عنوان معيار هزينه مشخص مي‌كند.
- اندازه‌گيري اين زمان با استفاده از زمان سنج و تقسيم آن مقدار بر عدد 2 و درج در جدول توسط مسيرياب

3- تشكيل بسته‌هاي LS

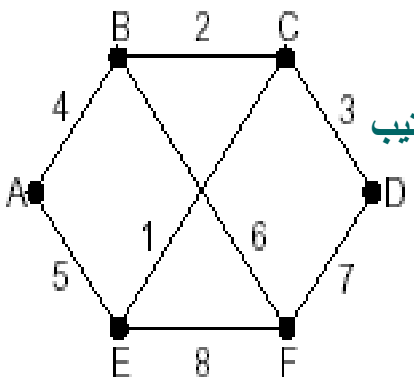
تشكيل بسته LS پس از جمع آوري اطلاعات لازم از مسيريابهاي مجاور شامل:

الف) آدرس جهاني مسيرياب توليدكنندة بسته

ب) يك شمارة ترتيب (تا بسته‌هاي تكراري از بسته‌هاي جديد تشخيص داده شوند.)

ج) طول عمر بسته (تا اطلاعات بسته ، زمان انقضاي اعتبار داشته باشد.)

د) آدرس جهاني مسيريابهاي مجاور و هزينة تخميني



فيلد شماره ترتيب

فيلد طول عمر

A	
Seq.	
Age	
B	4
E	5

Link

B	
Seq.	
Age	
A	4
C	2
F	6

State

C	
Seq.	
Age	
B	2
D	3
E	1

D	
Seq.	
Age	
C	3
F	7

Packets

E	
Seq.	
Age	
A	5
C	1
F	8

F	
Seq.	
Age	
B	6
D	7
E	8

بسته‌هاي LS

يك زيرساخت از يك شبكه فرضي

4- توزيع بسته‌هاي LS روي شبكه

- ارسال بسته‌هاي LS به روش سيل آسا
- وجود شماره ترتيب براي هر بسته جهت جلوگيري از بروز حلقه تكرار
- در نظرگرفتن طول عمر براي هر بسته جهت رفع مشكل دريافت بسته‌هاي تكراري
- احراز هويت ارسال‌كننده بسته LS در مسيريابها جهت جلوگيري از بسته‌هاي LS آلوده

5- محاسبه مسيرهاي جديد

- تشكيل ساختمان داده گراف زيرشبكه جهت انتخاب بهترين مسير بين دو گره هنگام دريافت بسته‌هاي LS از تمام مسيريابهاي شبكه
- استفاده از الگوريتم دايجكسترا جهت يافتن بهترين مسير بين دو گره

(Dijkstra Shortest Path Algorithm)

* C(i , j) بيانگر هزينه خط ميان گره i تا j است.
هرگاه همسايگاني در مجاورت گره وجود نداشته باشند
C(i , j) بينهايت تلقي مي شود.
* D(v) هزينه فعلي مسير ميان مبدا تا گره V.
* P(v) گره‌اي كه در طول مسير از مبدا تا V درست قبل از V واقع شده.
* N مجموعه گره‌هايي كه عبور از آنها كم هزينه برآورد گشته است.

Dijkstra's Algorithm

```
1  Initialization:
2    N = {A}
3    for all nodes v
4      if v adjacent to A
5        then D(v) = c(A,v)
6        else D(v) = infty
7
8  Loop
9    find w not in N such that D(w) is a minimum
10   add w to N
11   update D(v) for all v adjacent to w and not in N:
12      D(v) = min( D(v), D(w) + c(w,v) )
13   /* new cost to v is either old cost to v or known
14    shortest path cost to w plus cost from w to v */
15 until all nodes in N
```

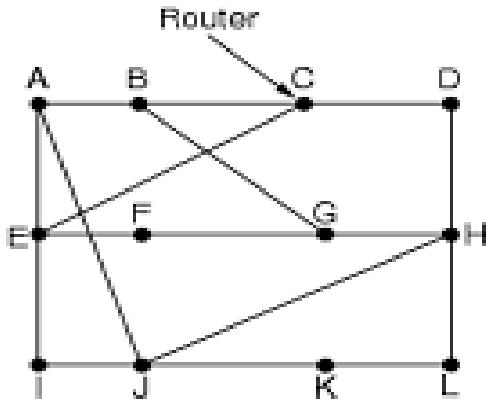
الگوريتمهاي DV يا بردار فاصله

- يكي از روشاي پويا در مسيريابي
- مورد استفاده در شبكه ARPA
- استفاده در مسيريابهاي كوچك
- نامهاي متفاوت روش DV
  - پروتكل RIP
  - الگوريتم مسيريابي Bellman - Ford
  - الگوريتم مسيريابي Ford – Fulkerson
  - الگوريتم Distance Vector Routing

اصول کار روش DV

- محاسبه خطوطي را كه به صورت فيزيكي با مسيريابهاي ديگر دارد و درج در جدول مسيريابي
- بينهايت درنظرگرفتن هزينة خطوطي كه مسيرياب با آنها در ارتباط مستقيم نيست
- ارسال ستون هزينه از جدول مسيريابي براي مسيريابهاي مجاور در بازه‌هاي زماني مشخص ، توسط هر مسيرياب (“يعني فقط براي مسيريابهائي كه با آن در ارتباط است نه تمام مسيريابها ”). دريافت اطلاعات جديد ا زمسيريابهاي مجاور در در فواصل T ثانيه‌اي
- به هنگام نمودن جدول مسيريابي پس از دريافت جداول مسيريابي از مسيريابهاي مجاور ، طبق يك الگوريتم بسيار ساده

الگوريتمهاي DV يا بردار فاصله



(a)

زيرساخت ارتباطي يك شبكة فرضي

با دوازده مسيرياب

New estimated delay from J

To	A	I	H	K	Line
A	0	24	20	21	8 A
B	12	36	31	28	20 A
C	25	18	19	36	28 I
D	40	27	8	24	20 H
E	14	7	30	22	17 I
F	23	20	19	40	30 I
G	18	31	6	31	18 H
H	17	20	0	19	12 H
I	21	0	14	22	10 I
J	9	11	7	10	0 —
K	24	22	22	0	6 K
L	29	33	9	9	15 K

JA delay is 8 | JI delay is 10 | JH delay is 12 | JK delay is 6

Vectors received from J's four neighbors

New routing table for J

(b)

جدول مسيريابي مربوط به مسيرياب J

مشكل عمده پروتكلهاي DV

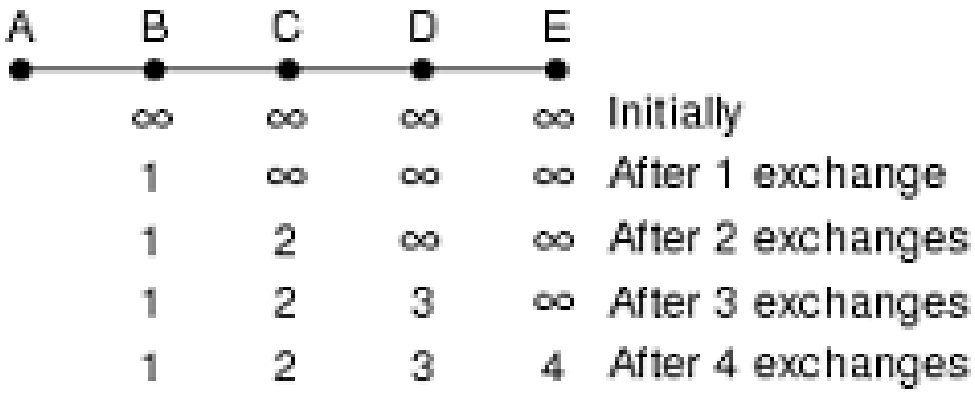
عدم همگرايي سريع جداول مسيريابي هنگام خرابي يك مسيرياب يا يك كانال ارتباطي = مشكل شمارش تا بينهايت

راه حل :

وقتي يك مسيرياب مي‌خواهد اطلاعاتي را به همسايه‌هايش بدهد هزينه رسيدن به آنهايي را كه قطعاً بايد از همان مسيرياب بگذرند را اعلام نمي‌كند. (يا ∞ اعلام مي‌كنند)

مسئله شمارش تا بينهايت

به خبرهاي خوب واكنش سريع ولي به خبرهاي بد واكنش كندي نشان مي دهد.



The count-to-infinity problem.

هرگاه مسيريابي از زيرشبكه خارج شود هركدام از ساير مسيرياب‌هاي فعال احساس مي‌كنند از طريق ديگري مسيري بهتر به آن وجود دارد.

A	B	C	D	E	
	1	2	3	4	Initially
	3	2	3	4	After 1 exchange
	3	4	3	4	After 2 exchanges
	5	4	5	4	After 3 exchanges
	5	6	5	6	After 4 exchanges
	7	6	7	6	After 5 exchanges
	7	8	7	8	After 6 exchanges
	∞	∞	∞	∞	

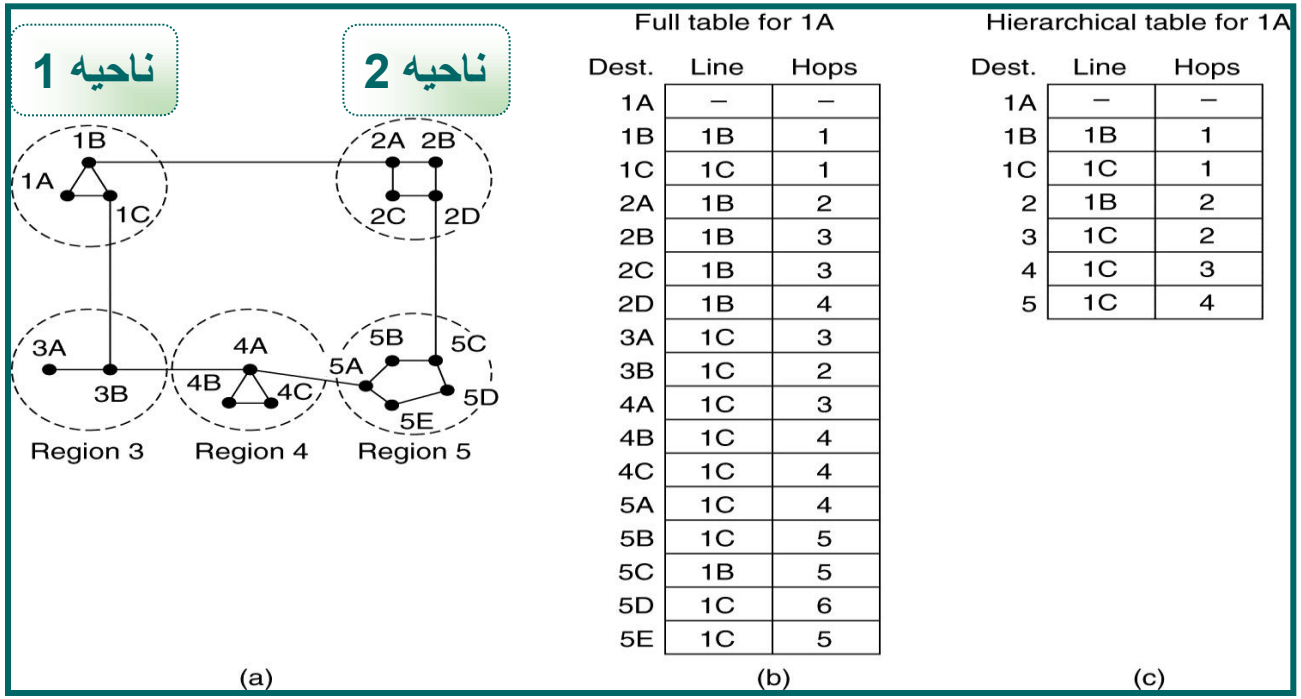
(b)

Hierarchical Routing مسيريابي سلسله‌مراتبي

رشد شبكه و زيادشدن شبكه‌هاي محلي و مسيريابها ، افزايش حجم جداول مسيريابي و زيادشدن زمان لازم جهت تعيين مسير يك بسته و درنتيجه ايجاد تأخيرهاي بحراني و كاهش كارآيي شبكه

در مسيريابي سلسله‌مراتبي ، مسيريابها در گروههايي به نام "ناحيه Region" دسته‌بندي مي‌شوند. هر مسيرياب فقط "نواحي" و مسيريابهاي درون ناحية خود را مي‌شناسد و هيچ اطلاعي از مسيريابهاي درون نواحي ديگر ندارد.

مسیریابي سلسله‌مراتبي



Full table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	–	–
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

(b)

Hierarchical table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	–	–
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

(c)

مشكل روش سلسله مراتبي

به دليل مشخص‌نبودن كل توپولوژي زيرشبكه براي هر مسيرياب :

ممكن است مسير انتخابي جهت ارسال بسته به يك مسيرياب خاص درون يك ناحيه بهينه نباشد.

مزيت استفاده از روشهاي سلسله مراتبي: **صرفه جويي در اندازه جداول مسيريابي**

	تعداد ناحيه Regions	تعداد دسته Clusters	تعداد حوزه Zones	تعداد مسيرياب	تعداد ركورد در جدول
مسيريابي DV بدون سلسله‌مراتب	1	-	-	720	720
مسيريابي **DV** با سلسله‌مراتب دوسطحي	24	-	-	30	53
مسيريابي **DV** با سلسله‌مراتب سه‌سطحي	9	8	-	10	25
مسيريابي **DV** با سلسله‌مراتب سه‌سطحي	9	5	4	4	19

مقايسه اندازه جدول مسيريابي در روشهاي سلسله مراتبي

مسيريابي در اينترنت

اينترنت مجموعه‌اي از شبكه‌هاي خودمختار Autonomous و "مستقل" است كه به نحوي به هم متصل شده‌اند. شبكة خودمختار كه اختصاراً AS ناميده مي‌شود ، شبكه‌اي است كه تحت نظارت و سرپرستي يك مجموعه يا سازمان خاص پياده و اداره مي‌شود. مثلاً يك دانشگاه

مسئول شبكة خودمختار مي‌تواند بر روي شبكة تحت نظارت خود "حاكميّت" داشته باشد يعني مي‌تواند بر روي تك‌تك اجزاي شبكه ، طراحي زيرساخت ارتباطي و طريقة اتصال شبكه‌هاي محلي و نوع پروتكل ، سيستم عامل(ماشينهاي ميزبان) ، توپولوژي كل شبكه مسيريابي اعمال نفوذ كرده و نظرات خود را پياده نمايد.

مسيريابي در شبكه هاي خود مختار

مسيريابي بسته‌هاي IP در درون يك شبكة خودمختار بيشتر تابع پارامترهايي نظير سرعت و قابل اعتماد بودن الگوريتم مسيريابي است .

دروازه‌هاي مرزي Border Gateway:

مسيريابهايي كه ارتباط دو شبكة خودمختار متفاوت را برقرار مي‌كنند و تمامي ارتباطات بين‌شبكه‌اي از طريق آنها انجام مي‌شود .

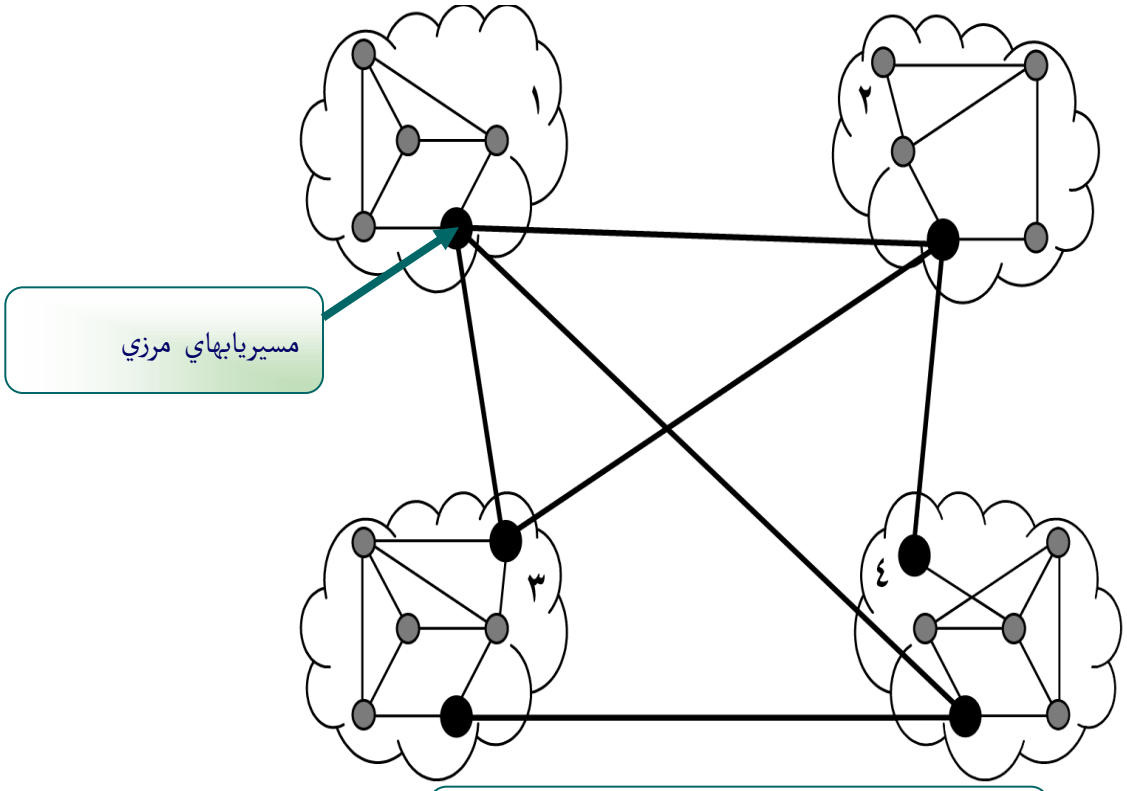
دروازه‌هاي مرزي Interior Gateway

مسيريابهايي كه ارتباط دو شبكة خودمختار متفاوت را برقرار مي‌كنند و تمامي ارتباطات بين‌شبكه‌اي از طريق آنها انجام مي‌شود.

- مسيريابهاي مرزي و ساختار ارتباطي بين آنها تابع قواعد "مسيريابي بروني"
- مسيريابهاي داخلي تابع الگوريتمهاي "مسيريابي دروني" مرزي
- مسيريابهاي مرزي = مسيريابهاي BGP

مثال: اگر يك ماشين ميزبان در شبكة 1 بخواهد بسته‌اي براي ماشين ديگر در شبكة 4 بفرستد سه مرحله مسيريابي لازم است:

- مسيريابي در درون شبكة 1 تا رسيدن بسته به مسيرياب مرزي
- مسيريابي روي خطوط ارتباطي بين‌شبكه‌اي تا رسيدن به شبكة 4
- مسيريابي درون شبكة 4 تا رسيدن به ماشين مقصد

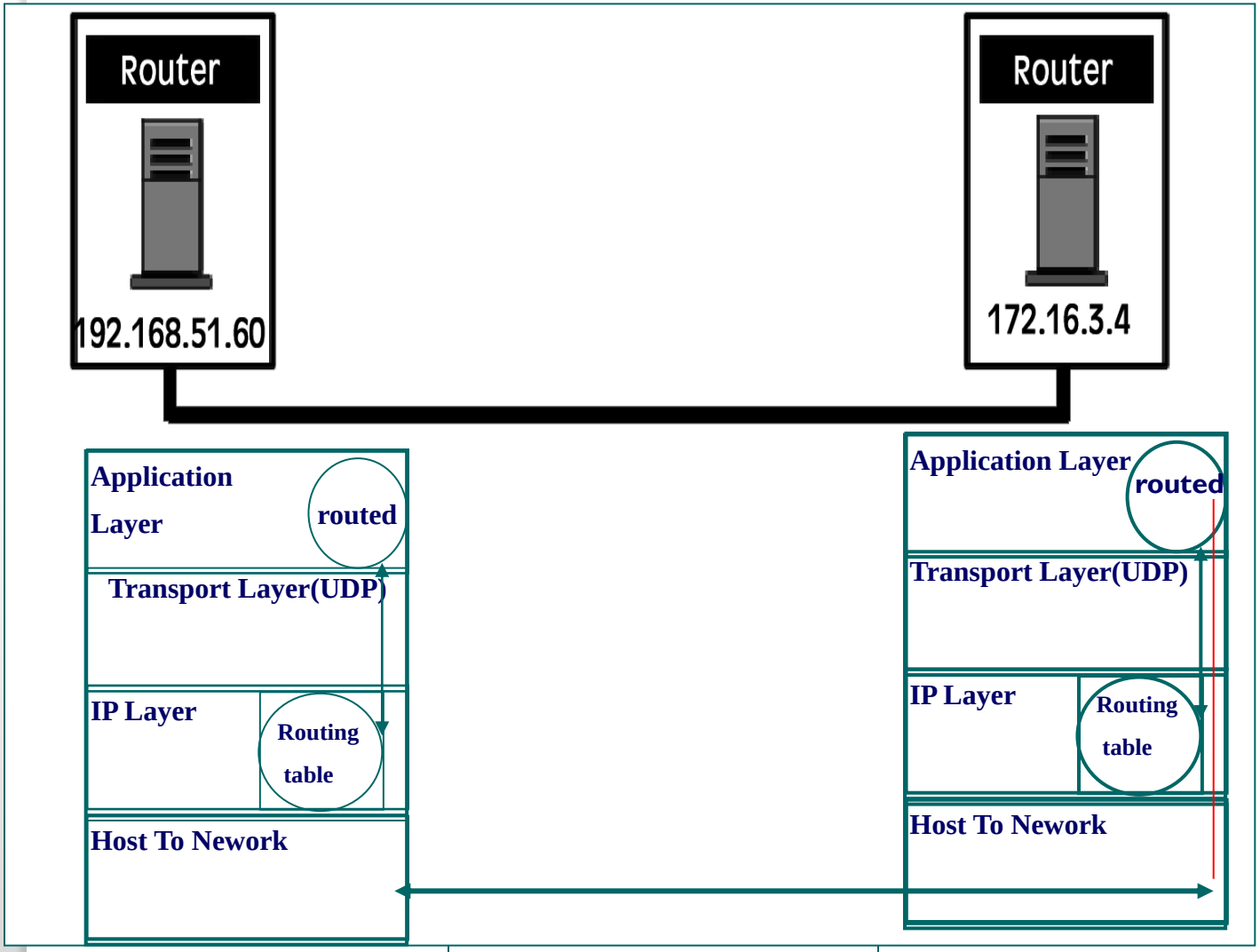


مثالي از چهار شبكة **AS** متصل به هم

پروتکل RIP در مسيريابي دروني : Routing Information Protocol

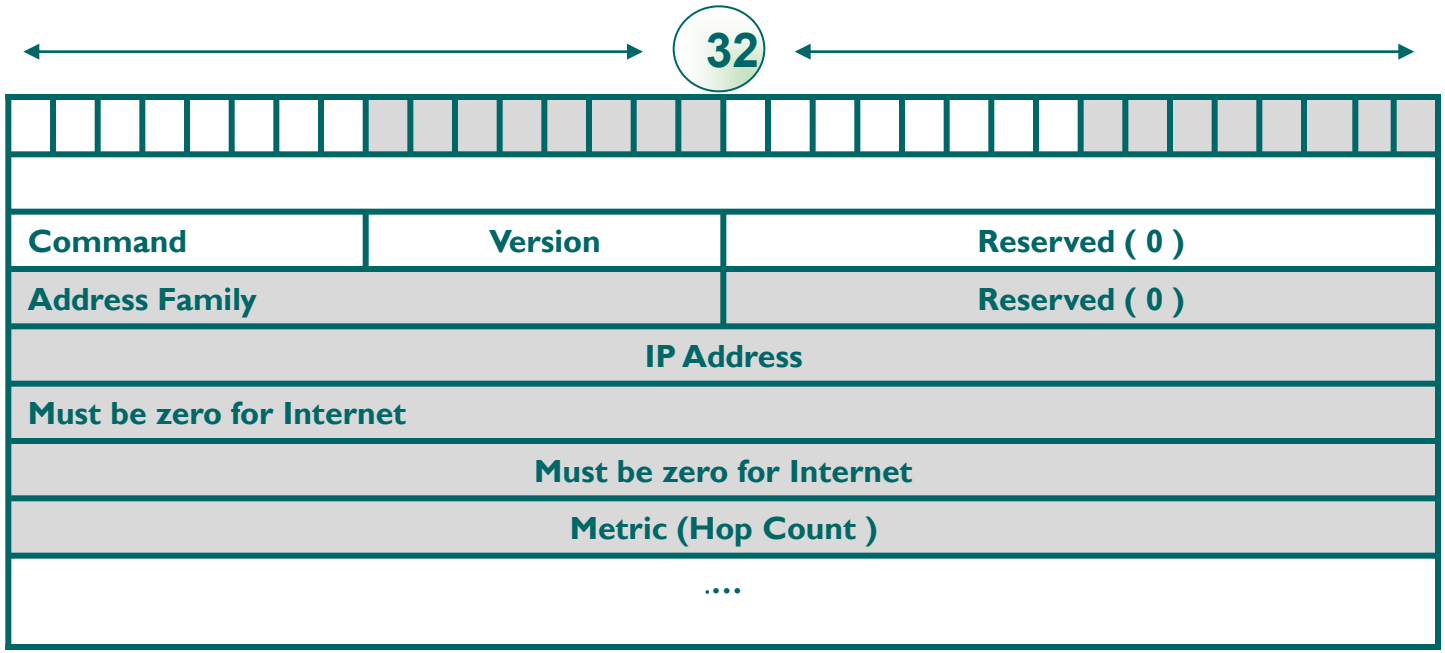
- اولين پروتکل مسيريابي دروني (1982)
- مبتني بر الگوريتم بردار فاصله DV
- معيار هزينه = تعداد گام
- مبادله جداول مسيريابي هر 30 ثانيه يکبار بين مسيريابهاي مجاور
- حداکثر تعداد طول مسير = 15
- استفاده از پروتکل UDP و پورت شماره 250 جهت مبادله جداول مسيريابي

جداول مسيريابي در لايه دوم جهت مسيريابي بسته‌هاي IP
مبادله جداول و عمليات به هنگام‌سازي توسط برنامه كاربردي لايه چهارم



پروتكل RIP در لاية كاربرد

قالب پیامها در پروتکل RIP



پروتكل OSPF در مسيريابي دروني Open Shortest Path First

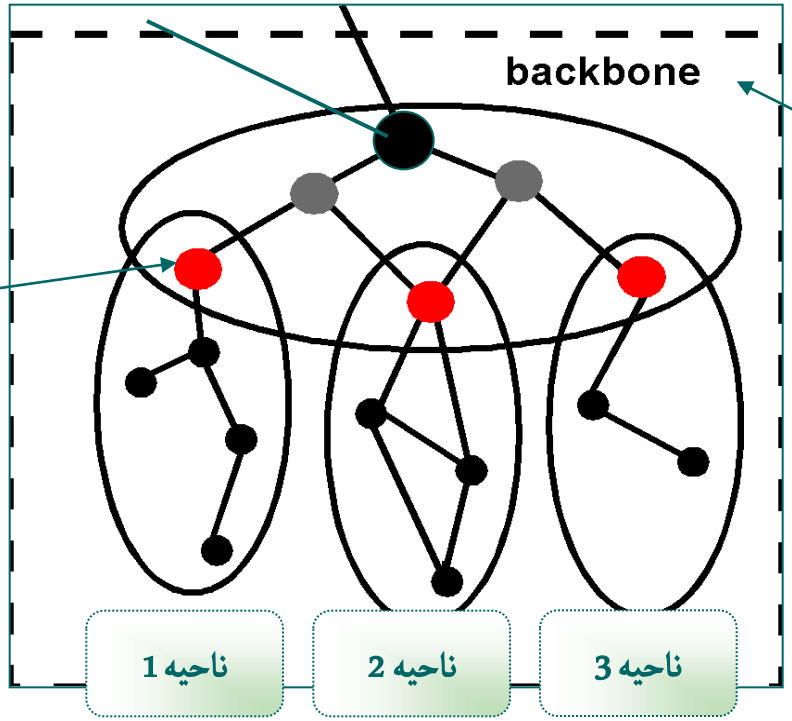
مقايسه پروتكل OSPF با RIP

- استفاده از الگوريتم LS براي محاسبة بهترين مسير بر خلاف پروتكل RIP و عدم وجود مشكل "شمارش تا بينهايت"
- توانايي در نظر گرفتن چندين معيار هزينه در انتخاب بهترين مسير برخلاف پروتكل RIP
- در نظرگرفتن حجم بار و ترافيك يك مسيرياب در محاسبة بهترين مسير بر خلاف پروتكل RIP و همگرايي سريع جداول مسيريابي در هنگام خرابي يك مسيرياب
- انتخاب مسير مناسب براي يك بسته بر اساس نوع سرويس درخواستي با توجه به فيلد Type of Service در بستة IP بر خلاف پروتكل RIP

مقایسه پروتکل OSPF با RIP

- هدایت نکردن تمام بسته‌هاي ارسالي براي يك مقصد خاص ، روي بهترين مسير و ارسال درصدي از بسته‌ها روي مسيرهاي در رتبه 2و 3 و ... از نظر هزينه ، بر خلاف پروتکل RIP = موازنه = Load Balancing
- پشتيباني از مسيريابي سلسله‌مراتبي برخلاف پروتکل RIP
- عدم قبول جداول مسيريابي مسيريابها توسط هر مسيرياب بدون احراز هويت ارسال‌کنندة آن
- استفاده مستقيم از پروتکل IP برخلاف پروتکل RIP (استفاده از پروتکل UDP در لايه انتقال)

- تقسيم يك شبكه خود مختار به تعدادي ناحيه و اطلاع تمام مسيريابهاي درون يك ناحيه از مسيريابهاي هم ناحيه و هزينه ارتباط بين آنها و ذخيره آن در جدول
- ارسال جداول براي تمام مسيريابهاي هم ناحيه در زمانهاي بهنگام‌سازي



مجموعه مسيريابهاي مرزي +
سيريابهاي خارج از هر ناحيه +
ساختار ارتباطي بين اين مسيريابها

مسيريابهاي مرزي
برقرارکننده ارتباط نواحي

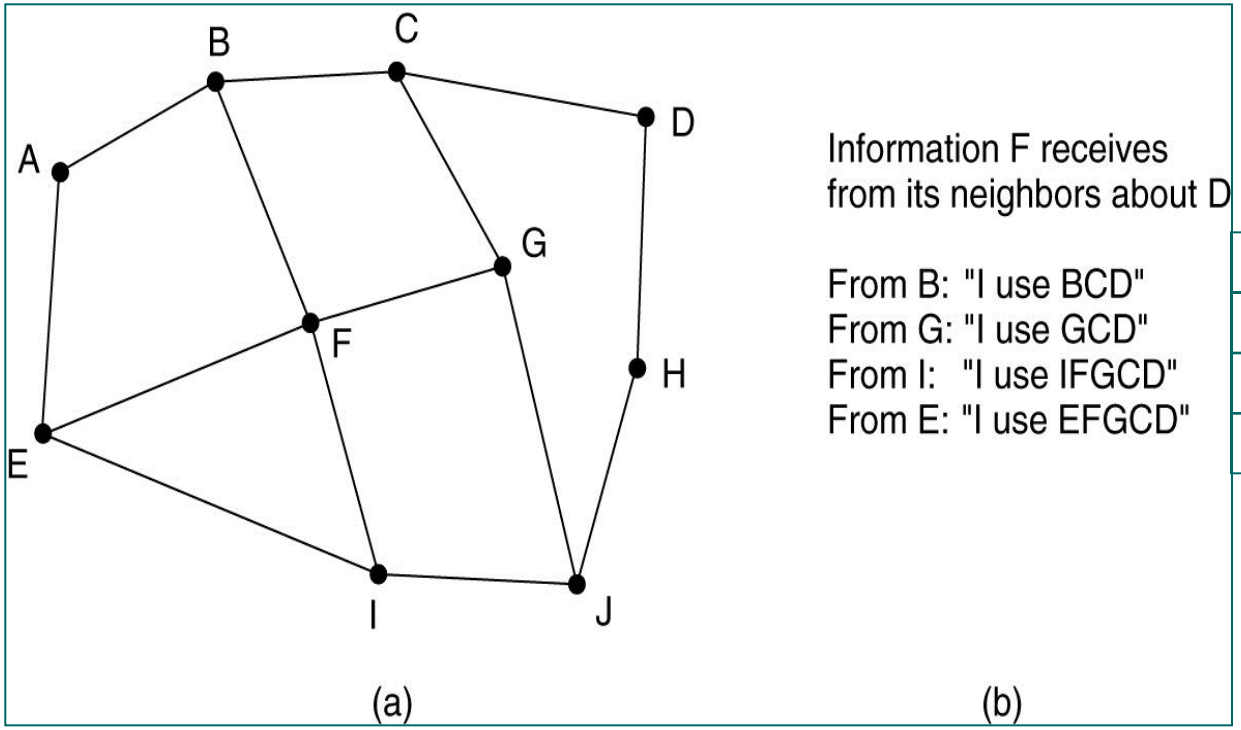
سلسله‌مراتب مسيريابي در پروتكل OSPF

پروتكل BGP : پروتكل مسيريابي بروني The Exterior Gateway Routing Protocol

- الگوريتمهاي مسيريابي بين شبكه‌هاي خود مختار در اينترنت : BGP
- به جاي مبادله جداول مسيريابي و هزينه‌ها در پروتكل BGP بين مسيريابهاي مجاور ، ارسال فهرستي از مسيرهاي كامل بين هر دو مسيرياب در شبكه براي مسيريابهاي مجاور در بازه‌هاي

زماني T ثانيه‌اي (بدون تعيين هزينه)

دريافت اطلاعات توسط مسيرياب **F** در مورد مسيرياب **D** از مسيريابهاي مجاور



تعيين مسير رسيده از **B**

تعيين مسير رسيده از **G**

تعيين مسير رسيده از **I**

تعيين مسير رسيده از **B**

ساختار فرضي از ارتباط بين مسيريابهاي **BGP**

الگوريتمهائي كه در تبادل اطلاعات با همسايگان مسيرهاي كامل را به اطلاع يكديگر مي‌رسانند:

اولاً: مشكل "شمارش تا بينهايت" را نخواهد داشت. مانند پروتكل **BGP**

ثانياً: مسيريابهاي ديگر مي‌توانند بر روي كل مسير ، بررسي‌هاي امنيتي ، اقتصادي ، سياسي و ملي انجام دهند و بر اساس اين پارامترها مسير مناسب را انتخاب نمايند. مانند پروتكل **BGP**

تبادل اطلاعات مسيريابي (فهرست مسيرها) در پروتكل **BGP** در قالب پيام

انواع پيام تعريف شده در پروتكل **BGP**:

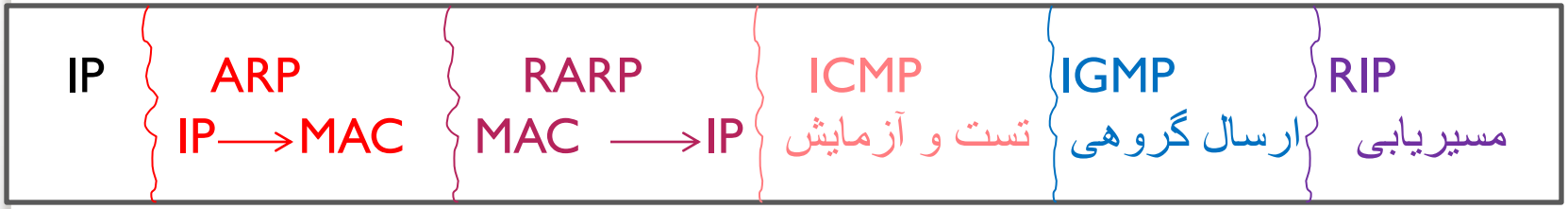
1. پيام **OPEN**
2. پيام **KEEPALIVE**
3. پيام **NOTIFICATION**
4. پيام **UPDATE**

دیدگاه های نرم افزاری شبکه

لایه اینترنت (IP) Internet :

پس از معرفی IP ، به معرفی سایر پروتکل های مهم این لایه می پردازیم:

ساختار لایه IP در مدل TCP/IP و پروتکل های مهم آن،



دیدگاه های نرم افزاری شبکه

لایه اینترنت (IP) Internet :

پس از معرفی IP ، به معرفی سایر پروتکل های مهم این لایه می پردازیم:

ساختار لایه IP در مدل TCP/IP و پروتکل های مهم آن،