فصل سوم : اِترنت (Ethernet):

اترنت در واقع همانطور بود که پروتکل IP انتظار داشت: شبکه ای بدون اتصال و بدون تصدیق دریافت فیلمها.

اما دلیل بقای اصلی اترنت : سادگی، قابلیت اعتماد، ارزانی و سهولت نصب و نگهداری آن بوده و بسادگی با پروتکل TCP / IP که اکنون پروتکل غالب دنیاست کار می کند.

در زمان عرضه اترنت شبکه هایی همچون FDDI و ATM و Fiber Channel از اترنت بسیار سریعتر بودند ولی هیچکدام سادگی نصب، مدیریت و نگهداری اترنت را نداشتند و البته گران بودند.

با افزایش سرعت اترنت، شبکه های مذکور، دیگر هیچ مزیتی نداشته و از میان رفتند. اترنت در یک روند تکاملی داروین به شکل امروز خود درآمده است.

ابتدا پروژه ALOHA (که در زبان مردم بومی ها واین به معنای سلام است) شروع شد و هدف این پروژه ایجاد خطوطی ارزان و مناسب جهت دسترسی ترمینال های جزایر مجاور به کامپیوتر مرکزی در هانولولو بود.

این سیستمی که طراحی شد دارای ویژگی های زیادی بود:

۱ - همه ترمینال ها برای ارسال از باند فراکانسی مشترکی استفاده می کرند لذا در آن واحد، فقط یک ترمینال می توانست داده های خود را ارسال کند و در صورت ارسال همزمان دو یا چند ترمینال، داده های همه آنها خراب و غیرقابل تشخیص می شد.

۲ – باارسال یک داده یا فرمان توسط کاربر بر روی ترمینال خود و زدن دکمه Enter، ابتدا داده ؛ پس از سازماندهی در قالب یک فریم، مستقیماً بر روی آنتن مخابره می شد.

۳ - قبل از ارسال سیگنال بر روی آنتن آن، ترمینال، در حال ارسال بودن یا نبودن ترمینال دیگری را بررسی نمی کرد که این امر ممکن بود موجب تصادم (collision) داده های ارتباطی با سیگنال های داده ترمینال دیگر شده و داده های هر دو خراب شود.

۴ - نرخ ۱ سال ۹۶۰۰ بیت بر ثانیه

۵ - قالب فرمهای مورد استفاده برای داده های ارسالی بصورت زیر سازماندهی می شد:

(Header) 32 bit مشخصات کاربر وطول فریم	(Check 16 bit sumحداکثر خطا)	Data	16bit CRC

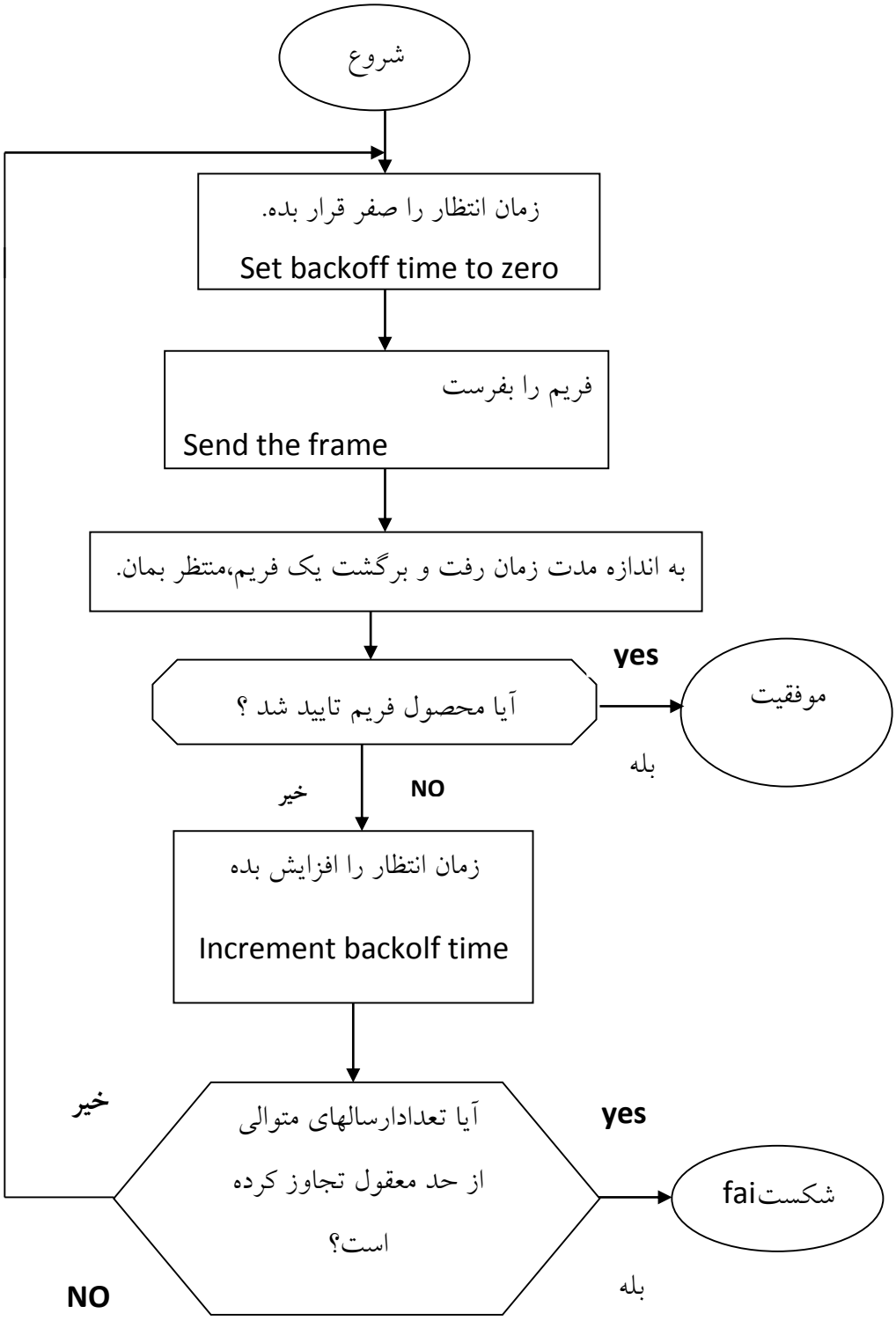
۶- پس ازارسال فریم توسط ترمینال،فرستنده، حداکثر باندازه دو برابر زمان تأخیرانتشار (propagation Delay) منتظر می ماند تا کامپیوتر فوراً محصول فریم را روی کانال معکوس اعلام کند.

وقتی اولین زمان منقضی می شد و دریافت فریم اعلام نمی شد، فرستنده فرض را بر این می گذاشت که فریمش بر اثر تصادم (یا خطای کنترل) خراب شده یا از بین رفته و باید آنرا از اول ارسال کند.

۷- ترمینالی که موفق به ارسال فریم خود نمی شد ابتدا باید به اندازه یک زمان تصادفی (Reduce time) منتظر مانده و سپس فریم خود را می فرستاد و در صورت عدم موفقیت، مجدداً این فرآیند تکرار می شد با این تفاوت که زمان انتظار در تصادمهای متوالی افزایش می یافت و بازه ای که زمان انتظار تصادفاً از آن محدوده انتخاب می شد به نام زمان عقبگرد (Back off time) شناخته می شود.

۸- هرگاه تعداد تلاش های متوالی برای ارسال یک فریم واحد از آستانه مشخص تجاوز می کرد، سخت افزار ترمینال، با اعلام یک پیغام خطا به کاربر از ادامه کار صرفنظر می نمود.

۹- با توجه به اشتراکی بودن کانال ارسال بین همه ترمینال ها، روال دسترسی هر ترمینال به کانال انتقال در ALOHA از الگوریتم (یا فلوچارت) زیر پیروی می کرد.



فلو چارت یاروال دسترسی به کانال مشترک در ALOHA

نکته ۱: سـیستم هایی که چندین کاربراز یک کانال مشترک استفاده می کنند بنحوی که می توانند منجر به برخورد شـوند (سیستم های رقابتی) نام دارند. در ALOHA ،طول تمام قابها یکسان است زیرا توان عملیات عملیاتی سیستم های آلوها با این نوع قابها بهینه می گردد.

نکته ۲: زمان قاب، مقدار زمان مورد نیاز برای انتقال قاب استاندارد با طول مثبت(یعنی طول قاب تقسیم بر سرعت بیت) می باشد و در هر زمان مقدار محدودی از کاربران قاب S را تولید می کنند بطوریکه S>۱، همچنین کاربران قابها را با سرعتی بیش از توان کنترلی کانال تولید می کنند ودرنتیجه تقریبا هرقابی دستخوش برخورد می شود. (برای توان عملیاتی مناسب انتظار می رود ۱ >S>۰ باشد.)

نکته ۳: احتمال k انتقال به ازای هر قاب پواسون و میانگین به ازای هر زمان قاب G می باشد.

(G>=S و S=0 و G=S و G>S برخورد محدود.)

۱۰ - زمان آسیب پذیری (Vulnerability): فرض کنید زمان لازم برای آسیب پذیری فریم T ثانیه باشد. (طول فریم را ثابت و معادل f بیت و نرخ ارسال را B bps فرض کنید. در این صورت T برابر F/B ثانیه است. با فرض فوق اگر در ALOHA هر فریم به محض تولید، سریعاً بر روی آنتن ارسال شود :

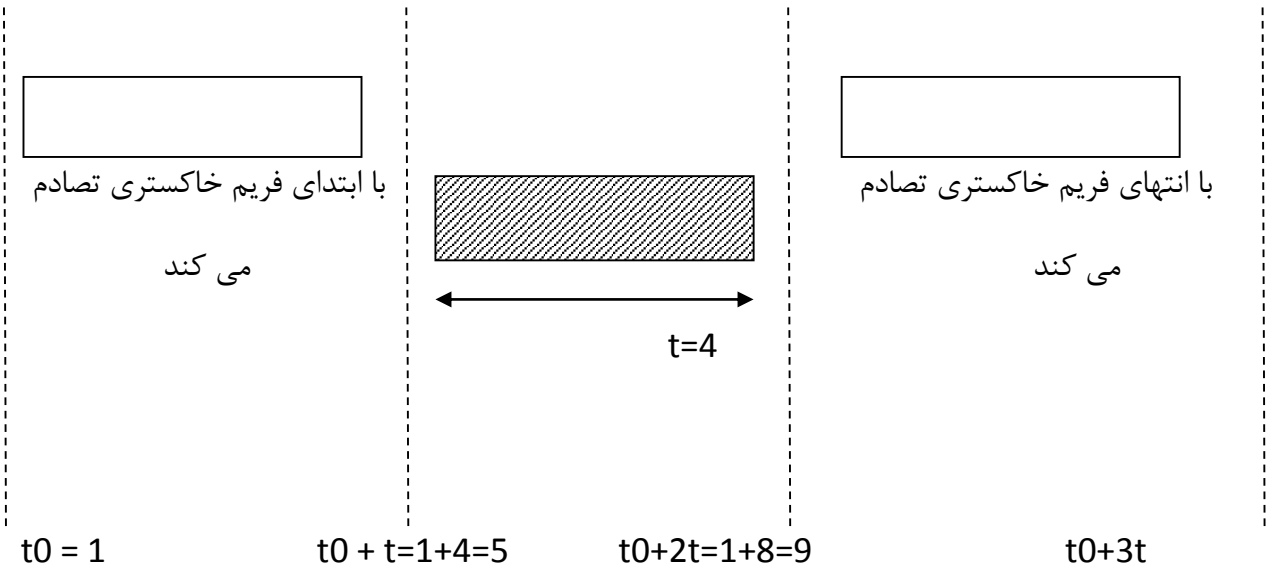
الف – اگر از لحظه آغاز ارسال تا T ثانیه بعد ترمینال دیگری شروع به ارسال کند فریم ارسالی به دلیل تصادم خراب می شود.

ب - اگراز T ثانیه قبل از لحظه شروع، ترمینال دیگری اقدام به ارسال کند بازهم فریم با تصادم مواجه شده و خراب می شود.

بنابراین به ازای هر فریم T ثانیه ای، زمان آسیب پذیری 2T ثانیه خواهد بود.

زمان آسیب پذیری: طول دوره زمانی است که به ازای ارسال هر فریم، ترمینال دیگری نباید اقدام به ارسال کرده باشد. (زیرا اگر آخرین بیت از یک فریم با اولین بیت از فریم ترمینال دیگر همزمان ارسال شوند تصادم شده و هر دو فریم تخریب می شوند).

نمودار زیر زمان آسیب پذیری فریمها را نشان می دهد :



۱۱ - راندمان بسیار پایین ALOHA: با توجه به اینکه ترمینال ها بدون آگاهی از وضعیت کانال مشترک ارسال فریم خود را آغاز می کنند، احتمال بروز تصادم بالا است و بصورت زیر مشخص می شود:

۱۰۰ ×(P_0) بازده کانال (نسبت فریم هایی که تصادم نکرده اند(S) به کل فریمهای ارسالی بر روی آنتن (G) ،

P_0 = احتمال عدم تصادم یک فریم در زمان آسیب پذیری بانرمالیزه نمودن G و تبدیل واحد زمان از ۱ ثانیه به T ثانیه (T زمان ارسال برای یک فریم است) :

$$P_0 = \frac{S}{G} \Rightarrow S = G.P_0$$

با فرض اینکه تولید توسط ترمینال ها از تابع توزیع پراسون پیروی می کند خواهیم داشت:

تعداد فریم های تولید شده در T ثانیه: $\frac{\mathbf{T}}{\mathbf{2T}} = \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{2G}}$ (تعداد فریم های تولید شده در 2T)

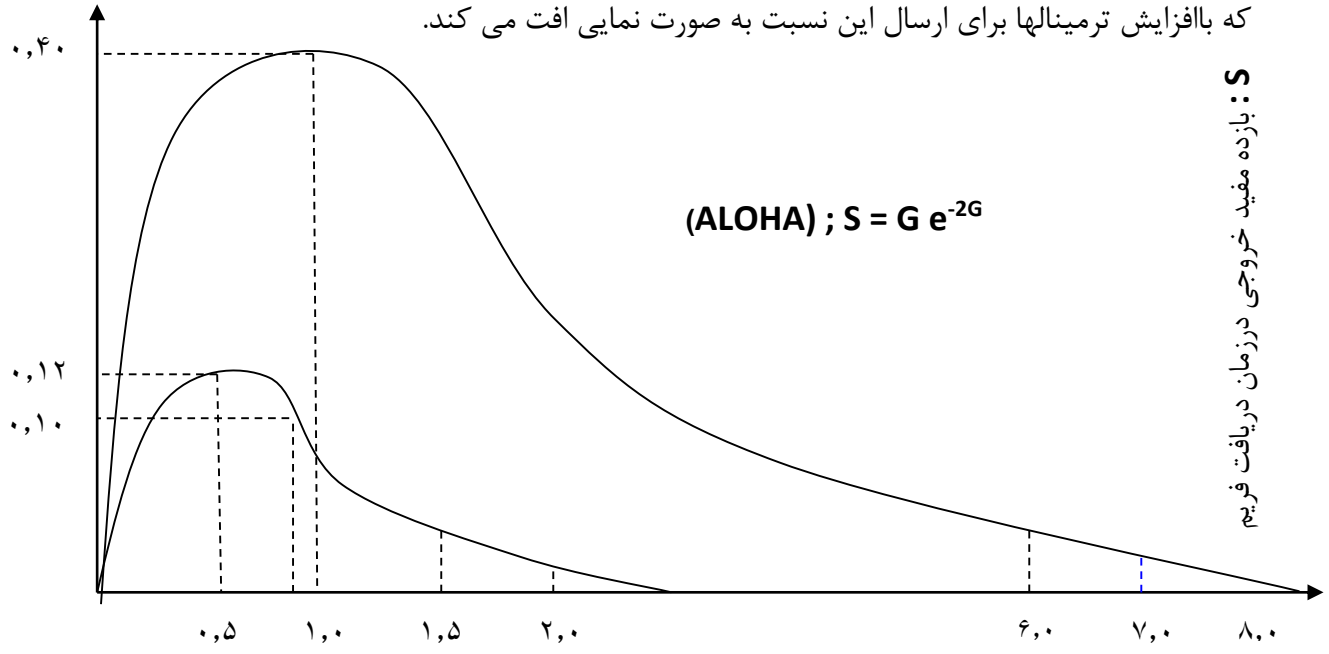
احتمال تولید k عدد فریم توسط دیگر ترمینال ها در واحد زمان: $\mathbf{P_r[K]} = \frac{\mathbf{G^K.e^{-G}}}{\mathbf{Kl.}}\mathbf{T}$

$\mathbf{P_r[K]} = \frac{\mathbf{2G^K.e^{-2G}}}{\mathbf{Kl.}}$: احتمال تولید k عدد فریم توسط دیگر ترمینالها درزمان آسیب پذیری 2.T

$\mathbf{P_0 = P_r[0] = Ge^{-2t}}$: احتمال سالم ماندن فریم تولیدی معادل احتمال تولید صفر عددفریم توسط ترمینال های دیگر است. (احتمال سکوت همه ترمینال ها به غیر از فرستنده)

$\mathbf{S = G \times P_0 = Ge^{-2t}}$: نسبت فریمهایی که جان سالم بدر می برند.

با توجه به شکل زیر در منحنی S، در بهترین حالت ممکن است ، نسبت مفید فریمهای ارسالی حدود ۱۸٪ باشد که باافزایش ترمینالها برای ارسال این نسبت به صورت نمایی افت می کند.



G : تعداد تلاش ها در زمان ارسال یک بسته

نمودارمنحنی بازده کانال در ALOHA

در اترنت برخلاف ALOHA ، کانال انتقال خلاء (فضا)نبوده بلکه یک رشته سیم مسی بوده و طبعاً هر ایستگاه می توانست قبل از اقدام به ارسال فریم، وضعیت کانال را (از لحاظ مشغول بودن یا نبودن)بررسی کند، یعنی در اترنت یک ایستگاه زمانی اقدام به ارسال می کند که کانال را آزادببیند.ارسال داده در اترنت بر روی کانال مشترک بصورت زیر انجام می شود:

الف – گوش دادن به کانال نامطمئن شود: یعنی در صورت آزاد بودن کانال کسی در آن لحظه مشغول ارسال داده نیست .

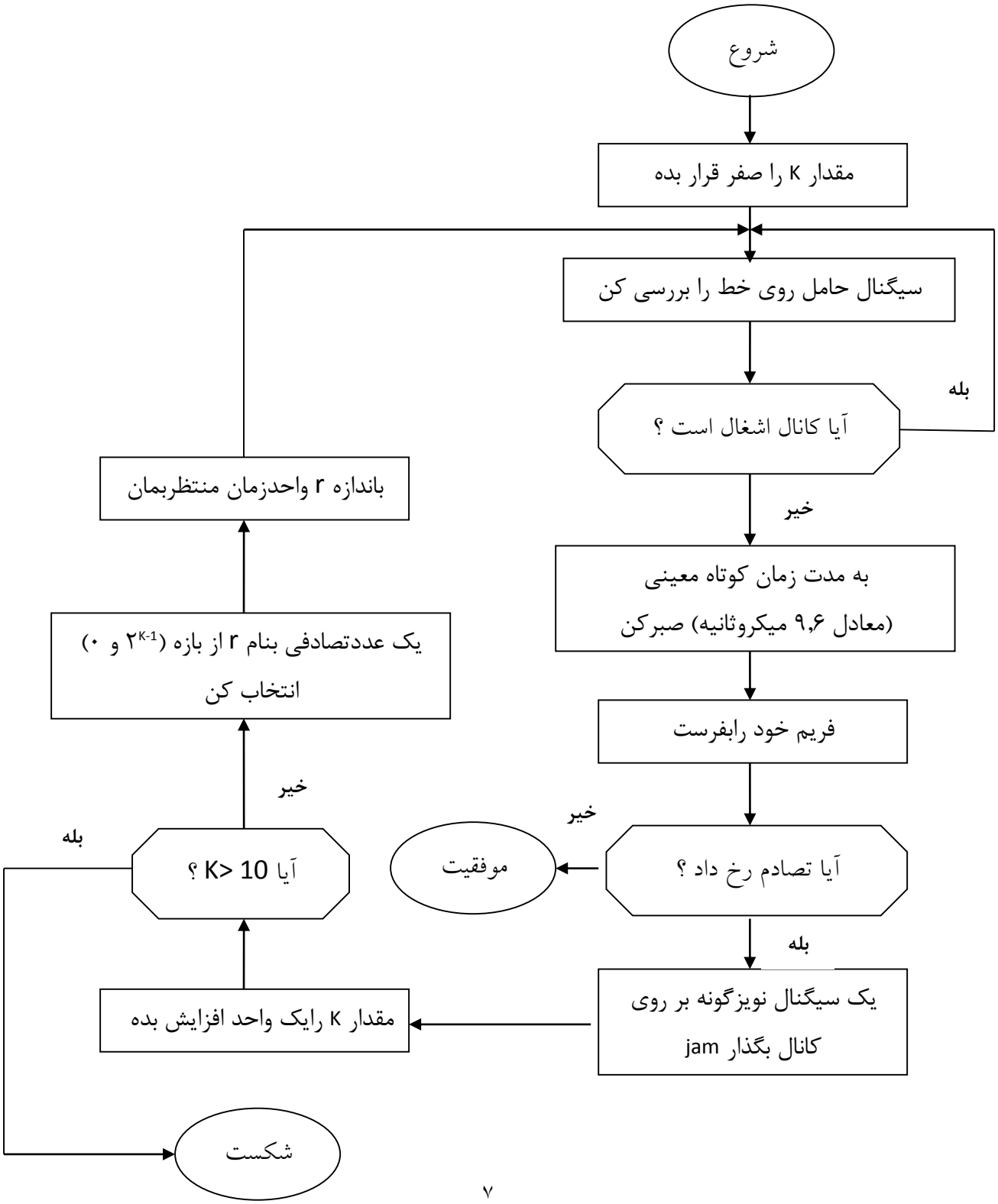
ب – در صورت اشغال بودن: آنقدر باید صبر کند تا خط آزاد شود. پس از تأمل یک لحظه کوتاه به اندازه 9/6 MS ارسال خود را مجدداً آغاز و بازهم به سیگنال روی خط گوش می دهد در صورت عدم تصادم به ارسال داده ها می پردازد ودر صورت تشخیص تصادم مراحل دیگر را انجام می دهد.

ج – تمام ایستگاهها موظفند در لحظه آغاز تشخیص تصادم. یک سیگنال نویز گونه شدید که نقش اخطار را ایفا می کند. (و به نام سیگنال jam معروف است) از ارسال دست بکشند و سپس برای مدتی کوتاه که مقدار

آن را به طور تصادفی تخمین می کنند از ارسال صرف نظر کرده و از مرحله الف شروع می کنند. بابروز تصادم دردفعه دوم، بازه زمان انتظار دو برابر قبل انتخاب می شود.

الگوریتم یا روال فوق به C SMA /CD یا دسترسی چندگانه با قابلیت شنود سیگنال حامل و کشف تصادم مشهور است که بصورت فلوچارت در شکل زیر نشان داده شده است.

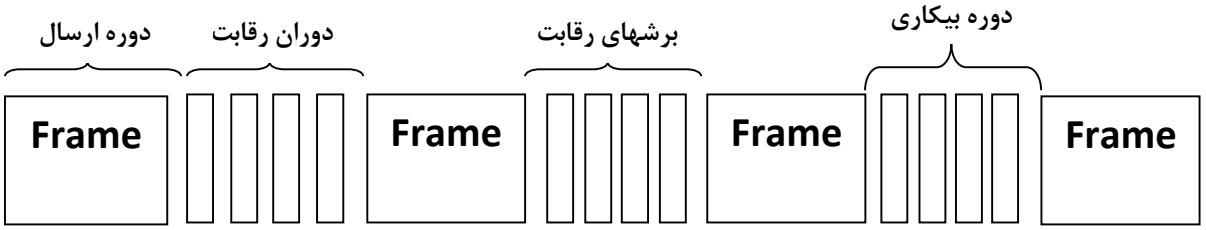
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection



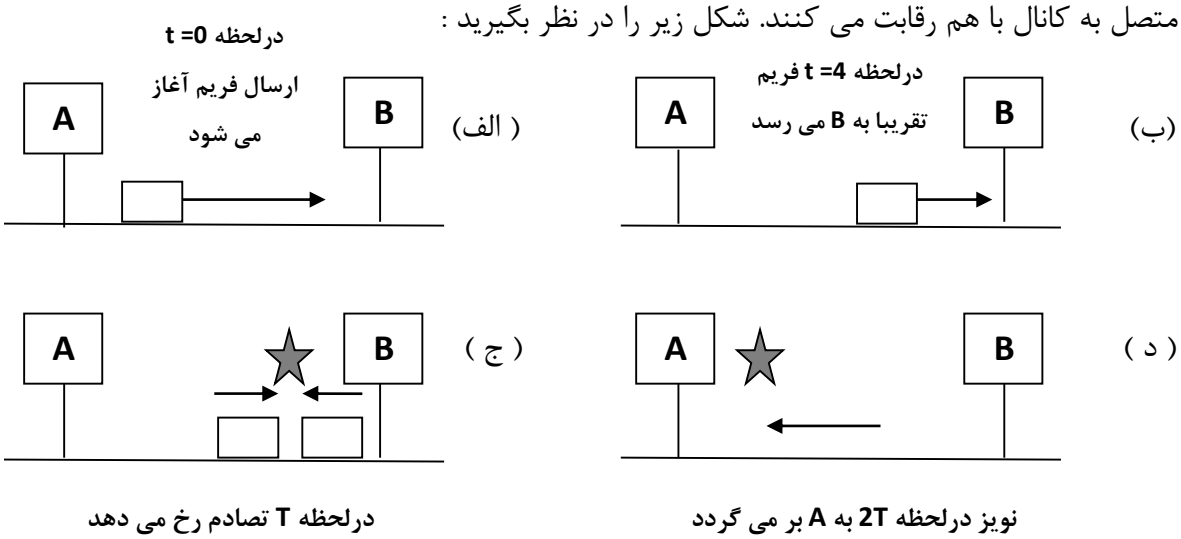
بررسی نکات کلیدی روال CSMA/CD (این روال پرکاربردترین روش دسترسی به کانال مشترک محسوب می شود):

۱- در روی CSMA/CD به محض آنکه ایستگاهها از وقوع تصادم آگاه شدند ارسال خود را نیمه کاره رها می کنند. قطع سریع فرآیند ارسال به محض تشخیص تصادم در زمان و پهنای باند خط صرفه جوئی می کند.

۲ - روال CSMA/CD ازمدل مفهومی شکل زیرتبعیت می کند. در لحظه t_0 ارسال فریم یک ایستگاه به پایان رسیده و خط آزاد شده است، در این لحظه ایستگاههای آماده روی ارسال فریم ها خود اقدام به رقابت می کنند.اگردویا چند دستگاه بطور همزمان اقدام به ارسال نمایند. تصادم رخ می دهد وارسال تکرار می شود. این مدل مفهومی شامل دوره های زمانی زیر است: چندین مرحله متوالی رقابت (contention) بازه ارسال فریم وبازه های بیکاری کانال (زمانهایی که تمام ایستگاه ها به دلیل عدم نیاز به ارسال فریم ساکت بوده اند.)



۳- اصلی ترین پارامترموثر در کارایی الگوریتم CSMA/CD : مدت زمانی است که طول می کشد تا ایستگاهی که ارسال خود را آغاز کرده متوجه وقوع تصادم شود محاسبه این زمان برای تعیین دوره رقابت و همچنین محاسبه تأخیر و ظرفیت مفیدکانال حیاتی است و بدترین حالت ممکن وقتی است که دورترین ایستگاه های متصل به کانال با هم رقابت می کنند. شکل زیر را در نظر بگیرید :



کشف تصادم (بسته به فاصله ایستگاهها) می تواند حداکثر تا زمان 2T طول بکشد.

فرض کنیم زمان تأخیر انتشار سیگنال الکتریکی دررسیدن ازابتدابه انتهای کانال T ثانیه باشد، (سرعت انتشار امواج الکترومغناطیس درسیم مسی 2×10^8_c msوبرای هرکیلومترسیم 5 میکروثانیه تأخیرانتشاروجود دارد)

شکل الف – ارسال فریم توسط A در لحظه t=0

شکل ب – رسیدن فریم به تقریباً انتهای کانال در لحظه $t - 4$

شکل ج – ارسال فریم توسط کانال B در لحظه $t - 4$

شکل د – تشخیص ایستگاه B از بروز تصادم در $t + 4$ (افزایش توان دریافتی از کانال نسبت به توان ارسالی) قطع ارسالی فریم + تولید یک فریم قوی (معادل بازمان 48bit) و اطلاع رسانی به سایر ایستگاهها که آنهاهم مطلع شوند. در زمان حدوداً 2t فرستنده A متوجه سیگنال نویز شده و از ارسال دست می کشد سپس هر یک از دو ایستگاه B/ A قبل از تلاش مجدد برای ارسال فریم به اندازه یک عدد تصادفی صبر می کنند. پس بدترین زمان اطلاع یافتن از تصادم و از ارسال دست کشیدن 2T است.

نکته ۱: کشف تصادم بصورت آنالوگ صورت می گیرد ، با یکی از روشهای زیر :

۱- بررسی توان مصرفی

۲- اندازه گیری پهنای پالس سیگنال دریافتی از کانال ومقایسه آن با پهنای واقعی سیگنال ارسالی

۳- اندازه گیری سطوح ولتاژ پالس ها

نکته ۲: حداکثر طول کانال در اترنت ۲۵۰۰است که پس از هر ۵۰۰ متر برای جلوگیری ازتضعیف دامنه سیگنال یک *** می گذارد.

به الگوریتم فوق الگوریتم عقبگرد (Back off ***) می گویند چون بازه های زمان انتظار بصورت نمایی رشد می کند.

الوهای برهه ای :

روشی برای *** نمودن ظرفیت سیستم الوها می باشد، زمان به برهه های جداگانه تقسیم می شود و هر برهه به یک قاب اختصاص می یابد این روش مستلزم توافق کاربران بر سر مرزهای این برهه ها بود یک به روش همزمان سازی این است که ایستگاه در آغاز هر برهه بوق بزند (مانند ساعت)، در این روش کامپیوتر نمی تواند در هر لحظه ای که کلید Enter زده شده پیام را ارسال کند، در عوض لازم است منتظر بماند تا برهه بعدی آغاز شود، بنابراین الوهای محض پیوسته به مدل برهه ای تغیر می یابد، چون دوره آسیب پذیری به نصب تقلیل می یابد. احتمال اینکه هیچ ترافیک دیگری در اثنای یک برهه،مشابه قاب مورد امتحان نباشد، برابر با e^{-G} است که داریم: $S = Ge^{-G}$ توان عملیاتی الگوهای برهه ای در G=۱ بیشتر می گردد، این توان عملیاتی برابر$\frac{1}{e}$ یا 6.368 است که دو برابر الوهای محض است. اگر سیستم در G = ۱ کار کند. احتمال برهه بیکار برابر با 0.368 است. بهترین وضعیت برای استفاده از الوهای برهه ای به صورت زیر است:

۳۷٪ از برهه های بیکار، ۳۷٪ موفقیت در ارسال و ۲۶٪ برخورد است. با افزایش مقادیر G از تعداد برهه های بیکارمی کاهد، امّا تعداد برخوردها را بصورت توانی افزایش می دهد. به منظور بررسی چگونگی افزایش تعداد برخوردها با افزایش G، انتقال قاب آزمایش را در نظر می گیریم. احتمال عدم برخوردe^{-G} است و این احتمال منتظر بودن تمام کاربران در آن برهه است. در این صورت احتمال برخورد $1 - e^{-G}$ است. احتمال انتخابی که دقیق نیازمند k تکرار باشد. (یعنی kt برخورد و به دنبال آن موفقیت برابر است با:

$$Pk = e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1} = {}^{1}/_{q} \; q.e^{-G}$$

در اینصورت تعداد انتقالهای موردE، به ازای هر بار فشرده شدن کلید Enter برابر است با

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} KT_k = \sum_{k=1}^{\infty} ke^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1} = e^{G}$$

بازده کانال در اترنت :

بازده کانال: چه نسبتی از پهنای باز کانال صرف ارسال فریم های مفید می شود و چه نسبتی از آن صرف رقابتهای متوالی و تصادمهای بیهوده خواهد شد.

برای سادگی : الگوریتم عقب گرد نمایی استفاده نمی شود / فرض: احتمال تکرار ارسال در هر فریم ثابت است ایستگاه های که سنگین و ثابت اندو همیشهk ایستگاه آماده ارسال هستند یعنی با ارسال یک فریم از تعداد متقاضیان کاسته نخواهد شد (بدترین حالت)

اگرهرایستگاه در خلال دوره رقابت با احتمال P اقدام به ارسال فریم نمایند، احتمال موفقیت او در ارسال منوط به عدم ارسالی مابقی ایستگاهها است و برابر با

$$P_r[x = h] = \begin{bmatrix} k \\ h \end{bmatrix} p^h . (1-p)^{k-1}$$

$$A = P_r[X = 1] = \binom{K}{1} P^1 (1-P)^{K-1} = K.P(1.P)$$

احتمال موفقیت یک ایستگاه در ارسال با مشتق گرفتن از A صورت گرفته واحتمال موفقیت در ارسال با $P = \frac{1}{K}$ حداکثر می شود و اگر فرض کنیم $P = \frac{1}{K}$ آنگاه

$$P = \frac{1}{K} \Longrightarrow A = K.P.(1-P)^{K1} = K.\frac{1}{K}.\left(1-\frac{1}{K}\right)^{K} = \lim_{K\to\infty}\left(1-\frac{1}{K}\right)^{K-1} = e^{-1} = \frac{1}{e}$$

وقتی $k \longrightarrow \infty$ میل می کند A به $\frac{1}{e}$ میل می کند. به عبارت دیگر اگر تعداد سیگنال های متقاضی ارسال زیاد باشد در بهترین حالت یک ایستگاه بااحتمال $\frac{1}{e}$ موفق به ارسال خواهد شد حال فرض کنید که احتمال موفقیت ایستگاه درارسال q باشد احتمال آنکه دوره رقابت j مرحله متوالی ادامه یابد: $q \times (1-q)^{j-1}$ است. حال با این فرض میانگین تعداد دفعات تصادم متوالی طبق رابطه زیر قابل پیش بینی است :

$\sum_{j=0}^{\infty} j.\, p(1-q)^{j.1} = \frac{1}{q}$ میانگین تعداد دفعات تصادم

اگر طبق فرض احتمال موفقیت یک ایستگاه در ارسال حداکثر $q = \frac{1}{e}$ باشد میانگین تعداد دفعات تصادم متوالی به ازای ارسال هر فریم معادل $\frac{1}{q}$ یا $e = \frac{1}{\frac{1}{e}}$ $\approx$ ۳ $= ZT$ بار خواهد بود.

هر بار تصادم زمانی معادل ZT ثاینه را تلف می کند چرا که داده هایی که در این زمان ها ارسال شده اند باید از نو ارسال شوند، چون میانگین تعداد دفعات تصادم متوالی به ازای هر فریم e دفعه است. بنابراین به ازای ارسال هرفریم بطور متوسط $e \times Z.T$ تلفات خواهیم داشت.چون ارسال هرفریم F با سرعت B_{tps} مقدار F/B ثانیه طول می کشد. بدین ترتیب به ازای ارسال هر فریم F/B ثانیه ای 2.e.t ثانیه تلفات زمان داریم بدین ترتیب بازده کانال عبارت است از : $\text{بازده} = \frac{F/B}{F/B + 2.e.t}$

T: زمان تاخیر انتشار: نسبت مستقیم با طول کل کانال دارد

C: سرعت امواج الکترومغناطیس سیم مسی 2×10^8 برای هر کانال

G : طول کانال

$$X.V.t \Longrightarrow T = \frac{L}{C} \Longrightarrow \text{بازده کانال} = \frac{F/B}{F/B + 2e.l/c} = \frac{1}{1 + \frac{2e.B.L}{C.F}}$$

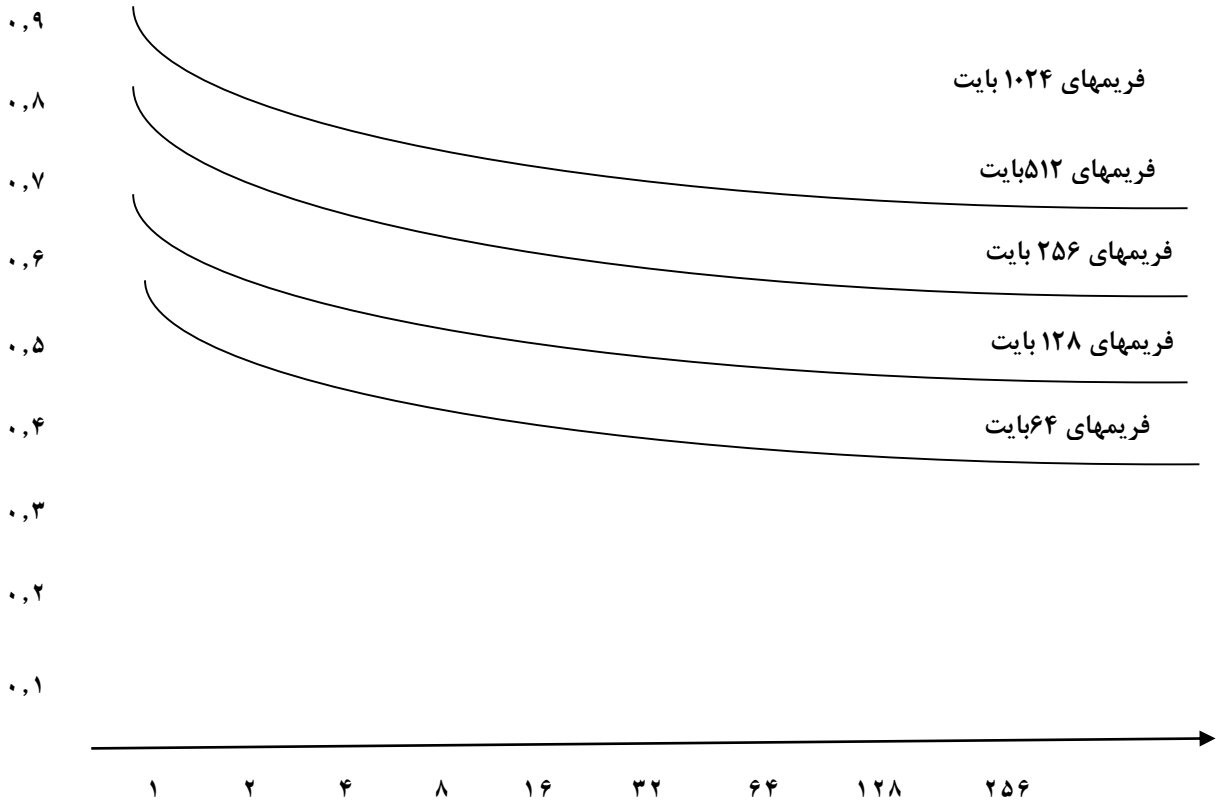
C : ثابت، بازده کانال fc طول فریم برحسب *** B ارسالی L طول کانال برحسب متر بستگی دارد.

نکته۱ : افزایش طول کانال L ← کاهش بازده اترنت ← افزایش طول ← افزایش زمان تاخیر انتشار ← از زمان شروع ارسال فریم تا زمان آگاهی از تصادم زمان بیشتری تلف می شود چون حداکثر اندازه فریم ها مشخص است به ازای ارسال هر فریم داده های بیشتری نابودمی شوند درواقع با افزایش طول کانال ، دوران رقابت (جزو زمان تلفات) افزایش یابد.

نکته۲ : با افزایش طول فریم راندمان کل کانال بهبود می یابد: اندازه فریم ارسال بزرگتر ← بخش مفید زمان ارسال پس از هر دوره رقابت (که مساوی است با اتلاف وقت و پهنای باند) بیشتر خواهد شد. یعنی زمان تلفاتی دوره رقابت بر روی فریم بزرگتری سرشکن می شود.

امّا : تاخیر ایستگاههایی که در رقابت پیروز شده اند و متظر دوره بعدی رقابت اند، زیاد خواهد شد. **** توان ردی افزایش طول فریم برای بهبود راندمان کانال اترنت حساب باز کرد.

نکته۳ : با افزایش نرخ ارسال B← کاهش بازده کانال: زیرا زمان ارسال یک فریم F/B کاهش می یابد ← زمان تلف ناشی از تصادفهای متوالی (که با تاخیر انتشار کانال است) تغییری نخواهد کرد بدین ترتیب نسبت زمان مفید به کل زمانی که صرف ارسال یک فریم می شود کاهش خواهد یافت.



تعداد ایستگاه هایی که برای ارسال تلاش می کند

منحنی بازده کانال در شبکه اترنت