

سیستم DSL و جایگاه آن در ایران

MJELECOM@YAHOO.COM

مهدی جوادی

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده: بی شک می توان علت اصلی پیشرفت در زمینه اینترنت بسیاری از کشورهای گرفتار در بحران جنوب شرقی آسیا را می توان به سریعتر پیوستن آنها به سیستم های انتقال سریع اطلاعات از طریق خطوط تلفن معمولی دانست. این سیستم به سرعت فراگیر شده است و این مطلب باعث شده است این کشورها در ردیف کشورهای پیشرو در تولید علم در این زمینه باشند و بتوانند هر چند مدت یکبار بر سرعت انتقال این سیستمها بیفزایند که این هم باعث رشد اقتصادی آنها شده است و هم توانسته اند گامی بلند به سوی در دست گرفتن بازار ارایه خدمات انتقال اطلاعات در سطح جهانی بردارند، با آرزوی آنکه کشور ما هم هرچه سریعتر این سیستم را در تمامی نقاط کشور راه اندازی نماید، مقاله زیر را تقدیم می دارم تا هم دوستان عزیز ار جریان تکنولوژی های از این دست قرار بگیرند و هم ببینند که مطالب به ظاهر ساده کتاب ها تماما در عمل به کار آمده اند و ما نیز می توانیم با تیز بینی از این مطالب در تحقیقات آتی خود سود ببریم.

کلمات کلیدی: کاربر نهایی، خطوط تلفن، DSL، PAP

مقدمه:

پیش از آغاز بحث در مورد تکنولوژی DSL و نفوذ آن در ایران بهتر می دانم اطلاعاتی در مورد لایه های مختلف شبکه های انتقال اطلاعات ارائه کنم تا با دید بازتری به این مقاله ادامه بدهیم. ما می توانیم کل شبکه ی انتقال را به ۵ طبقه ی لایه ی کاربرنهایی (End user)، لایه ی دسترسی (Access)، لایه ی تجمع (Aggregation)، لایه ی بینابینی (Edge) و لایه ی هسته مرکزی (Core) تقسیم نماییم. هدف اصلی تمامی شرکت های حامی تکنولوژی DSL همانا لایه ی کاربر نهایی است لذا فقط به این بسنده می نماییم که لایه های دیگر فقط برای این پا به عرصه نهاده اند تا بتوانند خدمات بهتر و سریع تر و حتی دقیق تری را در اختیار لایه ی کاربر نهایی قرار دهند. در کل مجموعه مدیریت شبکه متضمن برقراری ارتباطات است و در بهترین حالت کلیه ی لایه های شبکه به صورت یکپارچه کار می کنند به طوریکه سیستم با نمایش وضعیت شبکه به طور دائم از سطح کاربر تا سطح هسته، بروز خطا یا قطعی را تشخیص داده و با انجام مسیریابی مجدد داده ها اطلاعات را با حداقل تأخیر از مسیر دیگری هدایت می نماید. حال آماده ایم تا به عمق بحث وارد شویم.

شرح:

لایه ی کاربر نهایی و لایه ی دسترسی :

این لایه، محیطی است که تمامی کمپانی ها، رقابت سختی را در به دست آوردن هرچه بیشتر آن دارند. کاربران نهایی به ۲ دسته تقسیم می گردند : ۱- خانگی. ۲- تجاری.

کاربران خانگی که بیشترین بخش این لایه را تشکیل می دهند به طور کلی نیازهایی مانند : ۱- تلفن ۲- اینترنت ۳- تصویر (شامل سیگنال تلویزیونی، تلویزیون کابلی و ...) ۴- رادیو (دریافت سیگنال های عمومی صوتی) را شامل می شوند. البته کاربران تجاری علاوه بر نیازهای فوق خواهان انتقال صوت، تصویر و داده به صورت خصوصی و در حجمی بالاتر نسبت به کاربران خانگی می باشند. از آنجا که اکثر کاربران از نوع کاربران خانگی می باشند، شرکت ها به دنبال استفاده از تجهیزات و امکانات موجود و قدیمی جهت ارائه سرویس های جدید می باشند با توجه به انجام کابل کشی تلفن (زوج سیم مسی) از اوایل قرن بیستم تا به حال تقریباً تمامی منازل و اداره ها قادر به استفاده از این نوع کابل کشی بوده و نیازی به پرداخت مجدد هزینه بابت کابل کشی مجدد نمی باشد. کمپانی ها تحقیقات زیادی را به منظور استفاده از زوج کابل مسی جهت رسیدن به سرعت های بالاتر انتقال اطلاعات انجام دادند، زیرا با تکنولوژی های فعلی کاربران تنها قادر به انتقال 33kbps و یا در نهایت 59kbps داده توسط سیم تلفن خود هستند که علاوه بر این محدودیت کاربر قادر به استفاده از تلفن خود در هنگام کار با اینترنت نیست ، که خود مشکلی اساسی است. لذا تکنولوژی های DSL (Digital subscriber line) پدیدار گردید که طی آن علاوه بر دسترسی به سرعت ها بالا از 33kbps تا 55mbps و استفاده از کابل های معمولی به کاربران اجازه ی استفاده سرویس تلفن خود را نیز می دهد [آنچه همه ی سیستم ها دارند DSL یکجا دارد.]

در جدول شماره ی ۱ انواع تکنولوژی های DSL که به منظور نیازهای مختلف طراحی و پیاده سازی شده است ، مقایسه شده اند.

جدول شماره ۱						
DSL Type	Max Send Speed	Max Receive Speed	Max Distance	Lines Required	Phone Supp	Sym /Asym
ADSL	۸۰۰Kbps	۸Mbps	۵۵۰۰m	۱	Yes	A
ADSL G-lite	۵۱۲Kbps	۱,۵Mbps	۵۵۰۰m	۱	No	A
RADSL	۱Mbps	۷Mbps	۵۵۰۰m	۲و۳	Yes	A
HDSL	۱,۵۴Mbps	۱,۵۴Mbps	۳۶۵۰m	۱	No	S
HDSL2	۱,۵۴Mbps	۱,۵۴Mbps	۳۶۵۰m	۱	No	S
IDSL	۱۴۴Kbps	۱۴۴Kbps	۱۰۷۰۰m	۱	No	S
MSDSL	۲Mbps	۲Mbps	۸۸۰۰m	۱	No	S
SDSL	۲,۳Mbps	۲,۳Mbps	۶۷۰۰m	۱	Yes	S
VDSL	۱۶Mbps	۵۲Mbps	۱۲۰۰m	۱	Yes	A
SHDSL	۱۹۲Kbps	۲,۳Mbps	۸۷۰۰m	۱	No	S
SHDSL2	۳۸۴Kbps	۴,۶Mbps	۸۷۰۰m	۲	No	S

با توجه به جدول فوق می توان دید که DSL به دو صورت متقارن و نامتقارن ارائه می گردد که هر کدام خواهان خود را دارد. در مورد نمونه ی نامتقارن مثلاً ADSL بطور همزمان می توان 8mbps دریافت و 800kbps ارسال اطلاعات داشته باشیم که نسبت Download به Upload بالاتر ارائه می گردد که برای موارد خانگی و حتی بیشتر موارد اداری مناسب است . نمونه های متقارن هم موجود است مانند : 2.3kbps / 2.3kbps که برای موارد تجاری که نیاز به Upload بیشتری می باشد کاربرد دارد نمونه ی دیگری از DSL با نام VDSL نیز با سرعتی بالا (55mbps / 16mbps) ارائه گردیده که نیاز به پهنای باندهای بالا را نیز به این وسیله پوشش می دهد.

می دانیم که هیچ تکنولوژی بی ضعف نیست DSL نیز خاص خود نقطه ضعفی در رابطه با فواصل دارد انواع تکنولوژی های DSL برای فواصلی در حدود 5km استفاده می شوند که البته این مشکل به نوبه ی خود با قراردادن سوئیچ های DSL در مراکز خدماتی تلفن قابل رفع است زیرا که فواصل مراکز تلفی با کاربر در حدود 4km می باشد ، البته در رابطه با نمونه VDSL به علت سرعت بالا این فاصله به 1300m تقلیل می یابد که این مشکل نیز بدین ترتیب رفع می گردد که از مراکز مخابراتی تا MDF هر خیابان و یا حتی کوچه فیبر نوری کشیده می شود و سوئیچ DSL در آن MDF قرار داده می شود که بدین ترتیب می توان بدون نیاز به کابل کشی مجدد شبکه ی یک LAN محلی را بر روی کابل تلفن به طور کامل پیاده سازی نمود.

حال به چگونگی عملکرد این تکنولوژی می پردازیم و سپس در بخش هایی ریزتر به مسائل نگاه خواهیم کرد.

چگونگی عملکرد تکنولوژی DSL :

۱- آشنایی با خطوط معمولی تلفن و مشخصات آن ها :

اولین سئوالی که پیش می آید این است که DSL چگونه از خطوط تلفن می تواند به طور همزمان برای مکالمات تلفنی و ارتباط online استفاده کند؟ همانطوری که می دانید سیستم تلفن استاندارد مبتنی بر یک زوج سیم مسی می باشد که مخابرات منطقه آن را در خانه ی شما نصب می کند . سیستم های مسی دارای مقدار زیادی فضا برای حمل اطلاعات بیش از مکالمات تلفنی هستند. استفاده از بخش بسیار کوچکی از کل عرض باند سیم مسی جنبه ای تاریخی دارد. همچنین محدود شدن فرکانس ها از طرف دیگر به سوئیچ ها، تلفن ها و سایر تجهیزات دارد که مسئولیت انتقال صوت را بر عهده دارند. اما در سیستم DSL مبنای کارکرد بر اساس انتقال دیجیتال اطلاعات و صوت پایه گذاری شده به همین دلیل بر محدودیتهای موجود در سیستم آنالوگ کنونی غلبه کرده است.

تجزیه سیگنال : اغلب منازل و کاربران تجاری کوچک به یک خط DSL نامتقارن (ADSL) متصل می شوند. ADSL فرکانس های موجود در یک خط را بر اساس این فرض که اغلب کاربران اینترنت، اطلاعات بسیار بیشتری نسبت به آنچه ارسال می کنند از اینترنت دریافت می نمایند، تقسیم بندی می نماید. در سیستم ADSL به منظور استفاده بهینه از پهنای باند ۱/۱ مگاهرتزی خطوط مسی، آن را به ۲۵۷ کانال ۴ کیلوهرتزی تقسیم می نمایند. از آنجا که برای انتقال صوت (تلفن) تنها ۴ کیلوهرتز پهنای باند کافی است لذا کانال آخر را برای انتقال فاکس و تلفن استفاده می نمایند و ۲۵۶ کانال دیگر را به صورت ۶۴ کانال برای ارسال اطلاعات و ۱۲۸ کانال برای دریافت اطلاعات و مابقی ۶۴ کانال برای اطلاعات کنترلی تقسیم بندی می

نمایند. به طوریکه در بهترین وضعیت با در نظر گرفتن ۱۹۲ کانال 4khz به سرعتی معادل 9mbps می رسیم که البته حداکثر سرعت مورد استفاده در ADSL ها معادل 2/3mbps می باشد.

تجهیزات DSL :

۱- مودم DSL یا R - ATU

اغلب مشترکین خانگی به منظور دریافت اطلاعات از اینترنت از این مودم بهره می گیرند. شرکتی که سرویس DSL را ارائه می دهد معمولاً مودم را به عنوان بخشی از نیازهای نصب ارائه می کند. (معمولاً رایگان)

۲- Splitter

۳- همان طوریکه ذکر شد صوت و Data به طور همزمان روی خطوط مسی در تکنولوژی XDSL فرستاده می شود. به منظور جدا کردن صوت و Data در طرف مشترک از Splitter بهره می گیرد تا Data به سمت کامپیوتر و صوت (تلفن و فکس) به سمت تجهیزات مربوطه هدایت شوند.

۴- DSLAM

DSLAM ، خطوط ارتباطی جهت یافته از سوی تعداد زیادی کاربر دریافت نموده و آن ها را روی یک خط ارتباطی واحد با ظرفیت بالا به اینترنت منتقل می کند. DSLAM قادر به پشتیبانی چندین نوع DSL در یک مرکز تلفن واحد و تعداد گوناگونی از پرتوکهها و روش های مدولاسیون می باشد به علاوه DSLAM می تواند امکاناتی همچون مسیریابی یا تخصیص آدرس دینامیکی IP نیز برای مشترکین فراهم کند. در واقع DSLAM را می توان دلیل اصلی تفاوت بین سرویس دهی از طریق DSL و از طریق مودم کابلی به حساب آورد.

معایب DSL :

عیب اصلی سیستم DSL در این است که میزان بهره گیری شما از DSL مبتنی بر فاصله ای است که شما از سرویس DSL دارید. DSL یک سرویس حساس به فاصله است همچنانکه طول ارتباط افزایش می یابد کیفیت سیگنال کاهش یافته و سرعت ارتباط کم می شود. حداکثر فاصله جهت سرویس دهی توسط سیستم DSL می تواند به ۵۴۶۰ برسد تکنولوژی ADSL می تواند حداکثر سرعت 8mbps را در حدود فاصله ی ۱۸۲۰ متر در اختیار کاربران قرار دهد. البته در عمل حداکثر سرعت مورد استفاده در ADSL ها 2.3mbps می باشد. حال به این سؤال پاسخ دهیم که چرا فاصله یک محدودیت برای سیستم DSL به شمار می رود در حالیکه این محدودیت برای مکالمات تلفنی وجود ندارد؟ جواب این سؤال در تقویت کننده های کوچکی به نام Loading coils می باشد که شرکت تلفن برای تقویت سیگنال های صوتی استفاده می کند. که این تقویت کننده ها با سیگنال های DSL سازگاری ندارند. البته پارامترهای دیگری همچون Bridge taps و کابل های فیبرنوری نیز می توانند تأثیر منفی روی تکنولوژی DSL بگذارند.

از آنجا که اکثر کاربران در ایران و اکثر نقاط جهان از سیستم ADSL به عنوان کاربری خانگی و اداری غالب استفاده می کنند ما نیز سعی می کنیم تا حد امکان در این تکنولوژی خاص دقیق شویم.

معرفی سیستم ADSL :

در مواردی که اطلاعات دریافتی از اطلاعات ارسالی بیشتر است می توان پهنای باند ارسال و دریافت را طوری تغییر دارد که پهنای باند عبور دهنده ی اطلاعات از طرف مشتری به فراهم کننده ی سرویس اینترنت (ISP) کمتر از پهنای مسیر معکوس باشد. مدار ADSL ، یک مودم را در هر طرف یک خط تلفن به هم وصل می کند که موجب ایجاد سه نوع کانال اطلاعات می گردد که قبلاً ذکر شد.

جدا سازی کانال تلفنی توسط فیلترهایی از مودم دیجیتال صورت می گیرد که موجب می شود. ارتباط تلفنی بدون قطعی باشد. یعنی حتی اگر سیستم ADSL کار نکند باز هم ارتباط تلفنی وجود دارد. مودم های ADSL نرخ انتقال اطلاعات با سرعت های 1.55bps برای T1 و 2.048mbps برای E1 ایجاد می کنند.

مودم های ADSL همچنین از روش FEC استفاده می کنند که موجب کاهش خطاهای ناشی از نویز ضربه ای می گردند. روش تصحیح خطا بر مبنای سمبل به سمبل بوده ، همچنین خطاهای ناشی از نویز دائمی کوپل شده به خط را نیز کاهش می دهند.

مودم های ADSL برای ایجاد کانال های چندگانه، پهنای باند یک خط تلفن را به یکی از دو صورت FDM یا حذف اکو (Echo cancellation) تقسیم می کنند.

در روش FDM یک باند برای اطلاعات Upstream و یک باند دیگر برای اطلاعات Downstream در نظر گرفته می شود سپس مسیر Downstream توسط روش TDM به چندین کانال با سرعت های بالا و پایین تقسیم می گردد. در روش حذف Echo باند Upstream طوری تعیین می گردد که روی باند Downstream عمل همپوشانی صورت دهد و این دو مسیر توسط حذف اکوی محلی که در مودم های V.32 و V.34 مورد استفاده قرار می گیرد از یکدیگر جدا می گردند.

مدولاسیون های سیستم ADSL :

در سیستم ADSL دو نوع مدولاسیون وجود دارد : CAP ، DMT

۱- روش CAP :

در این روش از یک حامل استفاده می گردد و پهنای باند عبور گسترده تری دارد .کدینگ مورد استفاده در این روش به صورت چند سطحی است و برای نمایش دادن گروه های ۳ تا ۸ به کمک 2^2 یا 2^8 بیت می باشد. در شیوه CAP طیف سیستم QAM به نحوی شکلهی میشود که پالس های خط انتقال تختتر میشود و در نتیجه هرپالس می تواند بیانگر تعداد بیت های بیشتری باشد. در کانال Upstream از کدینگ Trellis و در کانال Downstream از کدینگ Trellis, Read-Solomon به طور همزمان استفاده می گردد. این کدینگ ها جهت تصحیح خطا به کار می روند. تعداد بیت ها برای هر سمبل که از ۳ تا ۸ متغیر می باشد در لحظات شروع ارتباط تعیین می گردد. بدین صورت که با کمک ارسال سیگنال های اندازه گیری مشخصات و شرایط مسیر تعیین می شود و بر اساس این شرایط نرخ کانال های Upstream و Downstream تعیین می گردد.

حال به تشریح مختصری از QAM می پردازیم، از آنجا که در سیگنال های ASK فقط به ازای "۱" ها موج حامل $\cos \omega t$ ارسال می شود و به ازای صفر ها هیچ حاملی ارسال نمیشود. توصیف حامل ربعی برای ASK بصورت: $a=0,1$ و همچنین

$X(t) = a \cdot \cos \omega t$ م باشد. حال اگر a مقادی ± 1 اختیاری کند یا به عبارت دیگر سیگنال PAM باند پایه به جای تک قطبی NRZ (منطق ۰ و ۱)، NRZ (منطق ۱ و ۰) اختیار شود، سیگنال ASK نظیر PSK دارای جابجایی فاز $\pm \pi$ خواهد بود. در مورد مدولاسیون پیام آنالوگ نیز با این مسئله مواجه ایم. به یاد آورید که در مدولاسیون DSB (مدولاسیون دامنه) ممکن است برگشت فاز رخ دهد. به همین ترتیب چنانچه در مدولاسیون دامنه ربعی QAM که بر مبنای مولتی پلکس حامل ربعی ایجاد می شود، از سیگنال باند پایه قطبی NRZ (منطق ۱ و ۰) استفاده شود، موج حاصل نظیر QPSK با فازهای $\pm \pi/4$ و $\pm 3\pi/4$ خواهد بود. به عبارت دیگر می توان سیگنال QAM باینری را معادل با دو سیگنال PSK با ساختار حامل ربعی دانست توجه به این نکته ضروری است که در حالت کلی سیگنال ASK-ary با سیگنال PSK-ary متفاوت است. سیگنال PSK ایده آل دارای پوش ثابت می باشد. مولتی پلکس حامل ربعی، مولتی پلکس حوزه زمان نیز نامیده می شود، این نوع مولتی پلکس با مولتی پلکس تقسیم فرکانس تفاوت دارد. مولتی پلکس حوزه فرکانس یکی از روش های ارسال AM بصورت استریو می باشد.

۲- روش DMT :

در این روش از چند حامل استفاده می گردد و چندین کانال با پهنای باند باریک وجود دارد. بدین ترتیب که طیف قابل دسترس ، به 256 زیر مجموعه با پهنای 4.3khz و برای هر زیر مجموعه حداکثر 12 بیت اختصاص می یابد که تعداد بیت های اختصاصی بر اساس ظرفیت ارسال بدون خطا و شرایط مسیر می باشد. در این روش بیت های هر زیر کانال با دامنه و فاز مدوله می گردند.

در فرستنده برای حذف هم شنوایی از شیوه ی کدینگ Trellis استفاده می گردد و در گیرنده از شیوه ی کدینگ Viterbi استفاده می گردد. در روش DMT همچنین برای افزایش پهنای باند از شیوه حذف اکو استفاده می گردد که در این حالت کانال Upstream , Downstream همپوشانی انجام می دهند. ویژگی مفیدی که همپوشانی کانال ها دارد این است که اگر یک کپی تأخیر یافته سیگنال ارسال را از سیگنال دریافتی کم کنیم سیگنال اصلی خارج می گردد.

روش DMT به دلیل وجود حامل های متعدد، دارای سرعت بالاتری نسبت به GAP می باشد و از آنجائیکه در پهنای باند 4khz مشخصات نویز زیاد تغییر نمی کند بنابراین عمل متعادل سازی راحت تر صورت می گیرد.

حالا که با زیربنای سیستم ADSL آشنا شدیم نوبت به این می رسد که ببینیم این سیستم در ایران چه جایگاهی دارد لذا یک سؤال می پرسیم.

PAP چیست؟

شرکت های PAP یا همان شرکت های ندا تحت نظارت شرکت های انتقال داده ها در ایران سعی دارند که بتوانند در آینده ای نزدیک پهنای باند قابل قبول را از طریق سیستم ADSL به متقاضیان ارائه دهند. حال برای اینکه با واقعیات این شرکت بیشتر آشنا شویم سری به همایش معرفی سیستم ADSL می زنیم در این همایش که در دی ماه سال ۱۳۸۳ برگزار گردید جمعی از مدیران کل، رؤسای مراکز مخابرات استان تهران و متخصصان و کارشناسان ذیربط حضور داشتند. در این نشست آماری در میان کشورهای آسیایی در زمینه ی مشترکین باند پهن تا پایان سال ۲۰۰۳ اعلام شد که در آن کره اولین و ویتنام آخرین مقام را داشته اند که از این میان ۷۲ درصد مشترکین از طریق شبکه ی ADSL و ۲۲ درصد نیز از طریق کابل این

ارتباط را برقرار کرده اند. در این نشست مدیر عامل شرکت مخابرات استان تهران آقای مهندس خسروی دلایل گرایش مخابرات استان تهران به دسترسی با سرعت بالا به اینترنت را توجه به پیاده سازی دولت الکترونیک و تجارت الکترونیک در کشور اعلام کرد و گفت: برای تحقیق E ها در کشور، ناگزیر به ایجاد شبکه ای پر سرعت هستیم تا از این طریق بتوانیم ترافیک کاذب خطوط تلفن را از میان برداشته و شرایط را برای مشترکینی که احتیاج به اتصال دائم به اینترنت با سرعت بالا را دارند، فراهم آوریم. مدیرعامل شرکت مخابرات استان تهران اظهار داشت: در چنین شرایطی طرح ADSL از سوی مخابرات استان تهران مطرح گردید و پس از تصویب آن از سوی وزارتخانه، این سرویس توسط ۱۱ شرکت خصوصی ارایه دهنده اینترنت پر سرعت (PAP) سامان پیدا کرد، که انتظار می رود در فضایی که توسط مخابرات ارایه گردد وی اعلام کرد در حال حاضر دو مرکز شهید غربی و نهري آماده بهره برداری از این سرویس هستند و مراکز دیگر نیز با هماهنگی هایی که صورت می پذیرد به زودی راه اندازی میشوند در این نشست مهندس محمدی مدیرعامل شرکت آساتک در بخشی از سخنان خود را خاطر نشان کرد در کلیات پرونده PAP آمده است تدوین لایه دسترسی Access وظیفه PAP است و دولت نیز از ایجاد این لایه قانونا منع شده است علاوه بر این راه اندازی ۲۰ هزار پورت در ۵ استان و ۲۰ شهر کشور نیز از تعهدات شرکت های ارایه کننده اینترنت پر سرعت PAP می باشند وی همچنین درخواست کرد مخابرات امکاناتی چون در اختیار گذاشتن فضا در داخل تمامی مراکز مخابراتی تسریع در واگذاری کابل اختصاصی برای شرکت هایی که در کنار مرکز فضا دارند و تامین پوروتکل های ارتباطی از قبیل Fiber Gigabit و Ethernet را برای این شرکت خواستار شد.

نتیجه گیری:

استفاده از سیستم های DSL علاوه بر بالا بردن سرعت و تحقق زمینه های دولت الکترونیک و تجارت الکترونیک در زمینه های:

- ۱- اتصال دائم به شبکه ی اینترنت
- ۲- ارتباط پر سرعت بدون نیاز به شماره گیری
- ۳- ارتباط پر سرعت تا بیش از ۴۰ برابر ارتباطات Dial Up
- ۴- ارتباط بدون اشغال نمودن خط تلفن و کار همزمان با تلفن
- ۵- حذف انواع هزینه های تلفن
- ۶- راه اندازی سریع و آسان
- ۷- قابل استفاده بودن در شبکه های VPN
- ۸- قابل استفاده بودن برای سرویس دهنده ها (ISP ها)

۶-مراجع:

۱-گردآورنده،مرکز تحقیقات لایزر مجموع مقالات پژوهشی در زمینه شبکه های مخابراتی،دهر،تهران،۱۳۸۳

۲-اینترنت