

دانشگاه پیام نور مرکز تهران

## پروژه پایانی در مقطع کارشناسی

رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار

### عنوان:

الگوریتم مسیریابی TORA در شبکه های موردی سیار

### استاد پروژه:

آقای مهندس بلادر

### نگارش:

الهام اله دادیان

بهار ۹۰

صلى الله عليه وسلم

باتشکر و سپاس فراوان از

جناب آقای مهندس بلادر که شاگردی ایشان افتخاری بزرگ برای من بود.

### چکیده

از آنجا که شبکه های موردی سیار با باتری هایی با انرژی محدود کار می کنند در این زمینه با مشکلاتی روبرو هستند. بنابراین مصرف انرژی در طراحی پروتکل های مسیریابی این نوع از شبکه ها بسیار مهم است. به منظور افزایش طول عمر این شبکه ها ، ترافیک باید از مسیرهایی عبور کند که فاقد گره هایی با انرژی کم هستند. چون گره های شبکه های موردی به صورت سیار می باشند ممکن است مسیرهای ایجاد شده به دلیل تحرک گره ها قطع شده و ایجاد مسیر جدید از سر گرفته شود. در این پروژه یک الگوریتم مسیریابی کارا ارائه می شود .

# فصل اول

## مقدمه

شبکه های موردی را می توان در زمینه های گوناگون مورد استفاده قرار داد. این شبکه ها می توانند به راحتی اندازه گیری شوند. مورد استفاده قرار گیرند و در نهایت از بین بروند. از موارد استفاده این شبکه ها می توان به کاربردهای شخصی مانند اتصال لپ تاپ ها به یکدیگر , کاربردهای عمومی مانند ارتباط وسایل نقلیه و کاربردهای نظامی مانند ارتش و ارتباط ناوگان جنگی اشاره کرد. از آنجا که مسیریابی در این شبکه ها به عهده خود گره های شرکت کننده می باشد , امنیت در این نوع شبکه ها بیش از شبکه های دیگر مورد توجه است . در این گزارش ابتدا به توضیحی درباره این شبکه ها پرداخته و بعد نحوه عملکرد یکی از پروتکل های مسیریابی به نام TORA را بررسی می کنیم.

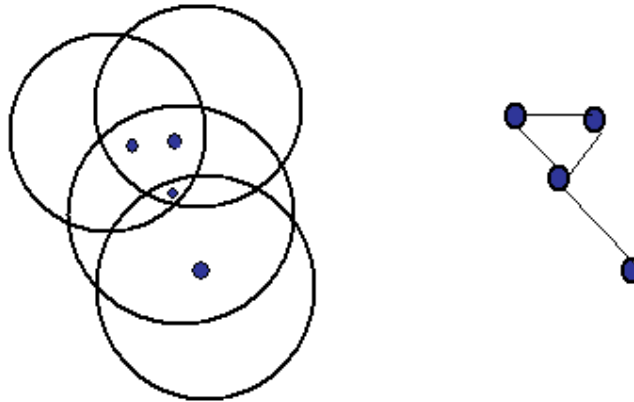
## فصل دوم

### شبکه های موردی

### ۱-۱- شبکه موردی چیست؟

به شبکه ای گفته می شود که در آن از تجهیزات متحرک استفاده می شود . توسط رسانه بی سیم با هم ارتباط برقرار می کنند و هیچ مدیریت متمرکز و زیر ساخت شبکه ای از پیش تعیین شده در آن موجود نمی باشد.

این شبکه ها برای مسیریابی از هیچ زیرساخت شبکه ای از پیش تعیین شده ای استفاده نمی کنند بلکه در این شبکه ها خود گره های شرکت کننده در شبکه وظیفه مسیریابی شبکه را به عهده دارند.



ساختار یک شبکه موردی

### ۱-۲- مشخصات شبکه های موردی

آنچه که این شبکه ها را با سایر شبکه های مشابه متمایز می سازد، خصوصیات ذاتی آن می باشد. این شبکه ها **فاقد زیرساخت ارتباطی از پیش تعیین** می باشند. به عنوان مثال در شبکه سلولی (تلفن همراه)، با وجود این که گره ها (nodes) متحرک (mobile) هستند و از طریق **ارتباطات بی سیم** با هم تبادل اطلاعات می کنند ولی زیر ساخت شبکه ای ثابتی باید وجود داشته باشد (BTS) تا شبکه سلولی بتواند به کار خود ادامه دهد در حالی که در شبکه های موردی هیچ زیرساخت از پیش تعیین شده ای وجود ندارد. از اینرو برپایی شبکه های موردی سریعتر و هوشمند تر صورت می گیرد.

### ۱-۳- چالشها و موانع موجود در شبکه های موردی

**رسانه بی سیم**: از آنجا که از رسانه بی سیم برای تبادل اطلاعات استفاده می شود، پایداری این ارتباط بسیار سست بوده، به گونه ای وابسته به شرایط آب و هوا خواهد بود.

**محدودیت توان**: گره های موبایل از توان محدود و کمی برخوردار می باشند ، چون موبایل ها توسط باتری شارژ شده و بعد از مدتی با تمام شدن شارژ ، توان خود را از دست داده و خاموش می شوند که این باعث اختلال در شبکه می شود. لذا باید الگوریتمها و پروتکلهایی طراحی شود تا حد امکان توان کمتری مصرف کنند.

**نبود زیرساخت ثابت ارتباطی:** بدون وجود زیر ساخت شبکه، برقراری و مدیریت ارتباطات شبکه ها کار دشواری خواهد بود و باید در طراحی پروتکلها، بگونه ای پوشش داده شود.

**نبود مدیریت متمرکز:** در شبکه های موردی هیچ سیستم یا سرور متمرکزی وجود ندارد. یعنی هیچ گره ای به عنوان گره مرکزی که بتواند شبکه را کنترل کند وجود ندارد. لذا جهت ارائه سرویسهای مختلف باید از روشهای توزیع شده استفاده شود که این امر چالشهای خاص خود را به همراه دارد.

**تحرک گرهها:** گره ها در شبکه های موردی متحرک می باشند مانند موبایل که می توان جای آنها را تغییر داد، از این رو باید این مشخصه در طراحی پروتکلها لحاظ شود.

مشکلات و چالشها

- مسیر یابی (routing)
- پیکربندی خودکار (Auto-Configuration)
- امنیت (Security)
- مدیریت گروه (Clustering)
- متمرکز شدن روی یک نقطه (Localization)
- .....

# فصل سوم

## مسیریابی

## **۱-۲- معرفی پروتکل TORA: Temporally Ordered Routing Algorithm**

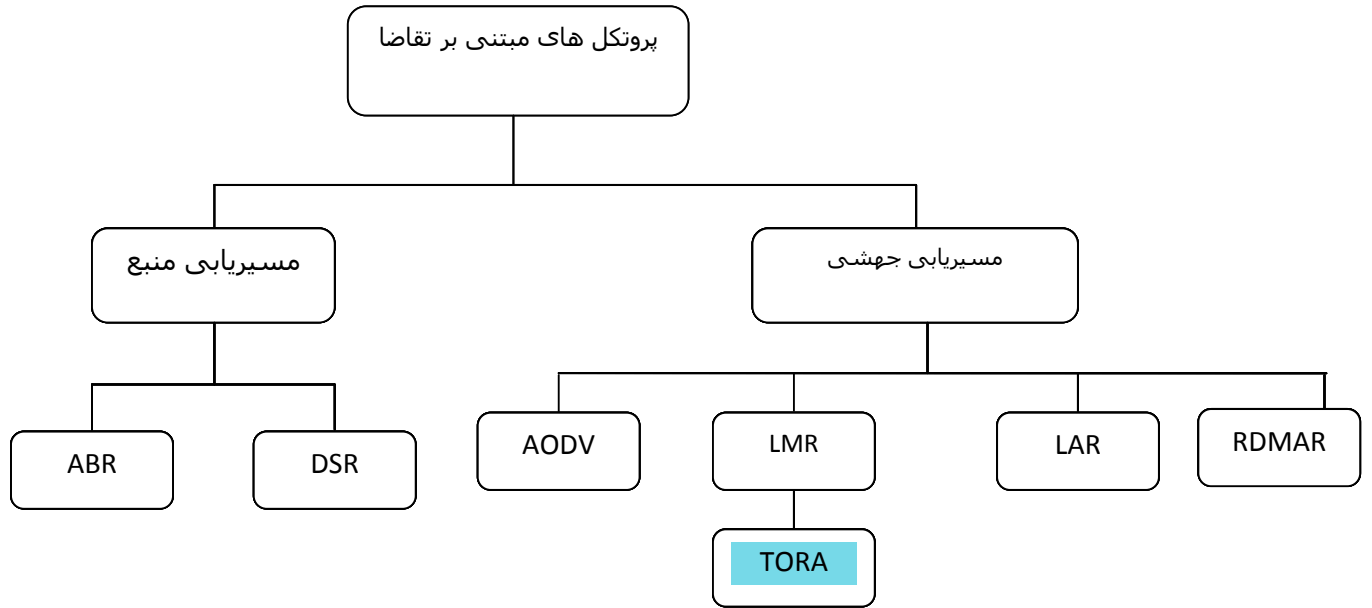
### **پروتکل های مسیریابی به دسته های زیر تقسیم می گردند**

- (۱) پروتکل های مسیریابی یکنواخت  
الف) **Proactive Routing** (پوششگرایانه - مبنی بر جدول)  
اطلاعات مسیریابی جاری را در همه زمانها نگهداری می کند  
برای شبکه های ایستا مناسب است
- ب) **Reactive Routing** (واکنش پذیر- مبتنی بر تقاضا)  
پیدا کردن یک مسیر به مقصد، پس از درخواست  
برای شبکه های پویا مناسب است

پروتکل مسیریابی TORA از نوع مسیریابی (**Reactive Routing**) می باشد و استفاده از گراف های غیرگردشی مستقیم در جایی که هر گره مسیری به یک مقصد معین دارد را میسر می سازد.

- (۲) پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی
- (۳) پروتکل مسیریابی مبنی بر تعیین مکان

چارت پروتکل های مبتنی بر تقاضا



TORA یک پروتکل مبتنی بر تقاضا و توزیع شده می باشد یعنی هر زمان که نیاز باشد مسیریابی انجام می گیرد. در واقع قبل از آنکه گره مبداء بتواند ارتباطی برقرار کند باید منتظر کشف مسیر باشد و این تأخیر باید به گونه ای باشد که در ارتباطات بلادرنگ قابل تحمل باشد، مسیر یکبار ایجاد شده و تا زمانیکه مقصد غیرقابل دسترس نباشد و یا منقضی نشده باشد نگهداری شده و سربار کمی بوجود می آورد.

این پروتکل Loop free بوده - از روش سیل آسا استفاده کرده و دارای ۳ وظیفه اصلی زیر می باشد:

- ✓ ایجاد مسیر
- ✓ اصلاح و نگهداری مسیر
- ✓ حذف مسیرهای نامعتبر

در این پروتکل ۵ پارامتر به صورت زیر جهت کشف مسیر وجود دارد:

- ✓ T: زمان منطقی از بین رفتن یک Link
- ✓ Oid: شناسه یکتای گره ای که در سطح ارجاعی جاری قرار گرفته
- ✓ R: بیت انعکاس که تنها دو مقدار ۰ و ۱ را می پذیرد (۰ → گره اصلی , ۱ → گره انعکاس)

## TORA: Temporally Ordered Routing Algorithm

✓  $\delta$ : نشان دهنده تعداد گام از یک گره تا گره مقصد

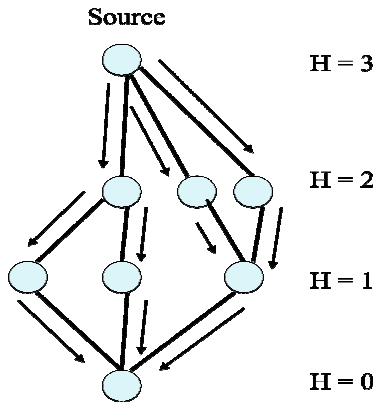
✓ I: شناسه گره جاری

۲ پارامتر اول برای بررسی سطح بازگشت استفاده می شوند و ۲ پارامتر آخر پارامترهای آدرس می باشند

$[T, Oid, r, \delta, i]$

پروتکل Tora جهت کشف مسیر از ۲ بسته QRY و UPD استفاده می کند و بسته CLR را جهت پاک کردن مسیرها نامعتبر به کار می برد.

شکل زیر نشان دهنده سطح ارتفاع در این پروتکل می باشد



### ۲-۲-چند نکته در مورد TORA

۱: زمان معکوس کردن اتصال یک گره در زمان خرابی اتصال و ارسال بسته  $upd: O(n^2)$

۲: DAG (Directed Acyclic Graph): یک گراف غیرچرخشی است که گره ها آن را در طول ایجاد مسیر و فاز نگهداری برای هر مقصد جهت راهنمایی، برای ارسال و دریافت اطلاعات ایجاد می کنند.

در اصل گره ها از طریق یک گراف غیر گردشی جهت دار با هم در ارتباط می باشند.

۳: مسیریابی از هر گره ای در گراف می تواند شروع شود و به یک مقصد توسط اتصال های مستقیم به شرح ذیل ارسال گردد:

قابلیت تطبیق بالا- کارآمد- مقیاسی و الگوریتم توزیع شده مسیرهای چندگانه از منبع به مقصد

۴: به هر گره یک سطح میزان مرجع اختصاص می یابد

۵: در پروتکل TORA زمانبندی یک عامل مهم است, زیرا ارتفاع(درجه یا همان گامها از یک گره به مقصد ) به زمان منطقی خراب شدن یک اتصال وابسته است

۶: پیکربندی مسیر یکنواخت است

۷: بروزسانی مسیرهای متناوب نیازی نیست

۸: این نوع پروتکل که شامل مسیریابی واکنشی است در بسیاری از کاربردهای شبکه های سیار , عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم های مبتنی بر جدول دارد

### **۲-۲-۲ کشف مسیر Discovery**

گره منبع جهت کشف مسیر ,یک بسته QRY که حاوی آدرس گره مقصد و پارامترهای ذکر شده است را به گره های همسایه خود ارسال می کند, آن گره ها نیز این بسته را به گره های همسایه خود ارسال می کنند تا اینکه بسته QRY به گره مقصد رسیده و مسیر کشف شود(روش سیل آسا). در ابتدا ۵ پارامتر ذکر شده به صورت  $[i, r, r, r, -]$  می باشد و گره مقصد در پاسخ ,پارامترها را به صورت  $[i, 0, 0, 0, 0]$  تنظیم کرده و به گره های همسایه خود ارسال کرده و آنها نیز آن را به گره های همسایه خود ارسال کرده تا مسیر کشف شده به مبداء اعلام گردد و اکنون تمام گره ها تعداد گام خود را تا مقصد می دانند و پارامتر  $\delta$  را تنظیم می کنند در واقع هر گره مسیر خود را تا گره مقصد به دست آورده.

### **۲-۲-۴ اصلاح و نگهداری مسیر Route Maintenance**

این عمل زمانی صورت می گیرد که یک اتصال بین دو گره از بین برود و شامل بخش های زیر است.

نکته:

اگر اتصالی از بین برود که هنوز گره ها مسیری به مقصد داشته باشند مشکلی ایجاد نمی شود.

Generate (۱)

زمانی که اتصال یک گره از بین می رود , این گره در سطح ارجاعی جاری قرار گرفته و یک سطح جدید ایجاد می کند و ۳ پارامتر اول را تنظیم کرده و در یک بسته UPD آن خرابی را به گره های همسایه اطلاع می دهد تا گره مبداء در جریان قرار گیرد در این حالت یک معکوس سازی کامل صورت می گیرد یعنی گره ای که در سطح ارجاعی جاری قرار گرفته تمام اتصال های خود را معکوس می کند(Link reversal).

Propagate (۲)

زمانی که گره های همسایه گره سطح ارجاعی جاری بسته UPD را دریافت می کنند سطح ارتفاع یا همان پارامتر  $\delta$  را از طریق فرمول زیر تنظیم کرده و یک معکوس سازی جزئی را انجام می دهند یعنی گره Link های خود را به جز اتصالی که بسته UPD را از آن دریافت کرده معکوس می کند.

$$set \delta = \min \{ \delta_j : \text{where neighbor } j \text{ has the highest first three elem} \} - 1$$

Reflect (۳)

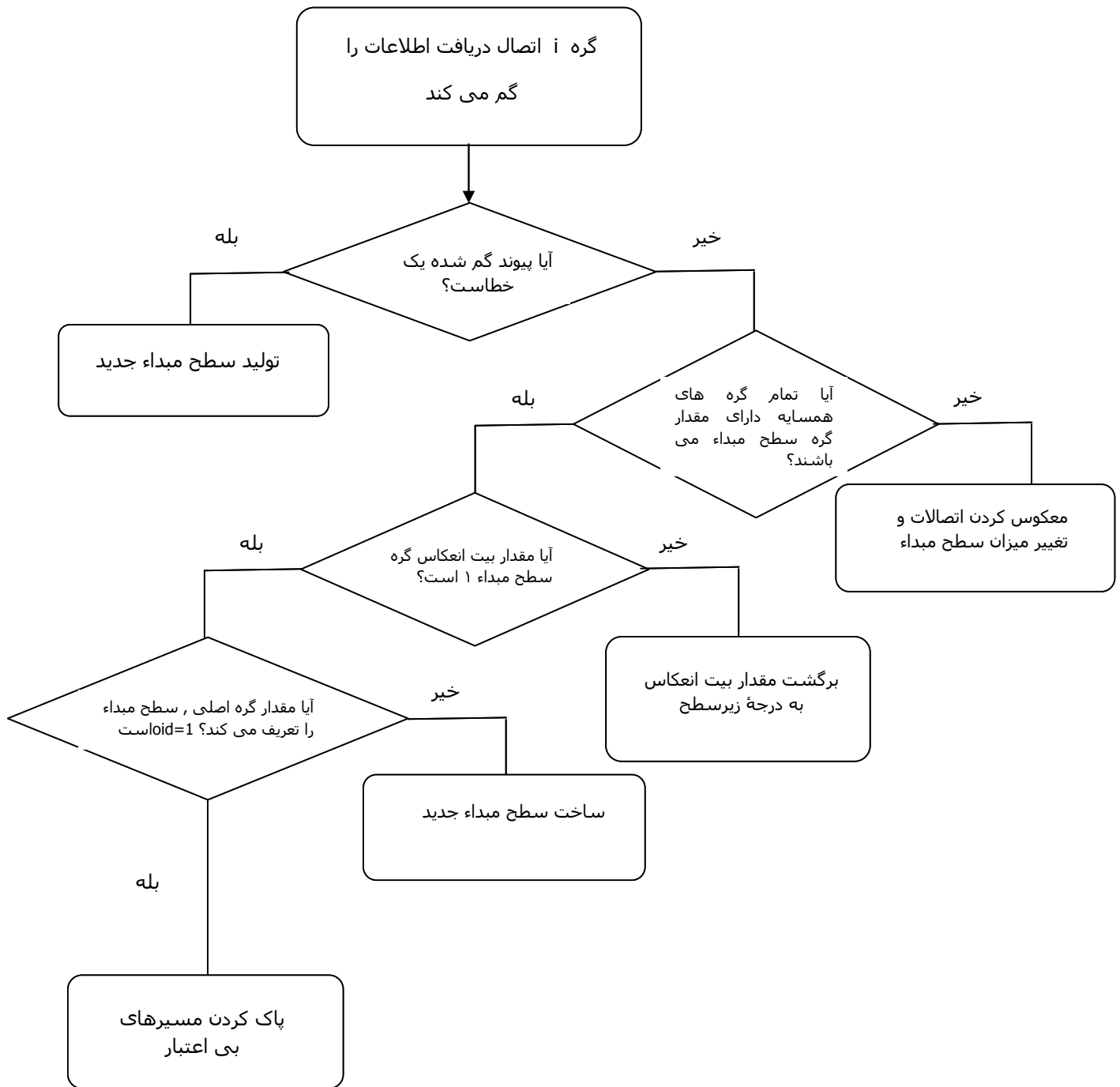
زمانی که گره ای بسته upd را دریافت می کند ، ۳ پارامتر اول  $(t, Oid, r)$  گره های همسایه خود را مقایسه کرده که اگر یکسان باشند مقدار پارامتر ۲ را به ۱ و مقدار پارامتر  $\delta$  را به ۰ تنظیم می کند .

Detect (۴)

در این قسمت بخشی از مسیر از دست رفته به مقصد یافت شده ، در واقع به گره ای می رسیم که اتصال مسیر از آنجا خراب شده ( به گره سطح ارجاعی جاری رسیدیم) در این زمان مسیرهای نامعتبر توسط ارسال بسته CLR حذف می شوند.

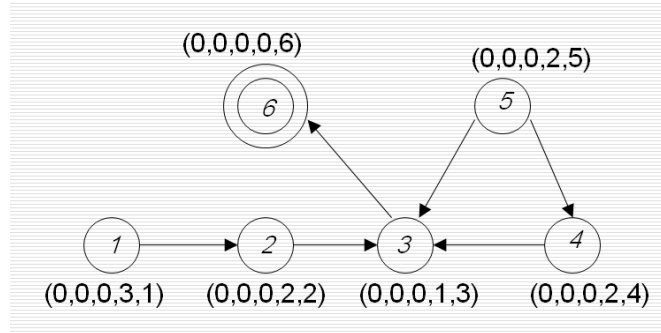
**۲-۵- حذف مسیر Route Erasure**

توسط یک بسته کوچک CLR مسیرهای بی اعتبار در شبکه پاک می شوند. در زیر فلوجارت مربوط به این عملیات نشان داده شده

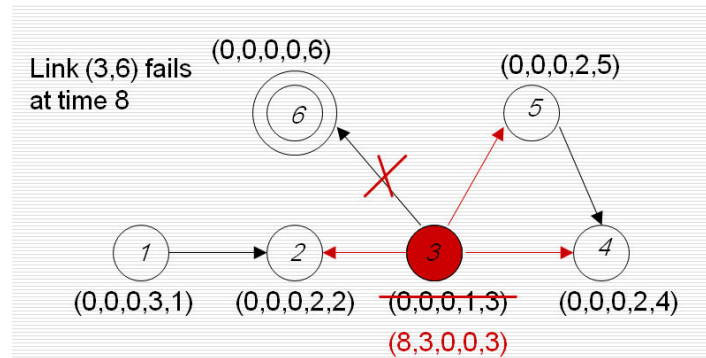


مثال ۱

در این مثال گره ۱ مبدا و گره ۶ مقصد می باشد. در هرکدام از گره ها ، پارامتر چهارم نشان دهنده تعداد گام از آن گره تا مقصد می باشد. مثلاً برای گره ۴، مقدار پارامتر چهارم ۲ می باشد یعنی از گره ۴ با ۲ گام می توان به مقصد رسید.



در این قسمت اتصال گره ۳ به گره ۶ در زمان ۳ از بین می رود ، بنابراین گره ۳ به عنوان گره سطح ارجاع در نظر گرفته می شود و یک update صورت می گیرد و برای ارسال بسته upd ، گره ۳ اتصال های خود را معکوس می کند(link reversal) و به صورت (8,3,0,0,3) update می شود .



حال نوبت به update گره های ۲ و ۴ می رسد. در این بخش الگوریتم برای نگهداری مسیر از فرمول زیر استفاده می کند.

$$\text{Max}\{۳\text{ پارامتر اول گره های همسایه ورودی برای گره مورد نظر}\}$$

$$\text{Min}\{۱- \text{مقدار پارامتر چهارم max}\}$$

برای گره ۲ (بر طبق شکل ۲)

$$\text{Max}\{1:( 0,0,0);3:( 8,3,0)\}=(8,3,0)$$

$$\text{Min}\{3:( 8,3,0)\}-1=0-1=-1$$

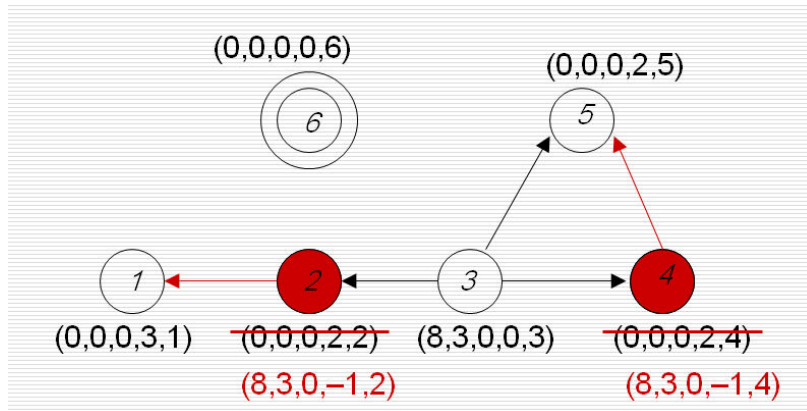
در نتیجه گره ۲ به صورت  $(8,3,0,-1,2)$  update می شود.

برای گره ۴ (بر طبق شکل ۲)

$$\text{Max}\{5:(0,0,0);3:(8,3,0)\}=(8,3,0)$$

$$\text{Min}\{3:(8,3,0)\}-1=0-1=-1$$

در نتیجه گره ۴ به صورت  $(8,3,0,-1,4)$  update می شود.



حال نوبت update گره های ۱ و ۵ می باشد که باید از همان فرمول قبل استفاده کرد.

برای گره ۱ (بر طبق شکل ۳)

$$\text{Max}\{2:(8,3,0)\}=(8,3,0)$$

$$\text{Min}\{2:(8,3,0)\}-1=-1-1=-2$$

در اینجا چون گره اتصال ۱ خروجی ندارد یک عمل reflect صورت می گیرد و پارامتر سوم (r) مقدار ۱ گرفته و پارامتر ۴ صفر می شود که نتیجه  $(8,3,1,0,1)$  می شود.

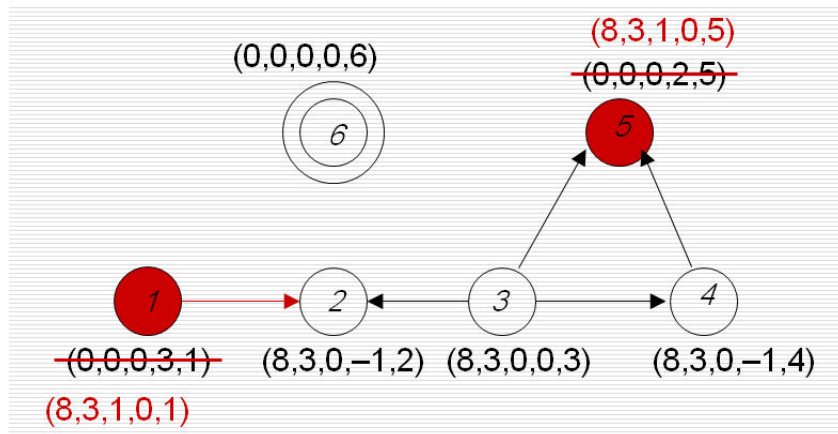
برای گره ۵ (بر طبق شکل ۳)

$$\text{Max}\{3:(8,3,0);4:(8,3,0)\}=(8,3,0)$$

$$\text{Min}\{2:(8,3,0)\}-1=-1-1=-2$$

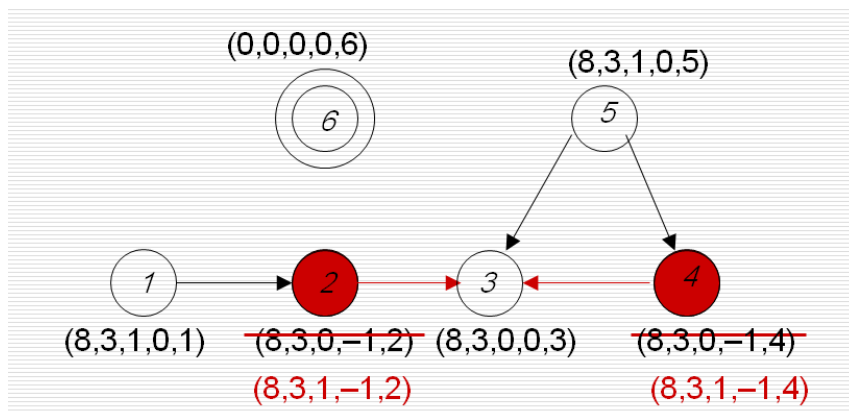
چون هر ۳ پارامتر گره های ۳ و ۴ مقدار یکسانی دارند باز هم عمل reflect صورت می گیرد و پارامتر سوم (r) مقدار ۱ گرفته و پارامتر ۴ صفر می شود که نتیجه  $(8,3,1,0,5)$  می شود.

## TORA: Temporally Ordered Routing Algorithm



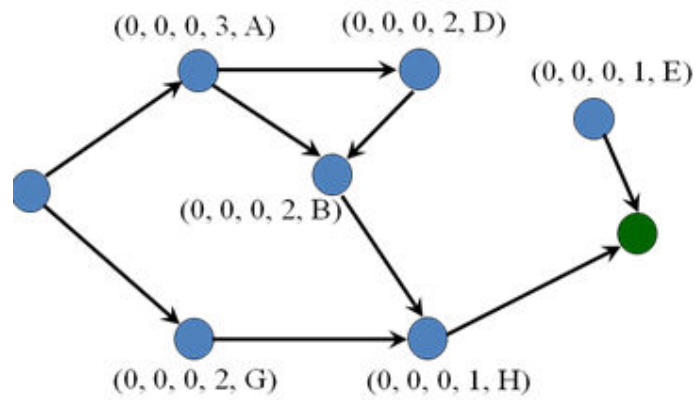
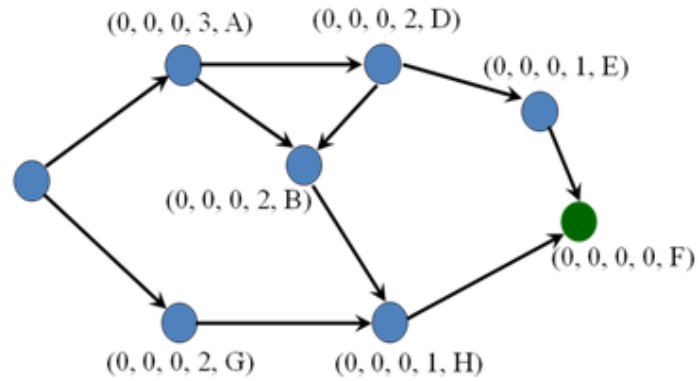
باز گره ۲ برطبق گره ۱ و گره ۴ برطبق گره ۵ update می شوند تا پیام رسیدن بستهٔ upd به گره سطح ارجاع برسد.

که نتیجه در شکل زیر نشان داده شده است.

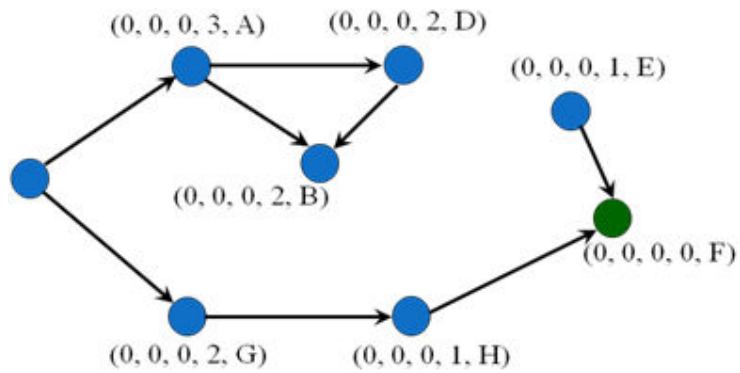


مثال ۲

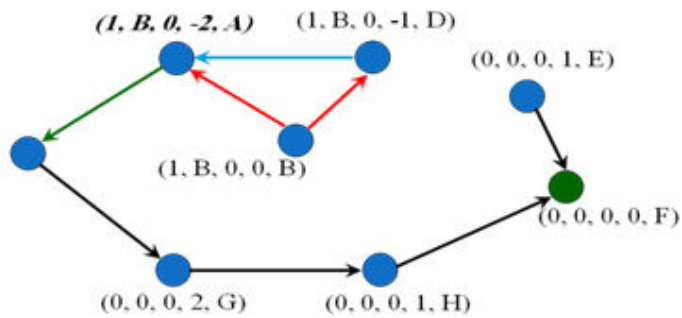
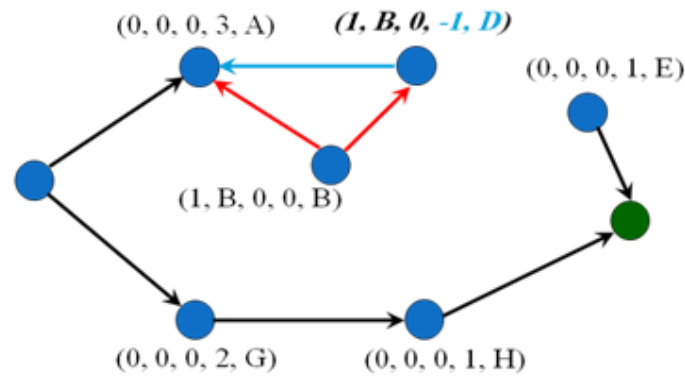
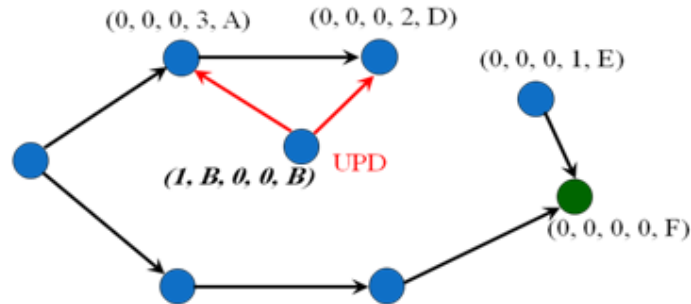
گره A گره مبدا- گره F گره مقصد



خرابی اتصال گره D به E, که چون هنوز راهی به مقصد داریم, تاثیری ندارد

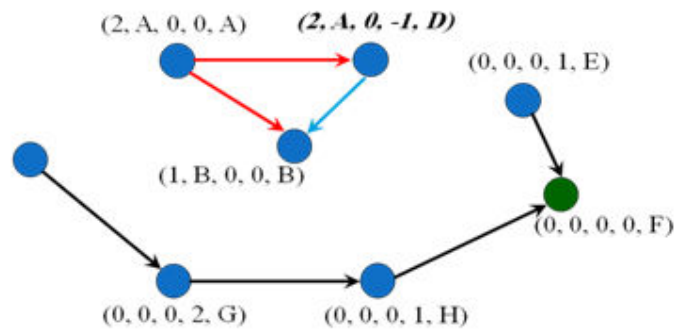
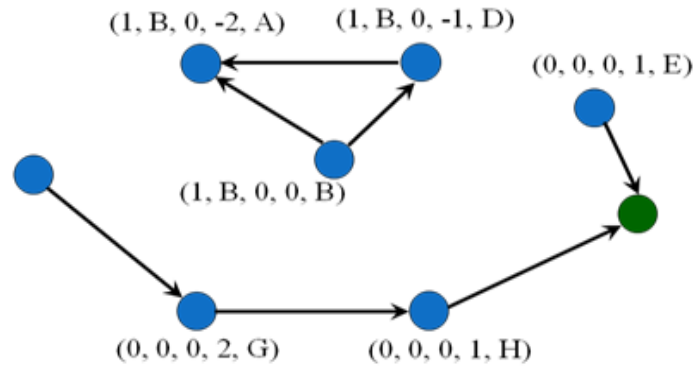


خرابی اتصال گره B به H در زمان ۱ که مسیر مقصد نیز از بین می رود.

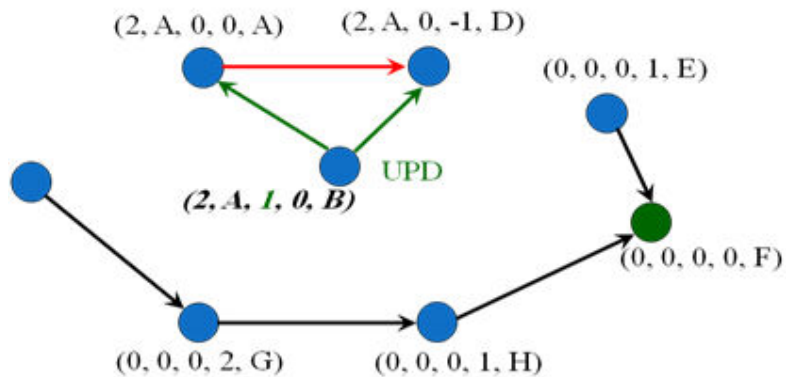


$$(1, B, 0) = \max( B:(1, B, 0), C:(0, 0, 0), D:(1, B, 0) ); -2 = \min\{0, -1\} - 1$$

خرابی اتصال گره A به C در زمان ۲



$$(2, A, 0) = \max( A:(2, A, 0), B:(1, B, 0) ); -1 = \min\{0\} - 1$$





GAFNI AND BERTSEKAS:GB

در شبکه ممکن است بخشی از مسیر به مقصد بنا به دلایلی از بین برود که این باعث بروز ناپایداری شبکه می شود , این الگوریتم به هر گره یک ارتفاع منحصر به فرد را اختصاص می دهد و می تواند ناپایداری شبکه را تشخیص دهد و در این زمان یک مقدار ارتفاع جدید برای گره ها در نظر می گیرد و از طریق پخش بسته UPD گره های شبکه را از زمان خرابی اتصال مطلع می سازد.

نتیجه:

Tora توسط LMR می تواند کشف مسیر کرده و معکوس سازی اتصال را در زمان خرابی اتصال انجام دهد و از طریق GB می تواند تعداد گام هرگره را نسبت به مقصد تشخیص دهد و هنگام از بین رفتن یک اتصال از زمان آن مطلع شده و مقدار ارتفاع (گام) جدیدی در نظر گرفته و با پخش بسته upd در شبکه , گره ها را مطلع نماید.

### ۲-۷-معایب پروتکل TORA

- ۱) چون عملکردها به ارتباط گره ها واکنش نشان می دهند , سرریز در زمان کشف مسیر و اصلاح مسیر رخ می دهد.
- ۲) TORA نمی تواند مسیرهای کوتاه را اولویت بندی کند.

### ۲-۸-خواص پروتکل TORA

- ۱) نگهداری مسیر از طریق Link reversal  
دلیل این کار , پیدا کردن مسیر جایگزین برای زمانی است که مسیر اصلی از بین می رود.
- ۲) Tora دارای قابلیت تطبیق بالا و سریع برای ایجاد مسیر در زمان از بین رفتن اتصال مقصد می باشد.
- ۳) کشف مسیر به صورت سراسری می باشد یعنی می توان با ارسال درخواست مسیر بین تمام گره ها, مسیر مناسب را کشف نمود.
- ۴) این پروتکل ویژگی منحصر به فردی در نگهداری مسیرهای چندگانه به مقصد دارد.

**۹-۲-مقایسه دو پروتکل مبتنی بر تقاضا (AODV-TORA)**

	<b>AODV</b>	<b>TORA</b>
پیچیدگی کل	متوسط	بالا
OVERHEAD	متوسط	متوسط
فلسفه مسیریابی	یکنواخت	یکنواخت
LOOP-FREE	بله	بله
توانایی چندبخشی	بله	خیر
پشتیبانی مسیرچندگانه	خیر	بله
نگهداری مسیر	جدول مسیر	جدول مسیر
متدولوژی پیکربندی مسیر	پاک کردن مسیر	معکوس سازی link
Metric مسیریابی	تازه و کوتاه کردن مسیر	کوتاه کردن مسیر

**۲-۱۰-چند پیشنهاد**

۱. یکی از معایب پروتکل TORA این است که نمی تواند مسیرهای کوتاه را اولویت بندی کرده و بهترین مسیر را تشخیص دهد و در هنگام کشف مسیر, بسته QRY را به تمام گره های همسایه ارسال می کند که باعث ایجاد سربار می شود .

حال اگر بتوان این پروتکل را به گونه ای تنظیم نمود که بتواند بهترین گره را در بین گره های همسایه تشخیص داده و بسته QRY را تنها برای آن گره بفرستد , می توان سرباری را که در هنگام کشف مسیر ایجاد می شود را کاهش داده و زمان کمتری صرف می شود. مثلاً می توان برای هر گره وزنی در نظر گرفت ( همان طول عمر گره) و بسته QRY را به گره ای که طول عمر بیشتری دارد ارسال کرد.

۲. به پارامترهای پروتکل tora باید شناسه گره مقصد در واقع هر گره ای را که می خواهیم بسته ای را به آن ارسال کنیم را اضافه نمود نه اینکه آخرین گره شبکه به عنوان مقصد در نظر گرفته شود.

**مراجع**

1. L. P. Burka, "Temporally Ordered Routing Algorithm," *SECAN-LAB*, <http://wiki.uni.lu/secan-lab/Temporally-Ordered+Routing+Algorithm>. (current Feb. 21, 2005).
2. Vincent D. Parka and M. Scott Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," Naval Research Laboratory, 1997.
3. V.D.Park and Scott.M.Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks", Proceedings of INFOCOM 1997
4. <http://www.iam.unibe.ch>
5. Mehran Abolhasan et al, "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks" Ad Hoc Networks 2004 (1-22)