



دانشکده مهندسی کامپیوتر
و فناوری اطلاعات



به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه‌های کامپیوتری ، نیمسال یکم سال تحصیلی 99-00

تمرین یک



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
پلی تکنیک تهران

نام و نام‌خانوادگی:

شماره دانشجویی:

توضیحات:

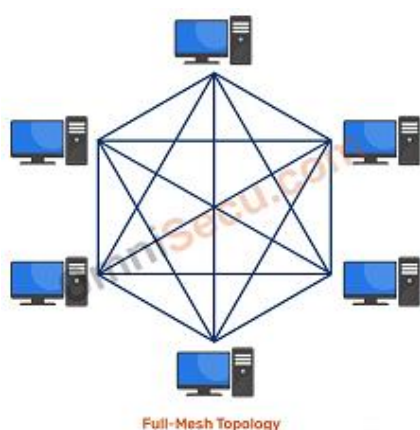
- مهلت تحویل تمرین یکشنبه 4 آبان در نظر گرفته شده است و تمدید پذیر نمی باشد.
- پاسخ به تمرین ها به صورت انفرادی باشد و اگر تقلب یافت شود نمره تمرین صفر خواهد شد.
- نظم و خوانایی تمرین از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.
- خواهش می شود تمرین خود را در قالب یک فایل PDF با نام "HW1_FirstnameLastName_StdudentNumber" مانند ;
"HW1_ParsaAliEsfahani_ 9631052.pdf" در مهلت یاد شده در سایت بارگزاری فرمایید.
- پرسش های خود درباره این تمرین را می توانید از راه ایمیل های alirezasalehy@aut.ac.ir یا parsaesfahani78@gmail.com بیان کنید.

1- توپولوژی حلقه (Ring) و مش کامل (Full Mesh) را توضیح دهید و نمای آن‌ها بکشید و برتری‌ها و عیب‌های هر کدام را بنویسید. در هر کدام چند لینک به ازای n گره خواهیم داشت؟ افزودن یک گره تازه نیاز به برقراری چند ارتباط تازه دارد؟ و تفاوت‌های توپولوژی حلقه دوگانه (Dual Ring) را با حلقه بنویسید.

در روش مش کامل: $n(n-1)/2$ ارتباط نیاز می‌باشد. نیاز به n ارتباط برای افزودن گره تازه می‌باشد.
و در روش حلقه n ارتباط نیاز می‌باشد. نیاز به 1 ارتباط تازه برای افزودن گره می‌باشد.

عیب	برتری	نام توپولوژی
<ul style="list-style-type: none"> هزینه بالا مقیاس پذیری پایین احتمال ارتباط‌های بیهوده میان گره‌ها زیاد می‌باشد. 	<ul style="list-style-type: none"> امنیت بالا ایرد یابی ساده سرعت بالا خرابی هر گره تأثیری در کل شبکه نخواهد داشت 	مش کامل
<ul style="list-style-type: none"> از آنجا که گردش بسته‌ها تنها در یک جهت می‌باشد در نتیجه خرابی هر گره می‌تواند در کارکرد کل شبکه تأثیرگذار باشد. سرعت پایین 	<ul style="list-style-type: none"> هزینه پایین مقیاس پذیری بالا ایراد یابی ساده مدیریت ساده‌تر 	حلقه

در روش حلقه دو گانه برخلاف حلقه که در آن ارتباط یک سو به (Half-Duplex) است، این امکان فراهم می‌باشد که ارتباط دو سو به (Full-Duplex) باشد. و همچنین مشکل از کار افتادن همه شبکه در صورت خرابی یک لینک را که در توپولوژی حلقه می‌باشد با وجود دو حلقه برطرف میکند.

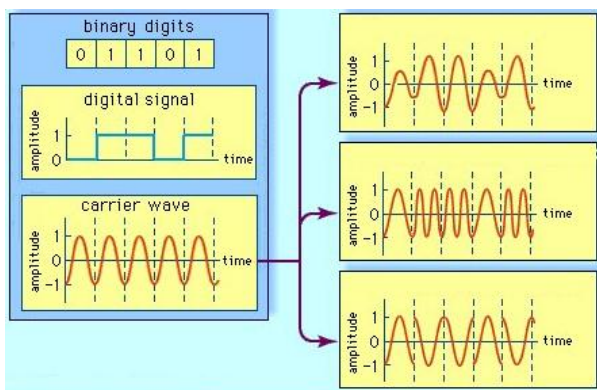


2- یک ماهواره در فاصله 400,000 KM از سطح زمین می‌باشد و در لحظه t داده‌های خود را برای زمین می‌فرستد. و در زمان $t + 6$ گیرنده‌ای که بر روی زمین می‌باشد، به اندازه 7 MB داده از ماهواره دریافت کرده است. در این صورت نرخ ارسال داده (Mb/s) از فرستنده ماهواره به سوی زمین چه اندازه می‌باشد؟ ($c \approx 300,000 \text{ KM/s}$)

$$\left(6s - \frac{400000}{300000}s\right) * x \text{ Mb/s} = 7 * 8 \text{ Mb}$$

$$x \text{ Mb/s} = \frac{3}{14s} * 56 \text{ Mb} \rightarrow x = 12 \text{ Mb/s}$$

3- چرا به جای فرستادن سیگنال داده اصلی بر روی کانال از تکنیک مدولاسیون (Modulation) استفاده می شود، نام سه روش مدولاسیون را که در زیر نشان داده شده است بنویسید و آن‌ها با یکدیگر مقایسه کنید. اگر کانال انتقال داده نویزی باشد و همچنین مدار مدولاسیون با توان پایین نیاز داشته باشیم، کدام روش مدولاسیون از میان سه روش زیر احتمالاً بهتر خواهد بود؟



الف- از آنجا که معمولاً سیگنال‌های انتقال داده کاربران مختلف در یک طیف فرکانسی قرار دارند (مانند سیگنال‌های صوتی) 1- برای اینکه از تداخل سیگنال‌ها در هنگام انتقال بر روی رسانه مشترک پیشگیری شود از مدولاسیون استفاده می شود. همچنین با این کار 2- امکان استفاده مشترک از یک رسانه برای کاربران فراهم می‌شود. (هنگامی که پهنای باند حامل‌ها در بازه‌های فرکانسی مختلفی از طیف باشد)

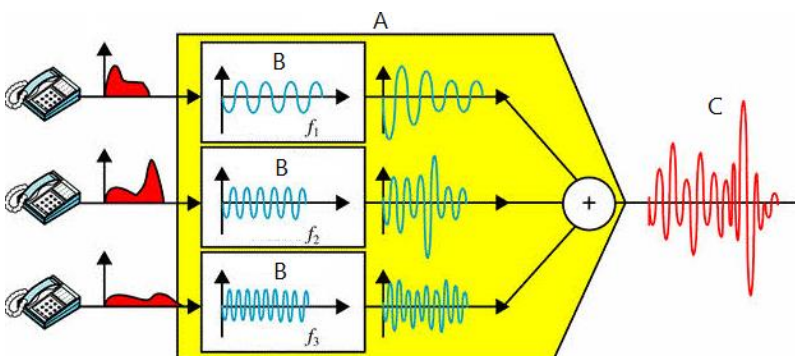
3- همچنین گاهی بر روی رسانه تنها سیگنال‌ها آنالوگ قابل فرستادن می باشد مانند رسانه‌های فیبر نوری و رسانه‌های هدایت نشده (Unguided Media) که در اینجا نیز باید از مدولاسیون استفاده کرد.

4- گاهی نیز بازه فرکانسی سیگنال‌های ارسالی پایین می باشد مانند سیگنال‌های صوتی (300Hz to 3400Hz) که ارسال آن‌ها در محدوده فرکانسی اصلی خود نیاز به آنتن‌های بزرگ‌تر و تقویت بیشتر در نتیجه مصرف توان بیشتر می باشد.

ب- به ترتیب از بالا به پایین PSK, FSK, ASK، که در این میان از نظر سادگی مدار به صورت $ASK < FSK < PSK$ می باشند و از نظر مقاومت در برابر نویز نیز به صورت $ASK < FSK < PSK$ می باشند.

ج- FSK (از PSK توان کمتری مصرف می‌کند و از ASK در برابر نویز مقاومت بهتری دارد)

4- در شکل زیر نام فرآیند‌های A و B چیست، و در هر یک از این فرآیندها چه روشی به کار برده شده است؟



A: Multiplexing (FDM) و B: Analog to Analog Modulation (Amplitude Modulation \approx ASK)

5- تفاوت Circuit-Switching و Packet-Switching در چیست و هر کدام در چه کاربردی مناسب تر می باشند و چرا در زیرساخت شبکه اینترنت امروزه Packet-Switching به کار می برد می باشد؟

در شبکه های سوئیچ مداری در همه مدت زمان یک نشست بخشی از منابع شبکه مانند بخشی از پهنای باند لینک ها و ظرفیت بافر های سوئیچ ها به آن نشست که میان دو سیستم میزبان ساخته شده است اختصاص می یابد. از این رو وظیفه برگزاری ارتباط میان دو میزبان بر دوش ابزار های میانی شبکه می باشد. به همین دلیل ممکن است گاهی کاربران برای آزادسازی منابع و در اختیار گرفتن منابع لازم، در انتظار بایستند. در این روش داده ها به صورت جریان (Data Stream) جابه جا می شوند. ترتیب دریافت و فرستادن داده ها یکسان است. در این روش به دلیل اختصاص منابع به یک نشست، می توان سرویس دهی تضمین شده را فراهم کرد. یعنی می توان انتظار داشت نرخ تبادل داده میان دو میزبان در یک بازه مطمئن باشد و تغییرات Jitter کمتری داشت. بهره وری از زیرساخت شبکه در این روش پایین تر می باشد. زیرا مدار ها حتی زمانی که داده ای در یک نشست داد و ستد نمی شود تنها به آن نشست اختصاص داده شده است. از این رو کاربر های کمتری را می تواند سرویس دهی کند و در نتیجه هزینه بالاتری به ازای اندازه برابری از کاربران دارد.

ولی در روش سوئیچ بسته پیام ها به بسته هایی شکسته می شوند و به صورت بهترین تلاش (Best Effort) در شبکه انتقال می یابند. از این رو کاربران نیازی به انتظار برای اختصاص یابی منابع ندارد. ولی تضمینی برای رسیدن همه پیام ها به مقصد نیست و ممکن است در میانه راه به دلیل هایی مانند پر شدن بافر سوئیچ ها، حذف شوند. همچنین باید بر روی همه بسته ها آدرس مقصد و مبدأ نوشته شود زیرا بسته ها در مدار ویژه و ثابتی در شبکه جریان ندارند. داده ها در این شبکه ها به صورت بسته ای (Data Block) جابه جا می شوند. و ممکن است ترتیب دریافت بسته ها و فرستادن آن ها یکی نباشد. نرخ بیت تبادل داده میان دو میزبان ایستا نیست و تغییرات Jitter وابسته به بار و وضعیت شبکه می باشد. بهره وری از شبکه در این روش بالا است و می تواند کاربران بیشتری را سرویس دهی کند در نتیجه هزینه آن پایین تر می باشد.

با توجه به موارد گفته شده در بالا شبکه های سوئیچ مداری برای کاربرد هایی مناسب تر است که نرخ انتقال داده ثابتی وجود دارد یا مورد نیاز هست یا داده ها به صورت بی درنگ (Real Time) و جریانی فرستاده می شوند. مانند تماس های صوتی و تصویری. همانند شبکه تلفن سنتی (PSTN) که شبکه سوئیچ مداری می باشد.

ولی شبکه هایی که در آن ها داده ها در حجم بالا و در زمان کوتاه جابه جا می شوند که انتقال انفجاری (Burst Transfer) نام دارد. شبکه های سوئیچ بسته مناسب تر می باشند.

با توجه به کارکرد های سنتی که از شبکه اینترنت خواسته می شد مانند تبادل فایل یا تبادل پیام و... که در آن نیاز به نرخ انتقال و تاخیر ثابتی نیست و همچنین هزینه کمتر شبکه های سوئیچ بسته، زیر ساخت اینترنت برپایه شبکه های سوئیچ بسته پیاده سازی شده است.

6- درستی و نادرستی موارد زیر را بنویسید.

الف - دستگاه های هسته شبکه در شبکه های Circuit-Switched فرآیند برپاسازی ارتباط و خاتمه آن را انجام می دهد ولی دستگاه های هسته شبکه (سوئیچ) در شبکه های Packet-switched این گونه نیستند.

درست

ب- در شرایطی خاص شبکه های Circuit-switched از اینکه کاربر ارتباط تازه ای برقرار کند، پیشگیری می کنند.

درست

ج- پس از برقراری کامل ارتباط در شبکه های Circuit-Switched همانند شبکه های Packet-Switched , دستگاه های هسته شبکه برای هدایت بسته های دریافتی به آدرس بسته ها نیاز دارند.

نادرست

د- دستگاه های هسته شبکه در شبکه های Circuit-Switched برخلاف شبکه های Packet-Switched برای کارکرد درست نیازی به دانستن توپولوژی شبکه ندارند.

نادرست

-7

الف) نحوه کارکرد هر کدام از روش های سوئیچینگ store-and-forward , cut-through و fragment-free را مختصراً توضیح دهید و مزایا و معایب آن ها را با هم مقایسه کنید.

در روش store-and-forward سوئیچ منتظر می ماند کل بسته ها دریافت شود سپس آن ها را در حافظه ذخیره می کند، بعد از آن اطلاعاتی مانند آدرس مبدا و مقصد همچنین وجود خطا بررسی می کند تا بسته های دچار خطا را دور بیندازد سپس بسته ها را به درگاه و مقصد مورد نظر ارسال می شود. این روش بیشترین میزان تاخیر را در بین دیگر روش ها دارد ولی اطمینان می دهد که بسته های خطادار یا کوتاه شده در شبکه وجود نداشته باشند و کیفیت ترافیک انتقالی در این روش بالاست.

در روش cut-through سوئیچ به محض اینکه آدرس مک مقصد یک بسته را بخواند آن را ارسال می کند. یعنی ممکن است بقیه یک بسته در حال دریافت شدن باشد. به دلیل این که بایت های دیگر بسته را نمی خواند، نمی تواند خطای بسته ها را بررسی کند پس بسته های خطادار یا شکسته شده می توانند کارایی شبکه را پایین بیاورند ولی کم ترین میزان تاخیر را بین دیگر روش ها دارد.

روش fragment-free فرم پیشرفته cut-through است که ابتدا 64 بایت اول یک بسته را ذخیره می کند سپس ارسال می کند. همچنین می تواند یک بررسی کوچک خطای بسته نیز بکند. دلیل این که این روش فقط 64 بایت اول یک بسته را چک می کند این است که بیشتر خطا ها در همین 64 بایت اول رخ می دهد. تاخیر و کیفیت ترافیک ارسال این روش بین دو دیگر قرار می گیرد.

ب) ساختار سلسله مراتبی پروتکل های یک سیستم n لایه دارد. برنامه های کاربردی در این سیستم پیام هایی به طول M بایت تولید می کنند و در هر لایه سرآیند h بایتی به پیام لایه بالاتر اضافه می شود. میزان سربار (overhead) داده های کنترلی در این شبکه چه قدر است؟

$$\text{راهنمایی: سربار} = \frac{\text{داده های کنترلی}}{\text{کل داده های ارسال}}$$

با n لایه و h بایت اضافه شده در هر لایه ، تعداد کل بایت هدر هر پیام hn است ، بنابراین فضای هدر رفته در هدرها hn است. اندازه کل پیام M + nh است ، بنابراین کسری از پهنای باند تلف شده در هدرها برابر است با $\frac{hn}{M+hn}$

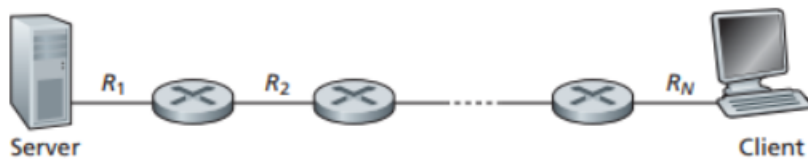
8- در شکل زیر سرور بسته هایی را به کلاینت به طور پیوسته ارسال می کند. فرض کنید همه تاخیر ها وجود دارد.

الف) زمانی که یک بسته به مسیر یاب اول می رسد با چه تاخیر هایی به ترتیب مواجه می شود؟ کدام یک از این تاخیر ها ثابت و کدام یک متغیر هستند؟ فقط نام ببرید.

1. تاخیر صف 2. تاخیر پردازش 3. تاخیر انتقال 4. تاخیر انتشار

در این بین تاخیر صف میتواند متفاوت باشد زیرا در هر لحظه تعداد بسته های داخل صف مشخص نیست

ب) فرض کنید نرخ انتقال $R_1 < R_2 < \dots < R_N$ باشد و هر مسیریاب بافر محدودی داشته باشد. علت احتمال وقوع packet loss را توضیح دهید؟ برای جلوگیری از آن چه کار باید کرد؟



سرور بسته هایی به کلاینت ارسال می کند و پهنای باند لینک ها از سرور به سمت کلاینت کمتر می شود. پس بسته ها هنگام رسیدن به هر مسیریاب با تاخیر صف مواجه می شوند و در بافر مسیریاب ذخیره می شوند و هنگامی که بافر مسیریاب پر شود packet loss رخ می دهد. برای جلوگیری از آن سرور باید نرخ ارسال خود را برابر R_N قرار دهد.

9- فرض کنید کاربران لینکی با ظرفیت 3 Mbps را به اشتراک می گذارند. هم چنین فرض کنید هر کاربر به 150 Kbps برای ارسال احتیاج دارد؛ اما هر کاربر تنها ۱۰ درصد مواقع ارسال می کند.

الف. اگر از circuit switching استفاده شود، می توان از چند کاربر پشتیبانی کرد؟

ب. برای باقی مساله فرض کنید که از packet switching استفاده می شود. احتمال این که یک کاربر در حال ارسال باشد را بدست آورید.

ج. فرض کنید ۱۲۰ کاربر وجود دارد. احتمال آن که دقیقاً x کاربر در لحظه حاضر در حال ارسال باشند را بدست آورید. (نیازی به بدست آوردن جواب آخر نیست)

د. احتمال آن که ۲۱ کاربر یا بیش تر همزمان در حال ارسال باشند را بدست آورید. (نیازی به بدست آوردن جواب آخر نیست)

الف) از ۲۰ کاربر می توان به صورت همزمان در روش سوئیچینگ مداری پشتیبانی کرد.

$$p = \frac{10}{100} = 0.1 \quad \text{ب)}$$

$$\binom{120}{n} p^n (1-p)^{120-n} \quad \text{ج)}$$

$$1 - \sum_{i=0}^{20} \binom{120}{i} p^i (1-p)^{120-i} \quad \text{د)}$$

10- در شبکه های نوین سوئیچینگ بسته، شامل اینترنت، میزبان مبدا پیام های لایه ی کاربرد را به بسته های کوچکتر شکسته و این بسته ها را داخل شبکه ارسال می کند. گیرنده بسته ها را به صورت پیام اصلی سرهم می کند. ما به این روند Message Segmentation and reassembly می گوییم. پیامی با طول $10^6 * 8$ بیت را در نظر بگیرید که می خواهد از مبدا به مقصد در شبکه ای که از دو سوئیچ تشکیل شده است ارسال شود. همه ی لینک ها 2 Mbps می باشند. از تاخیرهای انتشار، صف و پردازش صرف نظر کنید.

الف) فرض کنید پیام از مبدا به مقصد بدون message segmentation ارسال می گردد. چقدر طول می کشد تا پیام از مبدا به اولین سوئیچ برسد؟ در نظر داشته باشید که سوئیچ ها از روند store-and-forward استفاده می کنند. مدت زمان رسیدن پیام به صورت کامل از مبدا به مقصد چقدر است؟

برای رسیدن به اولین سوئیچ نیاز است که پیام به صورت کامل از مبدا ارسال شود:

$$\frac{8 * 10^6}{2 * 10^6} = 4s$$

در نهایت برای رسیدن به مقصد نیاز است که بسته از دو سوئیچ عبور کند:

$$4s * 3 = 12s$$

ب) فرض کنید پیام به ۸۰۰ بسته تقسیم میشود که هر بسته طولی برابر با 10^4 بیت دارد. چقدر طول می کشد اولین بسته از مبدا به اولین سوئیچ برسد؟ چه مدت زمانی برای رسیدن پیام از مبدا به مقصد لازم است؟

برای رسیدن اولین بسته:

$$\frac{10^4}{2 * 10^6} = 5s$$

زمانی که اولین بسته به سوئیچ اول میرسد، این سوئیچ شروع به ارسال بسته به سوئیچ دوم کرده و مبدا در حال ارسال بسته دوم به سوئیچ اول میباشد. در این صورت داریم:

$$3 * 5ms + (800 - 1) * 5ms = 10ms + 4s$$

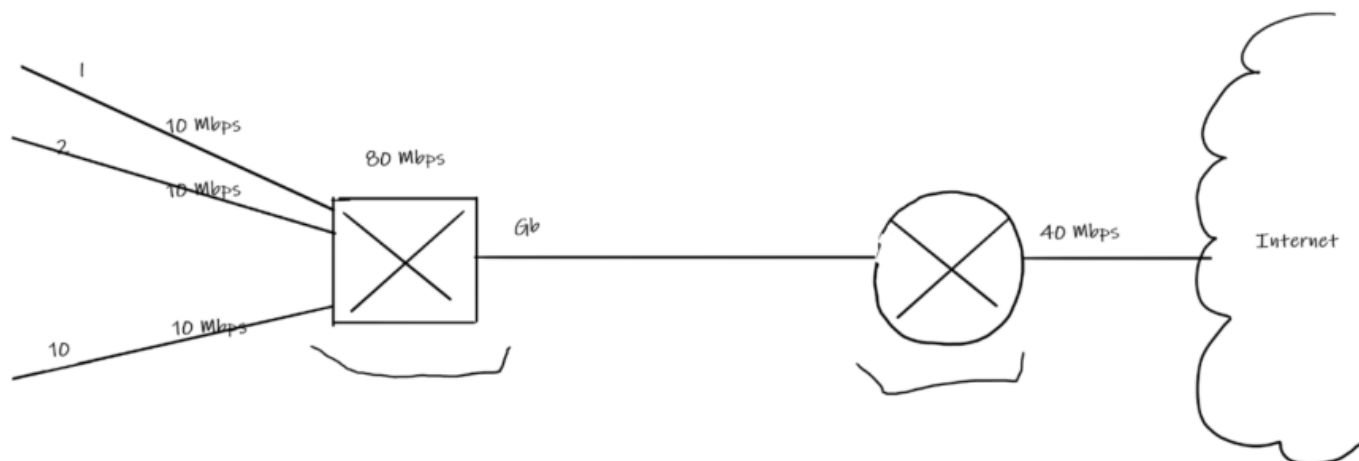
ج) علاوه بر کاهش تاخیر چه دلایلی برای استفاده از Message Segmentation وجود دارد؟

در شرایطی که نیاز به باز ارسال پیام باشد، در صورتی که پیام قطعه قطعه نشده باشد مجبور هستیم به جای باز ارسال قطعه‌ی خراب تمام پیام را دوباره ارسال کنیم. همچنین ما نمی توانیم هر پیغام با هر اندازه در شبکه بفرستیم و محدودیت اندازه داریم زیرا MTU شبکه (حداکثر اندازه بسته ای که می توان در شبکه فرستاد) محدود کننده است.

د) در مورد معایب Message Segmentation بحث کنید.

در شرایط واقعی بسته ها دارای سر بار می باشند و در صورتی که پیام به صورت چند بسته ارسال شود این سر بارها بیشتر می شوند.

11- فرض کنید در یک سازمان ۱۰ کاربر از طریق خطوط ۱۰ مگابیت بر ثانیه به سویچ متصل شده اند. حداکثر ترافیک قابل انتقال از طریق سخت افزار سویچ ۸۰ مگابیت بر ثانیه است. در ضمن این سویچ از طریق پورت اترنت به مسیریاب و از آنجا با یک خط ۴۰ مگابیت بر ثانیه به اینترنت متصل شده است. اگر اندازه بسته های ارسالی هر کاربر ۱۵۰۰ بایت باشد، حداکثر تعداد بسته های ارسالی هر کاربر در واحد زمان به چه میزان باشد تا شبکه (بدون در نظر گرفتن تاخیر) در حالت پایدار بماند؟



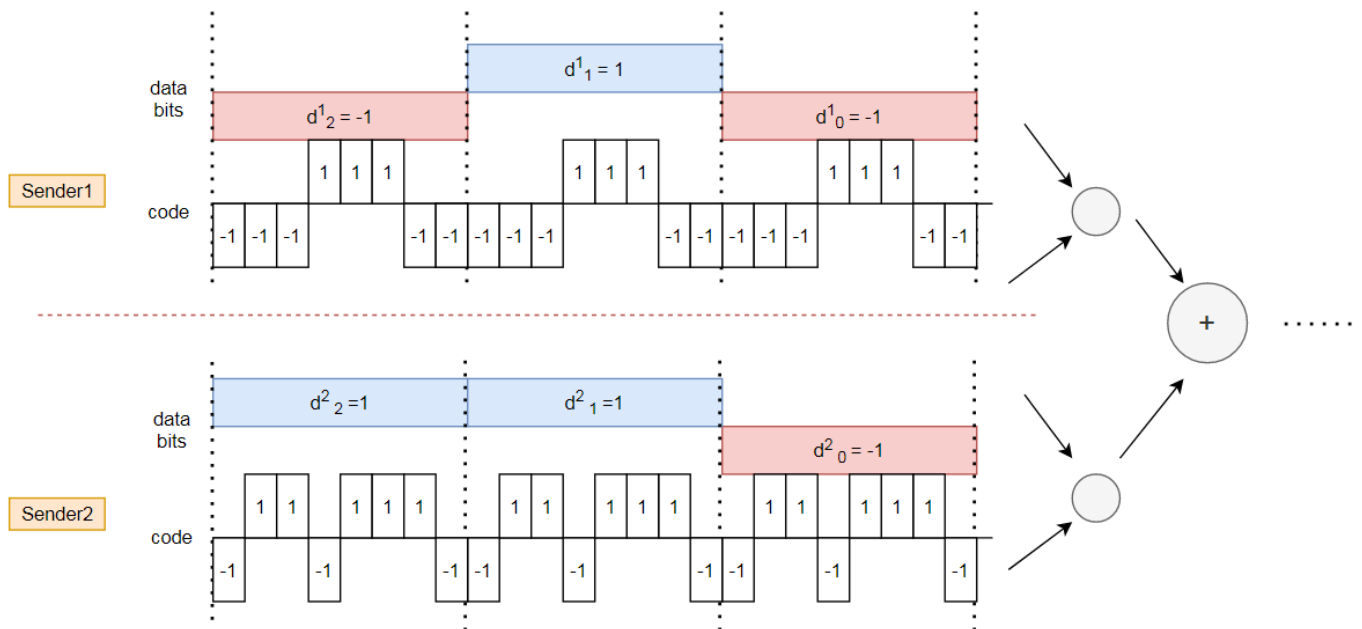
برای حالت تعادل نیاز است که نرخ ورود از نرخ خروج کمتر باشد. در این همبندی دو گلوگاه وجود دارد. از آنجایی که توانایی سوئیچ در پردازش بسته ها پایین تر است در رابطه با آن بحث می کنیم:

$$rate * 1500 * 8 * 10 = 40Mbps$$

در اینجا میخواهیم نرخ بیت ورودی به سوئیچ از مجموع همه ی کاربران حداکثر به اندازه ی توان پردازشی سوئیچ باشد بنابراین نرخ ارسالی هر کاربر حداکثر برابر با:

$$Rate = \frac{40 * 10^6}{1500 * 8 * 10} = \frac{1000}{3} = 333.3 \text{ packet/sec}$$

12- مطابق شکل دو کاربر می‌خواهند به طور همزمان 3 بیت داده را ارسال کنند. داده‌ها چه گونه روی کانال قرار می‌گیرند و گیرنده چه طور داده‌ها را دریافت می‌کند؟ محاسبه کنید.



نحوه قرارگیری بیت اول فرستنده‌ها روی کانال:

$$\text{Sender 1: } -1 \times [-1, -1, 1, 1, 1, -1, -1] = [1, 1, 1, -1, -1, 1, 1]$$

$$\text{Sender 2: } -1 \times [-1, 1, 1, -1, 1, 1, -1] = [1, -1, -1, 1, -1, -1, 1]$$

$$\text{Combination: } [1, 1, 1, -1, -1, 1, 1] + [1, -1, -1, 1, -1, -1, 1] = [2, 0, 0, 0, -2, -2, 0, 2]$$

دریافت بیت اول فرستنده اول توسط گیرنده:

$$\text{Extraction: } [2, 0, 0, 0, -2, -2, 0, 2] \times [-1, -1, 1, 1, 1, -1, -1] = -2 - 2 - 2 - 2 = -8$$

$$\frac{-8}{8} = -1$$

دریافت بیت اول فرستنده دوم توسط گیرنده:

$$\text{Extraction: } [2, 0, 0, 0, -2, -2, 0, 2] \times [-1, 1, 1, -1, 1, 1, -1] = -2 - 2 - 2 - 2 = -8$$

$$\frac{-8}{8} = -1$$

بیت‌های دوم و سوم نیز به همین ترتیب محاسبه می‌شود.

13- در یک سیستم سلولی 4 کاربر A, B, C, D می‌خواهند به یک ایستگاه پایه (Base Station) داده بفرستند. در این سیستم روش مالتی پلکسینگ CDMA به کار برده می‌شود. که در این صورت سیگنال هر کاربر برای کاربر دیگر در سمت گیرنده (Base Station) نویز به شمار می‌رود (تصور کنید این نویز مانند نویز سفید گاوسی رفتار می‌کند). همچنین نویز کلی کانال برابر با 0.001 وات می‌باشد. دستگاه هر یک از کاربران در صورتی که در فاصله‌ای کمتر از 5 KM از ایستگاه پایه باشد با توان 0.6 وات و اگر فاصله بیش از این باشد با توان 3 وات سیگنال‌ها را می‌فرستد. در صورتی که فاصله کاربر‌ها تا ایستگاه پایه به ترتیب برابر با 10 M, 100 M, 1 KM, 10 KM باشد. اگر رابطه Path Gain به صورت زیر باشد:

$$Path\ Gain = \frac{P_R}{P_T} = 5 * \left(\frac{c}{4\pi df} \right)^2, \quad c = 3 * 10^8 \frac{M}{S}, \quad f = 824 * 10^6\ Hz$$

(در این رابطه P_R برابر با توان سیگنال دریافتی از سوی گیرنده و P_T برابر با توان سیگنال فرستاده شده از سوی فرستنده می‌باشد)

الف - بیشینه ظرفیت نرخ بیتی که هر کاربر می‌تواند از کانال داشته باشد چه قدر می‌باشد.

ب- در صورتی که بخواهیم حداقل کیفیت سرویس را برای همه کاربران داشته باشیم، در چه حالتی مجموع نرخ ارسالی کاربران بیشینه خواهد شد.

رابطه Shannon در محاسبه ظرفیت کانال (C) بر حسب Bit Rate به صورت زیر می‌باشد: (لگاریتم در مبنای 2)

$$C_{for\ user\ A} = W_C \log_2 \left(1 + SINR_{for\ user\ A} \right)$$

که در اینجا پهنای باند کانال برای همه کاربران یکسان و برابر با $W_C = 1.25\ MHz$ می‌باشد.

SINR (Signal to noise and interference ratio) نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$SINR_{for\ user\ A} = \frac{P_S}{P_N + \sum_{i \in \{Users - A\}} P_i}$$