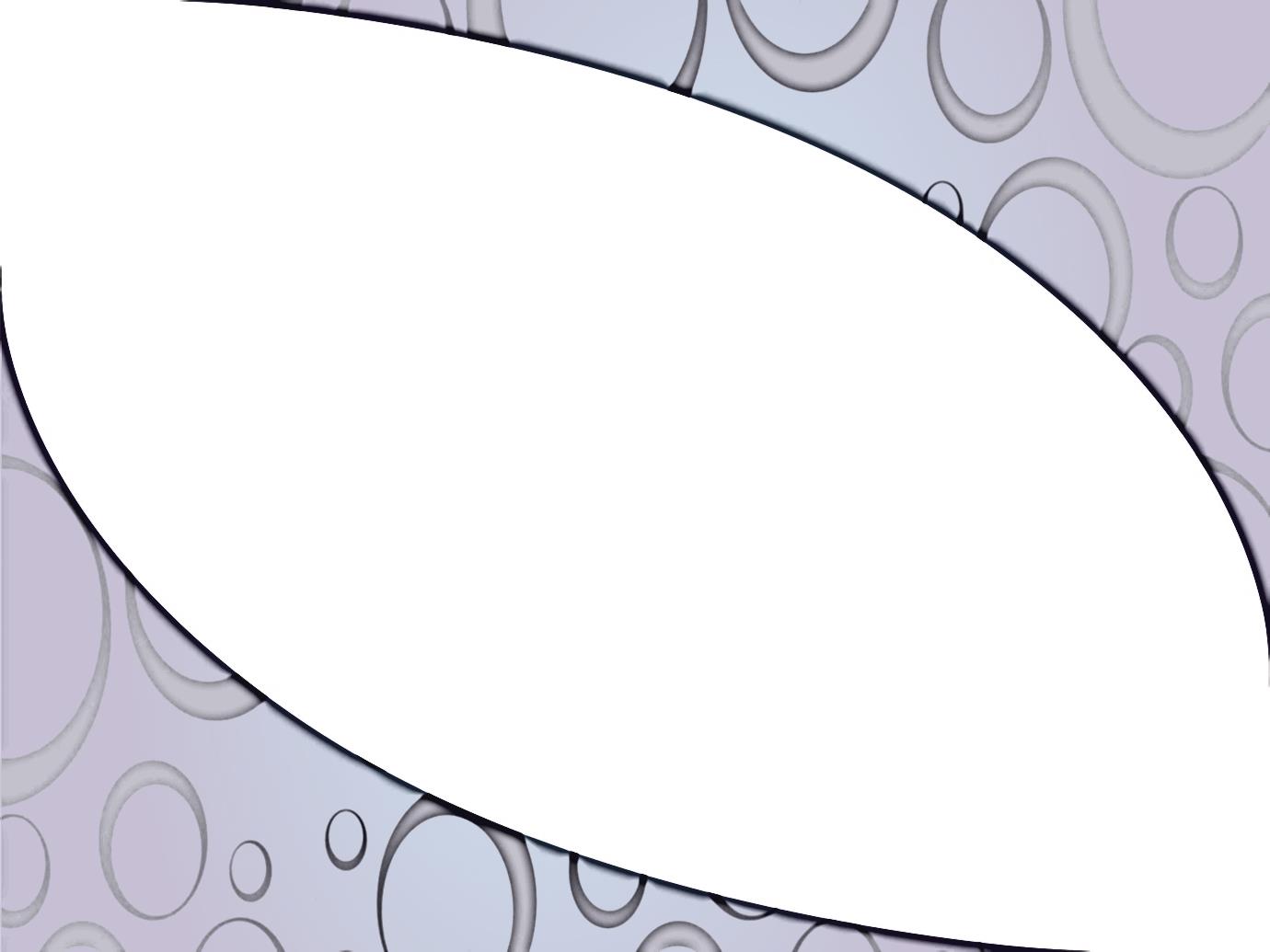
جلد

پشت جلد



شناسنامه

****

زمان‌بندي **TDMA** و ظرفیت در شبکه‌های بیسیم چندگامه

1. **زمانبندي TDMA و ظرفیت در شبکه‌های بیسیم چندگامه**

**اهداف بخش**

* کسب مهارت در تخصیص روزنه زمانی به شبکه‌های زنجیری
* محاسبه ظرفیت شبکه‌های با توپولوژی زنجیری
  1. **مقدمه**

همانطور كه ديديم، در نحوه تعيين دسترسي گره‌ها به رسانه بيسيم بايد مسئله گره پنهان و آشكار مدنظر قرارگيرد. گره پنهان نبايد همزمان با فرستنده‌ي لينك ارسال كند در حالي‌كه گره آشكار مي‌تواند همزمان به ارسال بپردازد. در اين بخش قبل از بررسي روش‌هاي دسترسي تصادفي قصد داريم زمانبندي TDMA لينك‌هاي شبكه چندگامه را مورد بررسي قرار دهيم و سپس در بخش آينده به زمانبندي به روش دسترسي تصادفي براي اين گونه شبكه‌ها خواهيم پرداخت. بايد توجه داشت كه وظيفه الگوريتم MAC در واقع چيزي جز زمانبندي ارسالها روي كانال نيست. از اين رو، كلمه زمانبندي اطلاق عام براي MAC محسوب مي‌گردد.

گفتيم كه گره آشكار در معرض فرستنده و پنهان از گيرنده است؛ بنابراين مي‌تواند همزمان با فرستنده اقدام به ارسال نمايد. حال اگر در ارتباط بين دو گره پس از ارسال داده قرار باشد بسته ACK پس فرستاده شود، ديگر گره آشكار نمي‌تواند به ارسال خود ادامه دهد. همانطور كه در شكل زير مشاهده مي‌شود، بسته ACK كه روي لينك R🡪T ارسال مي‌شود در محل فرستنده (T) با سيگنال گره E دچار برخورد خواهد شد. بعبارت ديگر گره آشكار براي لينك TR (که حامل داده است)، براي لينك معكوس RT (که حامل ACK است)، در نقش گره پنهان ظهور مي‌كند.

|  |
| --- |
| شكل 1: برخورد دادۀ گره آشكار(E) با ACK لینک TR |

در چنين شرايطي عملي‌ترين راهكار اينست كه با گره آشكار همچون گره پنهان برخورد شود و از ارسال آن جلوگيري بعمل آيد. البته بهره‌گيري از مكانيسم شنود حامل خودبخود منجر به ساكت ماندن گره آشكار و جلوگيري از بروز برخورد با ACK خواهد شد. اما بايد اتلاف ظرفيت كانال بدليل عدم ارسال گره آشكار را پذيرفت.

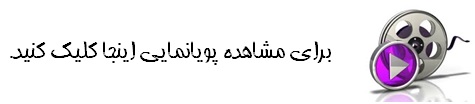
* + 1. **چينش زنجيري**

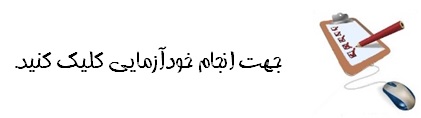
نخستين مثال از زمانبندي لينك‌ها را براي يك شبكه چندگامه كه از كنار هم قرار گرفتن تعدادي گره بيسيم در امتداد يك خط بوجود مي‌آيد آغاز مي‌كنيم. اينگونه چينش مثلا در شبكه‌هاي بين خودرويي هنگامي‌كه خودروها در طول يك اتوبان در حال حركتند بوجود مي‌آيد. بعنوان مثالي ديگر مي‌توان به دوربين‌هاي ترافيكي كنار جاده‌اي اشاره نمود كه براي ارتباط با مركز كنترل، هر يك ترافيك ديگري را به عقب حمل مي‌كند. شكل زير مثالي از چينش زنجيري (یا خطي) شامل 10 گره را نشان مي‌دهد.

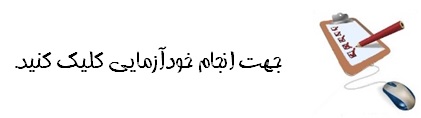
|  |
| --- |
| شكل 2: چينش زنجيري |

در اينجا فرض شده هر گره تنها در محدوده برد گره‌هاي مجاورش قرار دارد و ناحيه تداخل هر گره هم محدود به همين گره‌هاي مجاور است. همچنين جهت حمل ترافيك هم مطابق فلش از چپ به راست فرض شده است. آخرين گره سمت راست يك دروازه است كه به شبكه خارجي متصل است و مقصد تمامي بسته‌ها مي‌باشد.

اكنون مي‌خواهيم به هر لينك يك روزنه زماني اختصاص دهيم كه هم بسته داده خود را در آن ارسال كند و هم ACK آن‌را پس بگيرد. براي اين كار به حداقل 3 روزنه زماني احتياج خواهيم داشت. شكل فوق روزنه‌هاي زماني اختصاص يافته به هر لينك را در بالاي آن لينك نشان مي‌دهد. طبق زمانبندي ارايه شده هيچ گره پنهان يا آشكاري همزمان با فرستنده‌ي لينك فعال نخواهد بود. اگر ظرفيت تكنولوژي بيسيم بكار رفته يا درحقيقت همان نرخ بيت هر لينك برابر C bps باشد، در اين صورت با توجه به تقسيم‌بندي زمان به سه روزنه زماني، بطور متوسط به هر لينك ظرفيتي برابر اختصاص خواهد يافت.





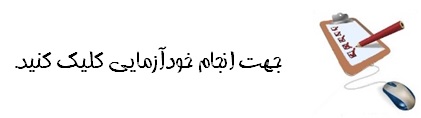


خودآزمايي قبل نشان مي‌دهد كه زمانبندي اعمال شده بهينه نيست، زيرا 89% ظرفيت لينك 12، 78% ظرفيت لينك 23 و به همين ترتيب بخش قابل توجهي از ظرفيت ساير لينكها را بهدر مي‌دهد. اين زماني است كه مي‌شد در آن ترافيك ارسال نمود اما در شرايط موجود بدون استفاده باقي مي‌ماند. در واقع با زمانبندي ايجاد شده در كل 1.33C از مجموع ظرفيت 3C تمامي 9 لينك خالي مي‌ماند؛ يعني اتلاف ظرفيتي برابر 44% در طول زنجير!

براي رفع اين مشكل، بهتر است تا به هر لينك تنها به اندازه‌ي نياز آن ظرفيت تخصيص داد. بهترين حالت آنست كه كليه روزنه‌هاي زماني اختصاص داده شده به يك لينك هيچگاه خالي نمانند و بهره‌وري تمام لينكها برابر 1 شود. براي اين منظور كافيست روزنه‌هاي زماني را كوچكتر بگيريم و به هر لينك متناظر با ترافيك عبوري‌اش روزنه اختصاص دهيم.

همانطور كه ديديم هيچ سه لينك متوالي نمي‌توانند روزنه‌زماني مشترك داشته باشند. بيشترين ترافيك عبوري نيز متعلق به سه لينك آخر يعني 8-7، 9-8 و 10-9 است كه هريك بترتيب برابر 7λ، 8λ و 9λ مي‌باشد. بنابراين در مجموع به 9+8+7=24 روزنه‌زماني نياز داريم. با توجه به ترافيك عبوري روي هر لينك، درمي‌يابيم كه لينك 2-1 تنها يك روزنه زماني نياز دارد. به همين ترتيب براي لينكهاي بعدي ميزان ترافيك عبوري و تعداد و شماره‌ي روزنه‌هاي اختصاص يافته در جدول زير فهرست گرديده است. مشاهده مي‌شود كه با اين زمانبندي بهره‌وري تمام لينكها برابر 100% خواهد شد.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Link** | **1->2** | **2->3** | **3->4** | **4->5** | **5->6** | **6->7** | **7->8** | **8->9** | **9->10** |
| **Traffic** | **λ** | **2λ** | **3λ** | **4λ** | **5λ** | **6λ** | **7λ** | **8λ** | **9λ** |
| **Timeslots** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **Timeslot Index #** | **1** | **2,3** | **4,5,6** | **1,7,8,9** | **2,3,10, 11,12** | **4,5,6, 13,14,15** | **1,7,8,9,16,**  **17,18,19** | **2,3,10,11,**  **12,20,21** | **4,5,6,13,**  **14,15,22,23,24** |



**خلاصه بخش**

* **در چینش زنجیری هيچ سه لينك متوالي نمي‌توانند روزنه‌ زماني مشترك داشته باشند.**
* **بهترين حالت زمانبندی آنست كه كليه روزنه‌هاي زماني اختصاص داده شده به يك لينك هيچ‌گاه خالي نمانند.**
* **باید به هر لينك، متناظر با ترافيك عبوري‌اش روزنه اختصاص دهيم.**
  1. **چينش شطرنجي**

**اهداف بخش**

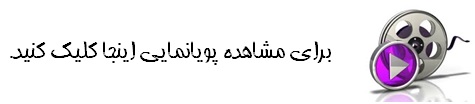
* **کسب مهارت در تخصیص روزنه زمانی به شبکه‌های شطرنجی**
* **محاسبه ظرفیت شبکه‌های با توپولوژی شطرنجی**

اكنون شبكه شطرنجي زير را با ابعاد 4x4 گره در نظر بگيريد. اين شبكه در كل داراي 16 گره است كه گره گوشه پايين سمت راست نقش دروازه دارد و تمامي ترافيك به سوي آن رله مي‌شود. بازهم برآنيم تا زمانبندي مناسبي براي شبكه فوق بدست آوريم. فعلا ميزان ترافيك عبوري مدنظر نيست و كافيست به هر لينك يك روزنه اختصاص دهيم.

برای تغییر ذائقه فرض می کنیم که سیر ارسال بسته و دریافت ACK طی هر روزنه زمانی بصورت سنکرون انجام میشود؛ بدین معنی که با آغاز روزنه زمانی ابتدا یک بسته داده با طول ثابت و بلافاصله در انتهای آن بسته ACK بر میگردد. در چنین شرایطی، گره آشکار مزاحم ACK نخواهد شد و میتواند همزمان فعالیت کند.

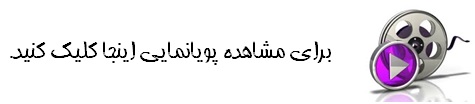
|  |
| --- |
| شكل 5: شبكه شطرنجي 4در4 |

بعنوان نمونه، لينك 2🡪1 را درنظر بگيريد، گره‌هاي پنهان اين لينك شامل 3و6 و گره آشكار آن تنها 5 است. همچنين 2 نمي‌تواند طي فعاليت 2🡪1 ارسال كند. البته گره آشكار 5 مزاحمتي براي ACK برگشتي از 2 به 1 ايجاد نمي‌كند چون همزمان با ACK برگشتي خودش (به 5) خواهد شد. بنابراين 5 مي‌تواند همزمان با فعاليت لينك 2🡪1 اقدام به ارسال بسته نمايد. اگر براي همه لينكها به همين ترتيب عمل كنيم، مي‌توان روزنه‌هاي زماني را مطابق برچسب هر لينك نشان داده شده در شكل فوق، اختصاص داد. همان‌طور كه مشاهده مي‌شود در مجموع تنها به 6 روزنه احتياج داريم كه در نتيجه ظرفيت هر لينك برابر C/6 خواهد شد. البته اين تنها شيوه‌اي نيست كه مي‌توان روزنه‌هاي زماني را بين لينكها توزيع نمود.



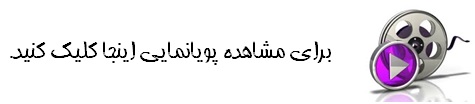
تمامي لينكهايي كه نمي‌توانند با يكديگر همزمان فعال باشند را متعلق به يك قلمرو برخورد (Collision Domain) يا قلمرو تداخل (Interference Domain) مي‌نامند. ظرفيت C در حقيقت متعلق به تمامي لينكهاي يك قلمرو برخورد (يا تداخل) است كه الگوريتم زمانبندي آنرا بين لينكها تقسيم مي‌كند. بعلاوه، در هر لحظه تنها يك لينك مي‌تواند در يك قلمرو برخورد فعال باشد. همچنين يك لينك ممكن است متعلق به بيش از يك قلمرو برخورد باشد.

پویانمایی از تعلق به بیش از یک قلمرو برخورد

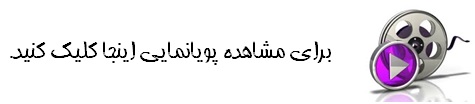


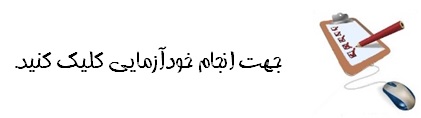
بين ابعاد قلمرو برخورد و فاصله استفاده مجدد از فركانس رابطه نزديكي برقرار است. هر چه فاصله استفاده مجدد از يك فركانس كوچكتر باشد، ابعاد قلمرو برخورد نيز كوچكتر مي‌شود. همچنين هر چه ابعاد يك قلمرو برخورد بزرگتر باشد، ظرفيت آن (C bps) در مساحت بزرگتري پخش مي‌شود و در نتيجه ظرفيت بر واحد سطح برحسب bps/m2 كاهش مي‌يابد. در آخر، کل ظرفيت جابجايي ترافيك در كل شبكه متناظر است با تعداد قلمروهاي برخورد آن.

پویانمایی از رابطه فاصله استفاده مجدد از فرکانس و ابعاد قلمرو برخورد

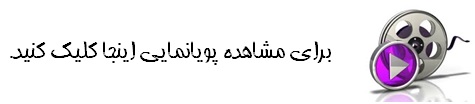


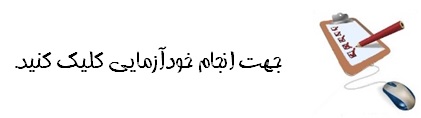
پویانمایی از رابطه ظرفیت بر واحد سطح و تعداد و ابعاد قلمروهای برخورد





پویانمایی از پاسخ به خودآزمایی بالا



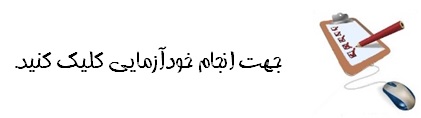


**خلاصه بخش**

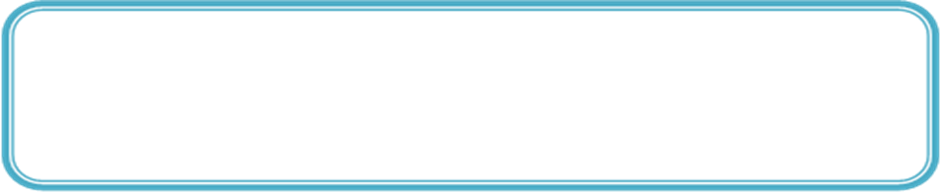
* **تمامي لينكهايي كه نمي‌توانند با يكديگر همزمان فعال باشند را متعلق به يك قلمرو برخورد (Collision Domain) يا قلمرو تداخل (Interference Domain) مي‌نامند.**
* **هرچه فاصله استفاده مجدد از يك فركانس كوچكتر باشد، ابعاد قلمرو برخورد نيز كوچكتر مي‌شود.**
* **هرچه ابعاد يك قلمرو برخورد بزرگتر باشد، ظرفيت آن (C bps) در مساحت بزرگتري پخش مي‌شود و در نتيجه ظرفيت بر واحد سطح برحسب bps/m2 كاهش مي‌يابد.**
  1. **رابطه زمانبندی، ظرفیت و مسیریابی**

**اهداف بخش**

* **درک تأثیر متقابل زمانبندی، ظرفیت و مسیریابی**



همان‌طور كه در خودآزمايي فوق ملاحظه نموديد، نحوه مسيريابي و توزيع ترافيك تأثير مستقيم بر زمانبندي دارد. از طرف ديگر، زمانبندي در واقع ظرفيت هر لينك را تعيين مي‌كند؛ و ظرفيت، خود بر مسيريابي تأثير مي‌گذارد؛ بنابراين زمانبندي نيز بر مسيريابي تأثير خواهد گذاشت.

****

**رابطه متقابل و تنگاتنگي بين زمانبندي و مسيريابي وجود دارد كه عنصر ارتباط دهنده‌ي اين دو همان ظرفيت است.**

از همين رو بهتر است كه حل مسئله مسيريابي و زمانبندي تواما انجام شود تا بيشترين ظرفيت براي شبكه حاصل گردد. البته حل توام اين دو مسئله در حالت كلي مشكل و جزو دسته مسائل NP-hard است. به همين دليل اغلب ابتدا يكي را حل مي‌كنيم و سپس با استفاده از آن سراغ حل دومي مي‌رويم.

براي مثال مي‌توان ابتدا مسئله مسيريابي را بدون محدوديت ظرفيت حل نمود. اكنون توزيع ترافيك بر روي لينكها مشخص است و ظرفيت هر لينك بايد حداقل برابر با ترافيك عبوري از آن تعيين شود. براي اين منظور مسئله زمانبندي بايد به گونه‌اي حل شود كه به ظرفيت مورد نياز برسيم. اگر چنين زمانبندي مقدور نباشد، بايد دوباره مسيريابي را تغيير داد و به همين صورت كار را تكرار نمود تا به پاسخ قابل قبول برسيم.

در حالت ديگر، مي‌توان ابتدا مسئله زمانبندي را فارغ از اينكه چه توزيع ترافيكي بر شبكه حاكم است حل نمود. سپس با داشتن ظرفيت لينكها، اقدام به مسيريابي مبتني بر ظرفيت موجود نمود. اگر براي يك ارتباط هيچ مسيري پيدا نشد، باز بايد زمانبندي را تغيير داد و دوباره اقدام به مسيريابي نمود.

**خلاصه بخش**

* **رابطه متقابل و تنگاتنگي بين زمانبندي و مسيريابي وجود دارد كه عنصر ارتباط دهنده‌ي اين دو همان ظرفيت است.**

پشت جلد