

Multiplexing

شبکه های کامپیوتری ۱

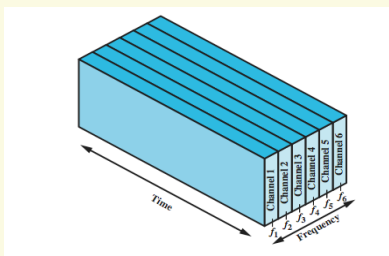
ارائه دهنده

دکتر سید امین حسینی

E.mail: hosseini@um.ac.ir

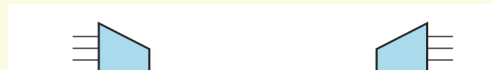
Home page: <http://hosseini.staffcms.um.ac.ir>

Frequency Division Multiplexing

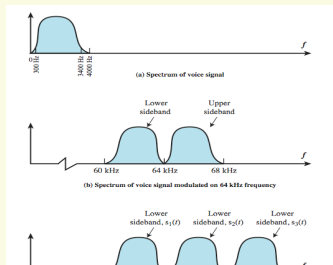


Multiplexing

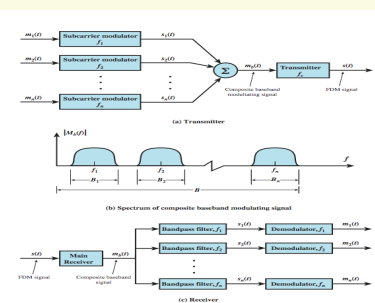
- multiple links on 1 physical line
- common on long-haul, high capacity, links
- have FDM, TDM, STDM alternatives



FDM Voiceband Example



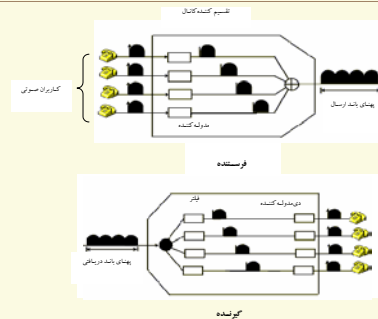
FDM System Overview



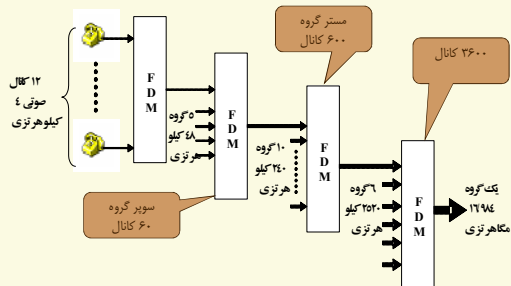
Analog Carrier Systems

- ♦ long-distance links use an FDM hierarchy
- ♦ AT&T (USA) and ITU-T (International) variants
- ♦ Group
 - 12 voice channels (4kHz each) = 48kHz
 - in range 60kHz to 108kHz

تسهیم سازی فرکانسی FDM



کاربردهای تسهیم سازی فرکانسی سیستم سلسله مراتبی آنالوگ AT&T



Analog Carrier Systems

- ♦ Supergroup
 - FDM of 5 group signals supports 60 channels
 - on carriers between 420kHz and 612 kHz
- ♦ Mastergroup
 - FDM of 10 supergroups supports 600 channels
- ♦ so original signal can be modulated many times

Wavelength Division Multiplexing

- ♦ architecture similar to other FDM systems
 - multiplexer consolidates laser sources (1550nm) for transmission over single fiber
 - Optical amplifiers amplify all wavelengths
 - Demux separates channels at the destination
- ♦ also have Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Wavelength Division Multiplexing

- ♦ FDM with multiple beams of light at different freq
- ♦ carried over optical fiber links
 - commercial systems with 160 channels of 10 Gbps
 - lab demo of 256 channels 39.8 Gbps

تسهیم ساز تقسیم زمانی

- همه پایانه های موجود در هر ساختمان نیاز به دسترسی به یک کامپیوتر مرکزی دارند.
- فرض می کنیم هر سایت دارای تعداد زیادی پایانه می باشد . ترافیک بین سایت به اندازی است که استفاده از خطوط اجاره ای سرعت بالا برای اتصال سایت ها به سایت مرکزی توجیه پذیر است. مثلا این خطوط بسته به تعداد پایانه ها ۶۴ کیلو بیت بر ثانیه و یا بیشتر می باشند.
- بطور نمونه هر پایانه درمورد انتقال غیر همزمان کار می کند و به یک UART متصل است. پردازنده کنترلی داخل تسهیم ساز کنترل انتقال کاراکترها بین UART و مدار رابط سرعت بالا را دارد. از آنجائیکه دومی درمورد انتقال همزمان کاراکتر گرا کار می کند شامل USRT می باشد.

Wavelength Division Multiplexing

بسیاری از سیستم های WDM دز محدوده 1550nm کار می کنند.
امروزه به هر کانال 50 MGz تخصیص می یابد.
به جدول زیر دقت کنید.

فاصل کانال WDM		
50 GHz	طول موج در خلا (nm)	فرکانس (THz)
×	۱۵۲۸.۷۷	۱۹۶.۱۰
×	۱۵۲۹.۱۶	۱۹۶.۰۵
...
×	۱۵۶۰.۶۱	۱۹۲.۱۰

تسهیم ساز تقسیم زمانی

- برای اطمینان از شفافیت تسهیم ساز ها برای پایانه ها/ کامپیوترها ، پهنای باند خط طوری تقسیم می شود که UART ها در پورت های پایانه و کامپیوتر بتوانند با سرعت برنامه ریزی شده کار کنند. این با روشی تکنیکی بنام نرخ قبولی adaption rate انجام می شود که پهنای باند خط را به تعدادی قاب می شکند.

تسهیم ساز تقسیم زمانی

✓ بطور نمونه هر پایانه درمورد انتقال غیر همزمان کار می کند و به یک UART متصل است. پردازنده کنترلی داخل تسهیم ساز کنترل انتقال کاراکترها بین UART و مدار رابط سرعت بالا را دارد. از آنجائیکه دومی درمورد انتقال همزمان کاراکتر گرا کار می کند شامل USRT می باشد.

تسهیم ساز تقسیم زمانی (مثال)

- فرض کنید نرخ سرعت خط سرعت بالا ۶۴ کیلو بیت بر ثانیه بوده و از قابی بطول ۲۰ بایت استفاده می شود. نرخ داده کاربر مربوط به شش بیت D در هر بایت ۲۴۰۰ بیت بر ثانیه می شود. از اینرو خط سرعت بالا یکی از موارد زیر را پشتیبانی می کند :
- ۲۰ پایانه هایی با سرعت ۲۴۰۰ بیت بر ثانیه
- ۱۰ پایانه هایی با سرعت ۴۸۰۰ بیت بر ثانیه
- ۵ پایانه هایی با سرعت ۹۶۰۰ بیت بر ثانیه
- ۱ پایانه هایی با سرعت ۴۸ کیلو بیت بر ثانیه

تسهیم ساز تقسیم زمانی

- هر قاب شامل N بایت است بطوریکه سرعت مربوط به مکان هر بایت در قاب نرخ سرعت پایه تسهیم سازی را نشان می دهد.
- سرعت مربوط به هر پایانه ممکن است با استفاده از یک یا چند بایت در قاب بدست می آید.
- اولین بیت در هر بایت برای قاب بندی استفاده می شود ؛ در همه بایته ها در یک قاب یک الگوی بیت تکراری ثابت ارسال می شود بطوریکه گیرنده بتواند شروع و پایان هر قاب را تشخیص دهد. همچنین هشت بیت جهت ارسال بیت های کنترل دست دهی (برای مثال DSR/DRT و RTS/CTS) مربوط به خطوط کنترل رابط ۲۴ V.232D/EIA در هر UART استفاده می شود.

تسهیم ساز تقسیم زمانی (مثال)

- ✓ ترکیب مناسب دیگری از اینها را می توان بشکل زیر در نظر گرفت :
- ✓ پایانه هایی با سرعت ۲۴۰۰ بیت بر ثانیه
- ✓ پایانه هایی با سرعت ۴۸۰۰ بیت بر ثانیه ۱
- ✓ پایانه هایی با سرعت ۹۶۰۰ بیت بر ثانیه

تسهیم ساز تقسیم زمانی (مثال)

- ♦ برای اجرای عملیات تسهیم سازی ، ریز پردازنده از دو بافر ۲ بایتی برای هر UART (یک زوج برای ارسال و دیگری برای دریافت) استفاده می کند. برای انتقال ، با دریافت هر بایت از UART (برای مثال یک کاراکتر ۷ بیتی باضافه یک بیت توازن) بصورت تکراری در یک بافر (چرخشی) دو بایتی ذخیره می شود. در نتیجه ، ریزپردازنده محتوای جاری هر بافر دوبایتی را در سگمنت های ۶ بیتی همزمان با نرخ بیت خط سرعت بالا می خواند. برای از خط سرعت بالا با استفاده از بافر دوبایتی دیگر عملیات معکوس انجام می شود. بیت های کنترل دست-دهی بصورت توافقی جهت مشخص کردن وضعیت خط مربوطه مقدار دهی می شوند.

تسهیم ساز آماری

- ♦ اختصاص یک برهه زمانی در قاب، به هر پایانه در تسهیم ساز تقسیم زمانی
- ♦ اگر زمانیکه نوبت یک UART می شود ، کامپیوتر یا پایانه کاراکتر آماده ای برای ارسال نداشته باشند ، ریزپردازنده باید یک کاراکتر نال (NULL) در این برهه قرار دهد، که این کارایی پهنای باند ارسال را کم می کند.
- ♦ یک روش کارا استفاده از تسهیم ساز آماری است.

تسهیم ساز آماری

- ♦ تسهیم ساز های آماری بر این اساس کار می کنند که نرخ متوسط ورود کاراکتر در یک صفحه کلید پایانه معمولاً کمتر از ظرفیت قابل دسترس خط است (عمدتاً کاربر یک انسان است) . اگر از نرخ متوسط داده کاربر بجای نرخ خط انتقال استفاده شود ، نرخ بیت لینک داده معمولی بسیار کمتر خواهد بود ، یعنی هزینه خط انتقال بسیار کاهش می یابد.

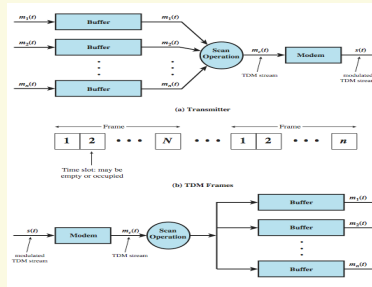
تسهیم ساز آماری

- ♦ برای مثال فرض کنید در یک مکان ۸ پایانه وجود دارد که می خواهند از طریق خطوط تلفن با حداکثر سرعت ۴۸۰۰ بیت بر ثانیه به یک کامپیوتر مرکزی دور متصل شوند. با استفاده از یک تسهیم ساز پایه و یک خط نرخ عملیاتی نامی هر پایانه باید کمتر از ۶۰۰ بیت بر ثانیه (مثلاً ۳۰۰ بیت بر ثانیه) باشد.
- ♦ تاثیر این محدودیت این است که پاسخ زمانی کامپیوتر به هر کاراکتر ورودی در پایانه نسبتاً کم بوده و یا اگر بلوکی از کاراکترها به پایانه ارسال شوند ، تاخیر قابل تامل خواهد بود. اگر نرخ داده متوسط پایانه ۳۰۰ بیت بر ثانیه باشد ، با تسهیم ساز آماری داده می تواند بوسیله پایانه با سرعتی حداکثر تا ۴۸۰۰ بیت بر ثانیه ارسال شود. از اینرو متوسط زمان پاسخ به هر کاراکتر ورودی بهبود می یابد.

تسهیم ساز آماری

- تاثیر این محدودیت این است که پاسخ زمانی کامپیوتر به هر کاراکتر ورودی در پایانه نسبتاً کم بوده و یا اگر بلوکی از کاراکترها به پایانه ارسال شوند ، تاخیر قابل تامل خواهد بود. اگر نرخ داده متوسط پایانه ۳۰۰ بیت بر ثانیه باشد ، با تسهیم ساز آماری داده می تواند بوسیله پایانه با سرعتی حداکثر تا ۴۸۰۰ بیت بر ثانیه ارسال شود. از اینرو متوسط زمان پاسخ به هر کاراکتر ورودی بهبود می یابد.

TDM System Overview



Synchronous Time Division Multiplexing

TDM Link Control

- ◆ error control
 - errors detected & handled on individual channel

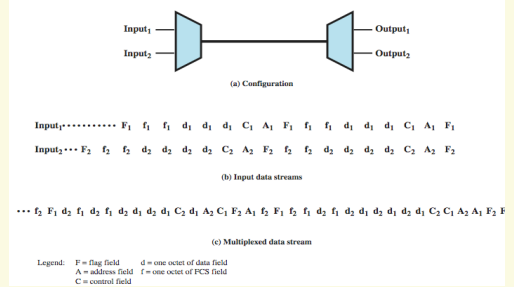
TDM Link Control

- ◆ no headers and trailers because
- ◆ data link control protocols not needed
- ◆ flow control
 - data rate of multiplexed line is fixed
 - if one channel receiver can not receive data, the others must carry on
 - corresponding source must be quenched(stop)
 - leaving empty slots

Framing

- ◆ no flag or SYNC chars bracketing TDM frames
- ◆ must still provide synchronizing mechanism between src and dest clocks

Data Link Control on TDM



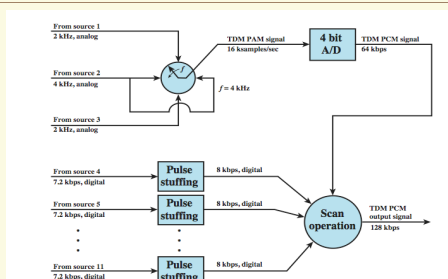
Pulse Stuffing

- ◆ have problem of synchronizing data sources
- ◆ with clocks in different sources drifting
- ◆ also issue of data rates from different sources not related by simple rational number

Framing

- ◆ added digit framing
 - one control bit added to each TDM frame
 - identifiable bit pattern used on control channel
 - eg. alternating 01010101... unlikely on a data channel
 - compare incoming bit patterns on each channel with known sync pattern

TDM Example



Pulse Stuffing

- ◆ Pulse Stuffing a common solution
 - have outgoing data rate (excluding framing bits) higher than sum of incoming rates
 - stuff extra dummy bits or pulses into each incoming signal until it matches local clock
 - stuffed pulses inserted at fixed locations in frame and removed at demultiplexer

Digital Carrier Systems

- ◆ each voice channel contains one word of digitized data (PCM, 8000 samples per sec)
- ◆ same format for 56kbps digital data
- ◆ can interleave DS-1 channels for higher rates
 - DS-2 is four DS-1 at 6.312Mbps

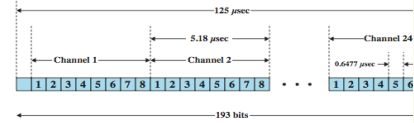
Digital Carrier Systems

- ◆ long-distance links use an TDM hierarchy
- ◆ AT&T (USA) and ITU-T (International) variants
- ◆ US system based on DS-1 format
- ◆ can carry mixed voice and data signals
- ◆ 24 channels used for total data rate 1.544Mbps

SONET/SDH

- ◆ Synchronous Optical Network (ANSI)
- ◆ Synchronous Digital Hierarchy (ITU-T)
- ◆ have hierarchy of signal rates
 - Synchronous Transport Signal level 1 (STS-1) or Optical Carrier level 1 (OC-1) is 51.84Mbps

DS-1 Transmission Format



Notes:

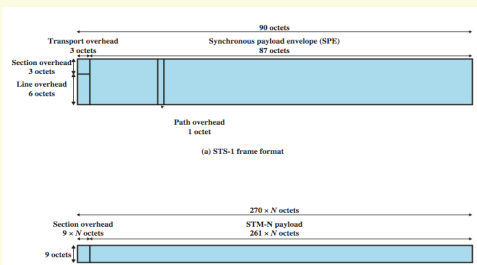
1. The first bit is a framing bit, used for synchronization.

2. Voice channels:

• 8-bit PCM used on five of six frames;

• 16-bit PCM used on every sixth frame; bit 0 of each channel is a synchronization bit.

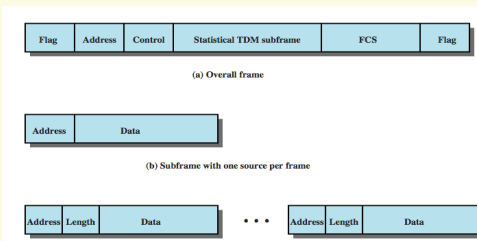
SONET Frame Format



SONET/SDH

- carries one DS-3 or multiple (DS1 DS1C DS2) plus ITU-T rates (eg. 2.048Mbps)
- multiple STS-1 combine into STS-N signal
- ITU-T lowest rate is 155.52Mbps (STM-1)

Statistical TDM Frame Format



Statistical TDM

- ◆ in Synch TDM many slots are wasted
- ◆ Statistical TDM allocates time slots dynamically based on demand
- ◆ multiplexer scans input lines and collects data until frame full
- ◆ line data rate lower than aggregate input line rates
- ◆ may have problems during peak periods
 - must buffer inputs

Cable Modems

- ◆ Upstream
 - user requests timeslots on shared upstream channel
 - Headend scheduler notifies subscriber of slots to use

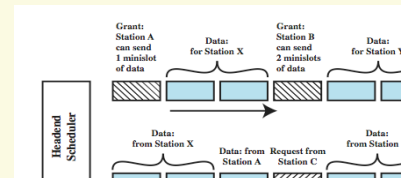
Cable Modems

- ◆ dedicate two cable TV channels to data transfer
- ◆ each channel shared by number of subscribers, using statistical TDM
- ◆ Downstream
 - cable scheduler delivers data in small packets
 - active subscribers share downstream capacity
 - also allocates upstream time slots to subscribers

Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL)

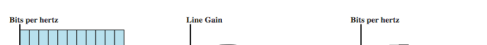
- ◆ link between subscriber and network
- ◆ uses currently installed twisted pair cable
- ◆ is Asymmetric - bigger downstream than up
- ◆ uses Frequency division multiplexing
 - reserve lowest 25kHz for voice (POTS)
 - uses echo cancellation or FDM to give two bands
- ◆ has a range of up to 5.5km

Cable Modem Scheme

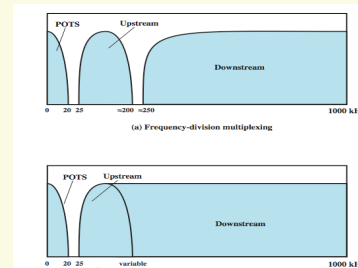


Discrete Multitone (DMT)

- ◆ multiple carrier signals at different frequencies
- ◆ divide into 4kHz subchannels
- ◆ test and use subchannels with better SNR
- ◆ 256 downstream subchannels at 4kHz (60kbps)



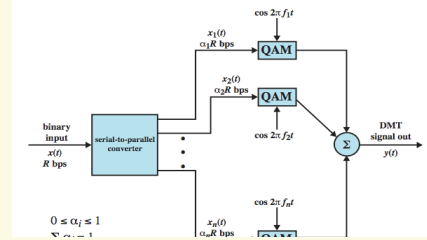
ADSL Channel Configuration



xDSL

- ◆ High data rate DSL (HDSL)
 - 2B1Q coding on dual twisted pairs
 - up to 2Mbps over 3.7km
- ◆ Single line DSL
 - 2B1Q coding on single twisted pair (residential) with echo cancelling
 - up to 2Mbps over 3.7km

DMT Transmitter



Summary

- ◆ looked at multiplexing multiple channels on a single link
- ◆ FDM
- ◆ TDM
- ◆ Statistical TDM
- ◆ ADSL and xDSL

xDSL

- ◆ Very high data rate DSL
 - DMT/QAM for very high data rates
 - over separate bands for separate services