۳-۴- استانداردهای IEEE برای شبکه‌های محلی

یکی ازمراجع معتبر استانداردگذاری در زمینه‌های مرتبط با برق وکامپیوتر، انجمن IEEE می‌باشد. گروه کاری ۸۰۲ وابسته به انجمن IEEE در زمینه استانداردگذاری شبکه‌های محلی فعال است. توسط این گروه استانداردهای متعددی در زمینه شبکه‌های کامپیوترای محلی ارائه شده است که عبارتند از:

- شبکه محلی اترنت (IEEE 802.3)
- شبکه محلی گذرگاه نشانه (IEEE 802.4)
- شبکه محلی حلقه نشانه (IEEE 802.5)
- پروتکل زیرلایه پیوند منطقی، (IEEE 802.2)

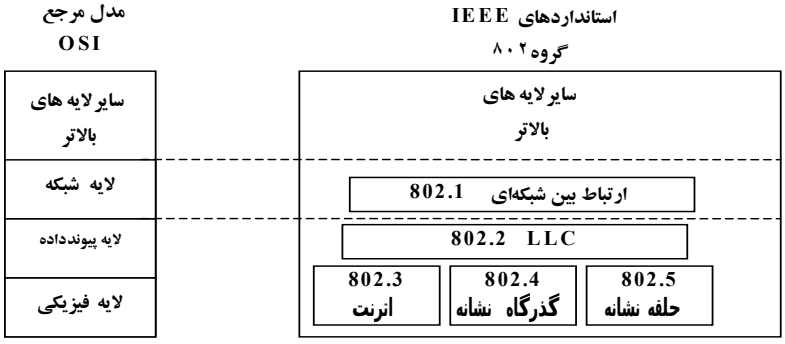
در شکل (۳-۱۱) مدل لایه‌ای شبکه‌های محلی IEEE 802 نشان داده شده است. در زیر به بررسی هر یک از شبکه‌های فوق می‌پردازیم.

۳-۴-۱- شبکه‌های محلی اترنت

شبکه‌های محلی اترنت از روش CSMA/CD صددرصد مصّر استفاده می‌نمایند. در این شبکه‌ها هنگامی‌که ایستگاه قابی برای ارسال دارد، ابتدا وضعیت کانال را بررسی می‌نماید و چنانچه کانال مشغول باشد تا آزادشدن کانال صبر می‌کند ودرصورتی‌که کانال آزاد شد اقدام به ارسال قاب می‌نماید. ایستگاه فرستنده، همزمان با ارسال قاب وقوع تداخل در قاب ارسالی را نیز بررسی می‌کند و چنانچه متوجه وقوع تداخل در قاب ارسالی شود، ارسال قاب را قطع می نماید و یک زمان تصادفی صبر می‌کند و دوباره اقدام به ارسال قاب می‌نماید.

پایه استاندارد اترنت، سیستم ALOHA آقای آبرامسون که در بخش‌های قبلی به بررسی آن پرداختیم می‌باشد که به مرور زمان به آن قابلیت تشخیص حامل نیزاضافه شده‌است.

اولین سیستم عملی شبکه مبتنی بر CSMA/CD توسط شرکت زیراکس با سرعت ۲/۹۴ مگابیت برثانیه طراحی و ساخته شد. در این شبکه ۱۰۰ ایستگاه کاری برروی یک کابل به طول یک کیلومتر به هم متصل‌شدند. شبکه پیشنهادی شرکت زیراکس که اترنت نام گرفت، آن‌قدر موفق عمل نمود که توسط سه شرکت معتبر زیراکس،DEC و اینتل استاندارد اترنت باسرعت ۱۰ مگابیت برثانیه ارائه شد. این استاندارد مبنای استاندارد IEEE 802.3 قرارگرفت.



شکل (۳-۱۱) : مدل لایه‌ای شبکه‌های محلی IEEE 802

کلمه اترنت از اتر به معنای کابل مشتق شده است. علت انتخاب این نام برای این نوع شبکه آن است که در این نوع شبکه‌ها از کابل به‌عنوان محیط هادی برای انتقال امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. در شبکه‌های اترنت دو نوع کابل موجود است که با نام‌های کابل نرم وکابل سخت شناخته می‌شوند. کابل‌های اترنت نرم بسیار نازک و انعطاف‌پذیر هستند و نسبت به کابل سخت ارزانتر نیز می‌باشند. از این نوع کابل‌ها فقط می‌توان در فواصل کوتاه استفاده نمود. امکان اتصال این دو نوع کابل نیز به یکدیگر وجود دارد.

یکی از مشکلات اساسی در شبکه‌های اترنت، وقوع خرابی و قطعی در کابل می‌باشد. چنانچه کابل شبکه دچار قطعی شود و یا یکی از اتصال‌دهنده‌های آن از محل خود خارج شود، سیگنال‌های ارسالی منعکس می‌شود و شبکه قادر به ادامه فعالیت خود نمی‌باشد. یکی از روش‌های متداول تشخیص قطعی در کابل شبکه آن است که یک پالس الکتریکی در کابل ارسال گردد. هنگامی‌که پالس ارسالی به مانعی برخورد نماید، منعکس می‌شود. با اندازه‌گیری دقیق زمان ارسال پالس و زمان دریافت انعکاس آن، می‌توان دقیقاً محل انعکاس را تعیین نمود و بدین ترتیب متوجه محل قطعی کابل شد. به این روش، انعکاس سنجی زمانی[۱] گفته می‌شود.

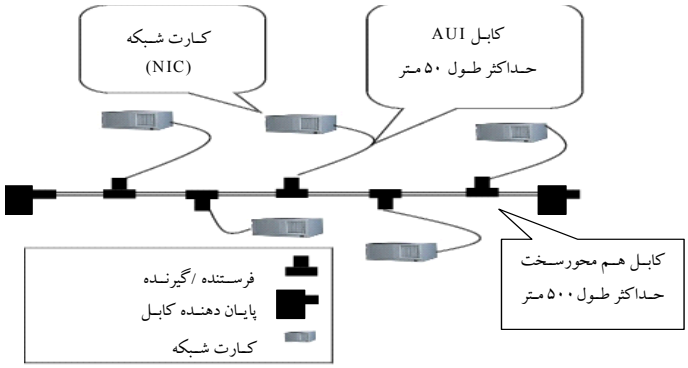
درشکل (۳-۱۲) نحوه کابل‌کشی شبکه‌های اترنت با استفاده از کابل‌های سخت RG-8 نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نیز دیده می‌شود، هر کامپیوتر شبکه از طریق یک کابل که حداکثر طول آن ۵۰ متر است از طریق وسیله‌ای به نام فرستنده/گیرنده[۲] به کابل اصلی شبکه متصل است. درفرستنده/گیرنده تجهیزات الکترونیکی وجود دارد که به‌وسیله آن امکان تشخیص وضعیت سیگنال حامل در کانال و کشف تداخل فراهم می‌آید. هنگامی‌که فرستنده/گیرنده متوجه وقوع تداخل در کابل شبکه می‌شود، سیگنال مشخصی را روی کانال قرار می‌دهد و بدین‌وسیله به همه فرستنده/گیرنده های دیگر از وقوع تداخل اطلاع می‌دهد. کابلی که ایستگاه را به فرستنده/گیرنده متصل می‌نماید حاوی پنج زوج سیم به هم تابیده شده روکش‌دار است. دو زوج سیم فوق برای ورود و خروج داده‌ها به کار می‌روند و دو زوج دیگر به

---

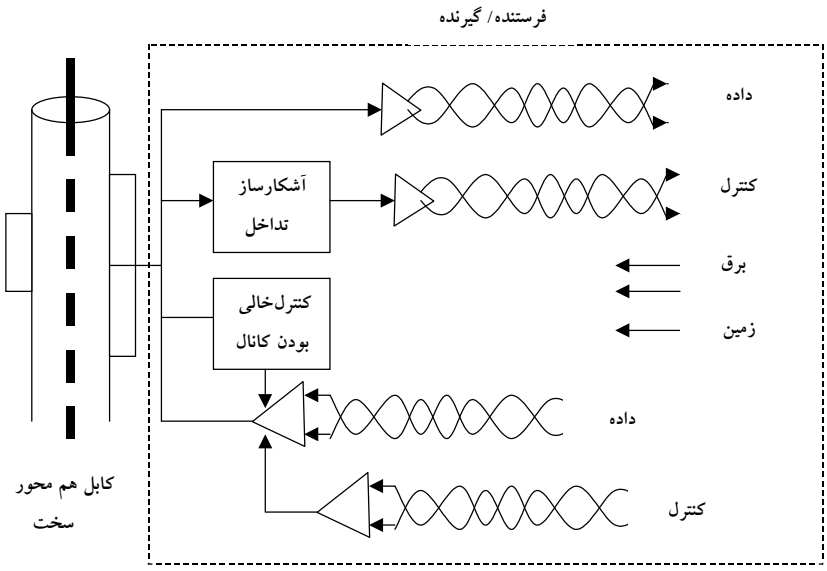
[۱] Time domain reflectometry

[۲] Transceiver(Transceiver مخفف کلمات Transmitter و Receiver می‌باشد)

ورود و خروج سیگنال‌های کنترلی اختصاص دارند. از پنجمین زوج سیم استفاده زیادی نمی‌شود و می‌توان در مواردی از آن برای تغذیه فرستنده/گیرنده استفاده نمود. برای کاهش تعداد فرستنده/گیرنده ها، در برخی از آنها امکان اتصال ۸ کامپیوتر به یک فرستنده/گیرنده وجود دارد. درشکل (۳-۱۳) اجزای داخلی فرستنده/گیرنده نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۲) : نمونه‌ای از شبکه اترنت از نوع اترنت سخت



شکل (۳-۱۳) : اجزای داخلی فرستنده/گیرنده

هر کامپیوتر متصل به شبکه از طریق یک برد الکترونیکی که کارت واسط شبکه(NIC[1]) نام دارد، امکان اتصال به شبکه را دارد. کارت شبکه حاوی یک پردازنده الکترونیکی است که به‌وسیله آن عملیات ارسال ودریافت قاب‌ها انجام می‌شود. همچنین عملیاتی نظیر: تشکیل و ایجاد قاب‌های ارسالی و محاسبه مجموع مقابله‌ای برای قاب‌های ارسالی و دریافتی توسط پردازنده انجام می‌شود. برخی از کارت‌های شبکه دارای قابلیت‌های اضافی دیگر نظیر اتصال به کامپیوتر از طریق DMA[2] و

[1] Network Interface Card

[2] Direce Memory Access

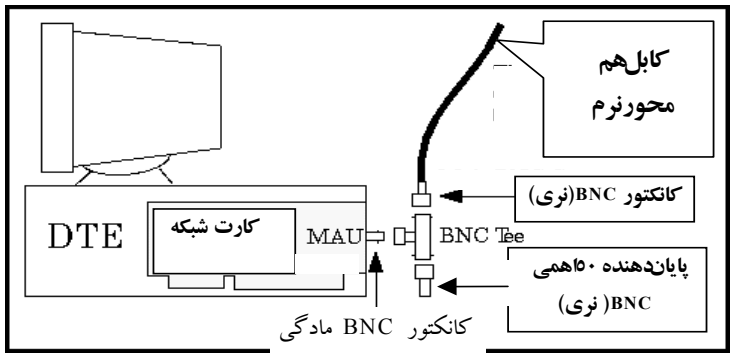
انجام عملیات مدیریت شبکه می‌باشند. هر کارت شبکه از طریق یک واسط اتصال(AUI[1])که یک کانکتور DB-15 می‌باشد، به کابل اترنت سخت متصل می‌شود.

حداکثر طول مجاز کابل اترنت سخت برابر با ۵۰۰ متر می‌باشد. چنانچه بخواهیم شبکه محلی خود را به فواصل طولانی‌تری گسترش دهیم، می‌توان چندین کابل شبکه را از طریق تکرارکننده[2] به یکدیگر متصل نمود. تکرارکننده‌ها در لایه فیزیکی عمل می‌نمایند و وظیفه آنها دریافت و تقویت و ارسال دوباره‌ء قاب‌های دریافتی از یک طرف به طرف مقابل می‌باشد. با استفاده از تکرارکننده‌ها می‌توان طول فیزیکی یک شبکه اترنت را افزایش داد، ولی باید توجه نمود که بیشترین فاصله بین فرستنده و گیرنده در یک شبکه اترنت نباید از ۲/۵ کیلومتر بیشتر باشد، بدین ترتیب در یک شبکه حداکثر می‌توان از ۴ تکرارکننده استفاده نمود.

به شبکه‌های اترنت کابل سخت، 10Base5 نیز اطلاق می‌شود که در آن 10 نشان‌دهنده سرعت ارسال ده مگابیت بر ثانیه است و 5 بیانگر حداکثر طول ۵۰۰ متری کابل شبکه می‌باشد. قطرکابل درشبکه‌های 10Base5 حدود نیم اینچ است.

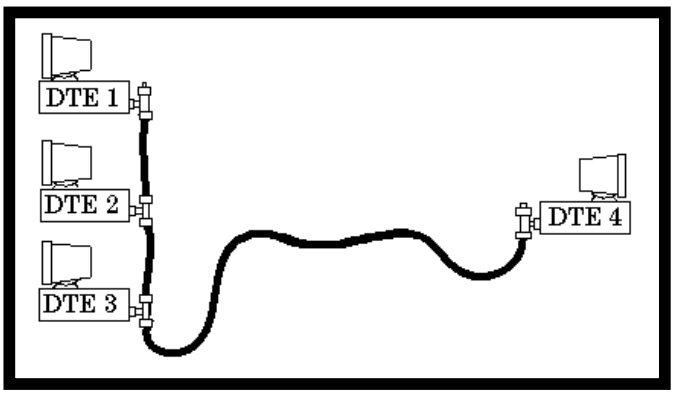
علاوه بر کابل‌های سخت برای شبکه‌های اترنت، می‌توان از کابل‌های نرم نیز برای کابل‌کشی شبکه استفاده نمود. طبیعی است که این نوع کابل‌های شبکه، دارای انعطاف‌پذیری بالا و قیمت پایین‌تری می‌باشند. قطر کابل های نرم حدود ۲۵ صدم اینچ می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۳-۱۴) نشان داده شده است، در شبکه‌های اترنت نرم هر کارت شبکه مستقیماً به کابل نرم متصل است. در شکل (۳-۱۵) مثالی از نحوه کابل کشی شبکه اترنت نرم آورده شده است. یکی از معایب عمده این روش این است که حداکثر طول کابل شبکه برابر با ۱۸۵ مترمی‌باشد و بنابراین تعداد کاربران آن نسبت به شبکه کابل سخت کمتر است.

با توجه به ساختار شبکه‌های اترنت نرم، دیده می‌شود که در این نوع شبکه‌ها، فرستنده/گیرنده حذف شده است. از کابل‌های هم‌محور RG-58 در شبکه‌های اترنت نرم استفاده می‌شود. هر کارت شبکه از طریق یک کانکتور BNC-T به کابل شبکه متصل می‌گردد. به شبکه‌های اترنت نرم، شبکه‌های 10Base2 نیز گفته می‌شود. این نوع شبکه‌ها نیز مشابه شبکه‌های 10Base5 که از کابل‌های سخت استفاده می‌کنند دارای سرعت ۱۰ مگابیت بر ثانیه می‌باشند. برای رفع مشکل محدودیت طول کابل در شبکه‌های اترنت نرم، از تکرار کننده استفاده می‌گردد. با استفاده از تکرار کننده امکان افزایش طول شبکه اترنت نرم وجود دارد. در شکل (۳-۱۶) مثالی از گسترش یک شبکه اترنت با استفاده از تکرار کننده آورده شده است.

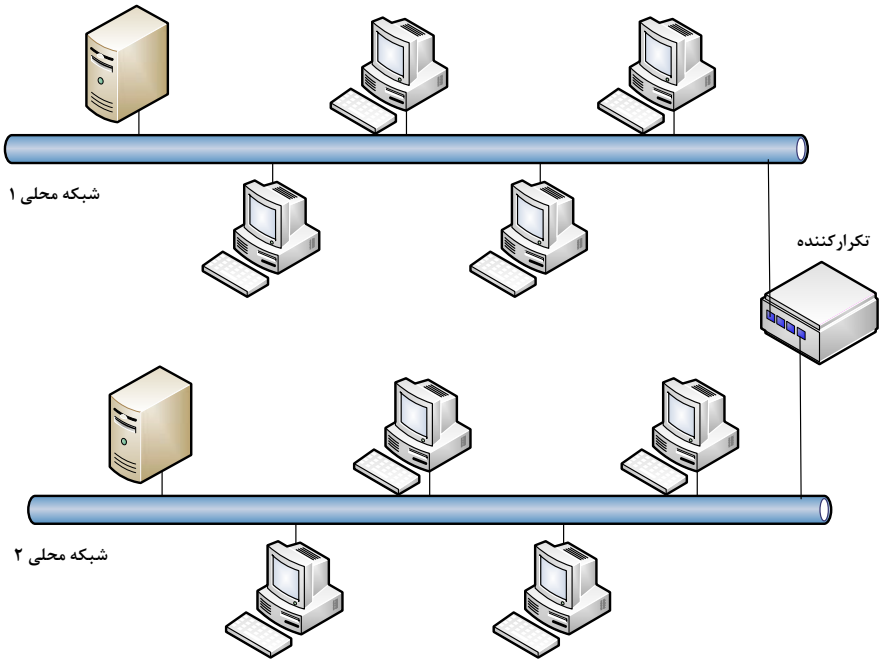


شکل (۳-۱۴): اجزای شبکه اترنت نرم

[1] Attachment Unit Interface
[2] Repeater

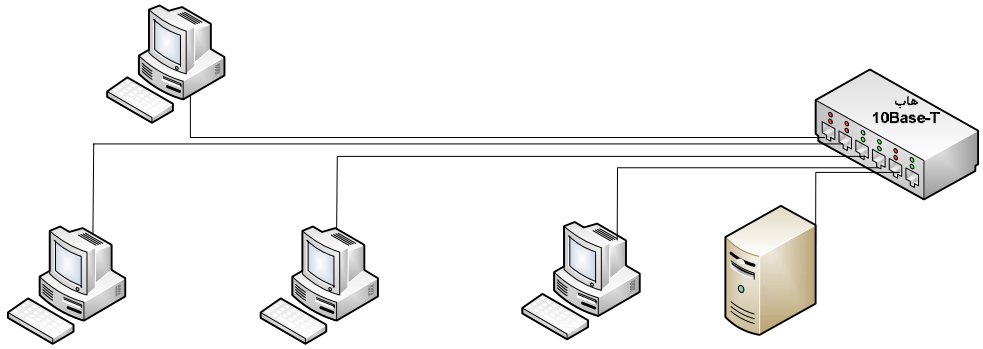


شکل (۳-۱۵): مثالی از کابل کشی شبکه اترنت نرم



شکل(۳-۱۶): گسترش یک شبکه اترنت با استفاده از تکرارکننده

امروزه شبکه‌های 10Base5 و 10Base2 به تدریج از رده خارج شده‌اند و شبکه‌های اترنت ستاره‌ای (10Base-T,100Base-T) جایگزین آنها گردیده‌اند. در این نوع شبکه‌ها از زوج سیم‌های UTP استفاده می‌شود. سرعت‌های متداول این نوع شبکه‌ها ۱۰ مگابیت بر ثانیه (10Base-T) و ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه (100Base-T) می‌باشد. تمام ایستگاه‌های شبکه از طریق یک کابل RJ-45 (که شامل ۴ زوج سیم UTP است) به یک ایستگاه مرکزی که هاب نام دارد متصل می‌شوند. چنانچه یکی از ایستگاه‌های متصل‌شده به هاب قابی را ارسال دارد، در این صورت هاب آن را دریافت می‌کند و آن را به تمام درگاه‌های خروجی خود ارسال می‌دارد. بدین ترتیب قاب ارسالی هر ایستگاه توسط هاب به تمام ایستگاه‌های دیگر نیز ارسال می‌شود. در شکل(۳-۱۷)، نمونه‌ای از یک شبکه ستاره‌ای با استفاده از هاب نشان داده شده است.

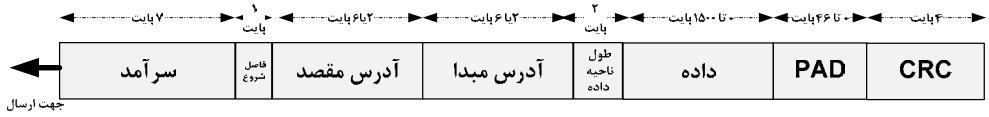


شکل(۳-۱۷) :یک شبکه محلی ستاره‌ای از نوع 10Base-T

در شبکه‌های ستاره‌ای حداکثر طول کابل RJ-45 که ایستگاه‌های شبکه را به هاب متصل می‌نماید، برابر با ۱۰۰ متر می‌باشد. یکی از مهمترین مزایای شبکه‌های محلی ستاره‌ای این است که چنانچه خرابی در یکی از کابل‌های RJ-45 رخ دهد، فقط همان ایستگاه از کار می‌افتد و سایر ایستگاه‌های شبکه به کار خود ادامه می‌دهند.

۳-۴-۱-۱- ساختار زیرلایه MAC در اترنت

در شکل (۳-۱۸) ساختار قاب های اترنت نشان داده شده است .



شکل(۳-۱۸) : ساختار قاب‌های MAC **استاندارد اترنت**

همان‌طورکه در این شکل دیده می‌شود، فیلدهای زیر در ساختار قاب های اترنت وجود دارند.

- ***فیلد سرآمد***[۱]: این فیلد ۷ بایتی حاوی الگوی بیتی ۱۰۱۰۱۰۱۰ می‌باشد و برای همزمان‌سازی ساعت فرستنده با ساعت گیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ***فیلد فاصل شروع*** (**SFD**[۲]) : این فیلد که حاوی بایت ۱۰۱۰۱۰۱۱است نشان‌دهنده شروع قاب می‌باشد.
- ***فیلد آدرس‌های مقصد و مبدأ*** : توسط این فیلدهای ۲ یا ۶ بایتی آدرس‌های فرستنده و گیرنده قاب مشخص می‌شود. معمولاً استاندارد اترنت با سرعت ۱۰ مگابیت بر ثانیه از آدرس‌های ۶ بایتی استفاده می‌نماید. توسط بالاترین بیت در فیلد آدرس گیرنده، نوع آدرس مشخص می‌گردد. چنانچه آدرس از نوع گروهی باشد این بیت حاوی ۱ است و برای آدرس‌های معمولی بیت فوق صفر می‌باشد. به‌وسیله مکانیسم آدرس‌دهی گروهی این امکان وجود دارد که به چندین ایستگاه که در یک گروه قرار گرفته‌اند، قاب‌هایی را ارسال نمود. چنانچه تمام بیت‌های فیلد آدرس مقصد حاوی بیت ۱ باشد، در این‌صورت تمامی ایستگاه‌های شبکه، قاب ارسالی را دریافت می‌نمایند که به این حالت، آدرس‌دهی داده‌پراکنی گفته می‌شود. از دومین بیت بالا(بیت شماره ۴۶) برای تفکیک آدرس‌های

[۱] Preamble
[۲] Start Field Delimeter

محلی از آدرس‌های جهانی استفاده می‌شود. آدرس‌های محلی توسط مدیران شبکه تعیین می‌شود و در خارج از شبکه اهمیت و معنایی ندارند. ولی آدرس‌های جهانی در دنیا واحد بوده و از سوی سازمان IEEE تعیین می‌شوند. با ۴۶ بیت باقیمانده از فیلد آدرس، می‌توان تعداد ۷۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ آدرس جهانی تولید نمود که هر ایستگاه در جهان به‌طور انحصاری قابل آدرس‌دهی یکتا می‌باشد.

- ***فیلد طول ناحیه داده :*** از این فیلد برای تعیین دقیق طول ناحیه داده که می‌تواند صفر تا ۱۵۰۰ بایت باشد، استفاده می‌شود.
- ***فیلد* PAD:** برای آن‌که بتوان قاب‌های سالم را از قاب‌های آشغال که از تداخل قاب‌های دیگر به‌وجود می‌آیند، جداسازی نمود، بایدحداقل طول قاب‌های ارسالی ۶۴ بایت باشد. چنانچه طول قاب‌های ارسالی از۴۶ بایت کمتر باشد به تعداد بایت کمتر از ۴۶ در ناحیه PAD بایت صفر اضافه می‌گردد تا طول قاب به حداقل مقدار خود برسد.
- ***فیلد داده:*** این فیلد متغیر که دارای طول ۰تا ۱۵۰۰ بایت می‌باشد، حاوی اطلاعات لایه بالاتر است که باید در قالب قاب‌هایی به درون شبکه ارسال شود.
- ***فیلد* CRC:** این فیلد که دارای ۴ بایت طول می‌باشد، برای اطمینان از صحت قاب دریافتی به کار می‌رود. چنانچه ضمن ارسال قاب در شبکه برخی از بایت‌های فیلد داده از بین بروند، در این‌صورت گیرنده با بررسی فیلد CRC دریافتی با CRC ای که خود بدست می‌آورد، متوجه وقوع خطا در قاب دریافتی می‌شود. از کدهای CRC 32 برای این فیلد استفاده می‌شود.

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، بعد از هر بار تداخل در قاب ارسالی، ایستگاه فرستنده مدت زمان تصادفی صبرمی نماید و دوباره قاب را ارسال می‌دارد. الگوریتم کار به این صورت است که در اولین تداخل، ایستگاه به‌طور تصادفی یکی از اعداد 0,T را انتخاب می‌کند و به آن اندازه صبر می نماید و سپس دوباره اقدام به ارسال قاب می‌کند. چنانچه برای بار دوم تداخلی رخ دهد، ایستگاه فرستنده یکی از اعداد 0,T,2T,3T را انتخاب می‌کند و به آن اندازه صبر می‌نماید و سپس اقدام به ارسال مجدد قاب می‌کند. به‌طور کلی بعد از i بارتداخل، فرستنده یکی از زمان‌های $0,T,2T,...,(2^i-1)T$ را انتخاب نموده و به آن اندازه صبر می‌کند و دوباره اقدام به ارسال قاب می‌نماید. البته بعد از رسیدن به ۱۰ تداخل، دیگر دامنه اعداد تصادفی افزایش نمی‌یابد و یکی از زمان‌های بین 0,T,2T,...,1023T انتخاب می‌شود. پس از ۱۶ بار تداخل فرستنده تسلیم می‌شود و دیگر از ارسال قاب صرفنظر می‌نماید. به این الگوریتم، الگوریتم عقب‌گرد توانی دودویی[1] می‌گویند. طبیعی است که با افزایش محدوده اعداد تصادفی که ایستگاه باید به اندازه آن صبر نماید، احتمال بروز تداخل کاهش می‌یابد. متغیر زمانی T نشان‌دهنده حداکثر تأخیر انتشاردرکانال می‌باشد.

۳-۴-۱-۲ - اترنت سریع[2]

با پیشرفت خدمات جدید در شبکه‌های کامپیوترای، سرعت شبکه‌های اترنت معمولی برای تبادل اطلاعات کافی به نظر نمی رسد. تعدادی از شرکت‌های کامپیوترای معتبر با ارائه توافق نامه‌ای و تصویب IEEE در سال ۱۹۹۵ استاندارد اترنت سریع (IEEE 802.3U) را تصویب کردند. در این استاندارد که توسعه یافته اترنت معمولی است، سرعت مبادلهء داده ها،۱۰۰ مگابیت برثانیه می‌باشد.

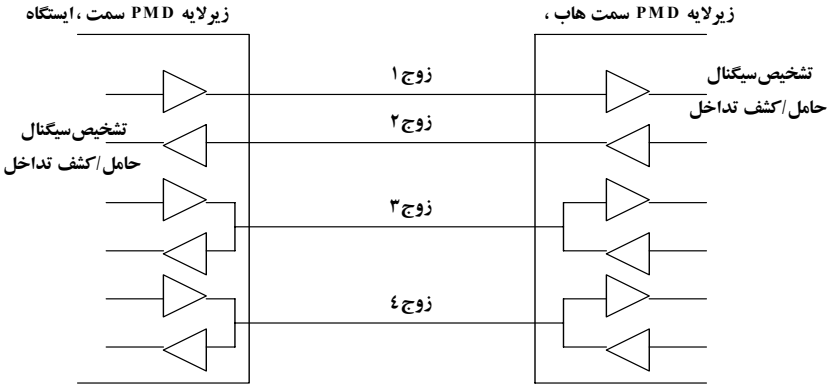
---

[1] Binary exponential backoff

[2] Fast Ethernet

درشبکه‌های اترنت سریع، هر ایستگاه شبکه از طریق دو کانال مجزا به هاب متصل شده است، که یک کانال برای ارسال و یک کانال برای دریافت استفاده می‌شود. استاندارد اترنت سریع دارای انواع مختلفی می‌باشد که عبارتند از:

- **100Base-T4** : در این نوع شبکه از ۴ زوج سیم UTP بین هر ایستگاه و هاب استفاده می‌شود. از زوج سیم های شماره ۳ و ۴ برای ارسال و دریافت داده ها استفاده می‌گردد. درهریک از زوج سیمهای به‌کاررفته، ارسال به‌صورت یک‌طرفه انجام می‌شود. یک رشته سیم از زوج سیم شماره ۱ و یک رشته سیم از زوج شماره ۲ برای انجام عملیات تشخیص حامل و تشخیص وقوع تداخل استفاده می‌شود. درشکل (۳-۲۱)، زوج سیم‌های مورد استفاده در 100Base-T4 نشان داده شده است.
- **100Base-TX**: در این نوع شبکه از دو زوج سیم UTP و یا STP بین هر ایستگاه و هاب استفاده می‌گردد.
- **100Base-FX** : در این استاندارد از دو رشته فیبر نوری برای اتصال هر ایستگاه به هاب استفاده می‌شود. استاندارد 100Base-FX ا ز فیبر نوری چند مد با قطر مغزی ۶۲/۵ میکرون و قطر غلاف ۱۲۵ میکرون استفاده می نماید. در این استاندارد از پروتکل کد گذاری NRZ-I استفاده می‌شود.



شکل(۳-۲۱): زوج سیم های مورد استفاده در 100Base-T4

۳-۴-۱-۳- گیگابیت اترنت

با پیشرفت فن‌آوری ساخت کامپیوترها و ارائه پردازنده های سریع با گذرگاه های PCI ، امکان مبادله داده ها با سرعت بیش از یک گیگابیت بر ثانیه درون کامپیوتر وجود دارد. به عنوان مثال در یک باس ۶۴ بیتی که با سرعت ۱۰۰ مگاهرتز کار می‌نماید می‌توان داده ها را با سرعت ۶/۴ گیگابیت بر ثانیه مبادله نمود.

استاندارد گیگابیت اترنت قادر به مبادله اطلاعات با سرعت ۱ گیگابیت بر ثانیه که صد برابر سریع‌تر از اترنت پایه است، می‌باشد. این استاندارد با اترنت سریع و اترنت پایه سازگاری دارد، و می‌توان از آن به‌عنوان شبکه شالوده دراتصال شبکه‌های محلی استفاده نمود.

توسط سازمان IEEE استاندارد IEEE 802.3Z برای شبکه‌های گیگابیت اترنت تصویب گردید. گیگابیت اترنت برای اتصال سوئیچ‌های شبکه‌های اترنت پایه و سریع به یکدیگر و برقراری یک شبکه شالوده سریع به کار می رود. ساختار قاب‌های این استاندارد مشابه اترنت پایه است و از پروتکل CSMA/CD استفاده می‌نماید. استاندارد گیگابیت اترنت از عملکرد یک‌طرفه ودوطرفه پشتیبانی می‌کند. در این استاندارد از فیبرنوری و زوج سیم UTP برای مبادله اطلاعات استفاده می‌گردد. زیر لایه سری کننده/غیرسری کننده که در مدل لایه ای گیگابیت اترنت دیده می‌شود، وظیفه تبدیل اطلاعات موازی لایه بالاتر به اطلاعات سری و بالعکس را به عهده دارد.

در شبکه‌های اترنت گیگابیت از روش کد گذاری8B/10B استفاده می‌شود. در این روش کد گذاری که برای ارسال اطلاعات در محیط فیبر نوری به‌کار می رود اطلاعات از۸ بیت به ۱۰ بیت تبدیل شده و ارسال می‌گردند.

همان‌طور که گفته شد استاندارد گیگابیت اترنت هر دو عملکرد یک‌طرفه و دو طرفه را پشتیبانی می نماید. در حالت یک‌طرفه از پروتکل CSMA/CD و درحالت دو طرفه از پروتکل IEEE 802.3X استفاده می‌شود. در گیگابیت اترنت حداقل طول قاب های ارسالی۵۱۲ بایت می‌باشد. برخی از پروتکل های فیزیکی گیگابیت اترنت عبارتند از1000Base-LX، Base-SX 1000 ، 1000Base-CX و1000Base-T. در جدول (۳-۱) استانداردهای متداول گیگا بیت اترنت نشان داده شده است.

جدول (۳-۱): استانداردهای گیگا بیت اترنت

استاندارد گیگا بیت اترنت	واسط لایه فیزیکی	نوع محیط ارسال	فاصله	تاریخ استاندارد
IEEE802.3z	1000 Base-SX	فیبر نوری چند مود	۲ تا ۵۵۰ متر	۱۹۹۸
	1000 Base-LX	فیبرنوری تک مودیا چند مود	۲ مترتا ۵ کیلومتر	
	1000 Base-CX	سیم مسی	۲۵ متر	
IEEE 802.3ab	1000 Base-T	کاتگوری 5 و5E سیم UTP	۱۰۰ متر	۱۹۹۹

از استاندارد گیگابیت اترنت جهت افزایش سرعت اتصال به خدمات دهنده های شبکه، اتصال سوئیچ‌ها به یکدیگرو اتصال سوئیچ‌ها به خدمات دهنده‌ها استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از گیگابیت اترنت می‌توان برنامه های کاربردی نظیر مدل سازی ۳ بعدی، انیمیشن سازی CAD/CAM ، تصویربرداری پزشکی، پیاده‌سازی خدمات محیط‌های چندرسانه ای و بسیاری ازکاربردهای دیگر اینترنت و اینترانت را که پهنای باند زیادی نیاز دارند، پیاده‌سازی نمود.

۳-۴-۱-۴- ده گیگابیت اترنت

از ۲۷ سال پیش که فن‌آوری اترنت ارائه شد، این فن‌آوری تاکنون تحول‌های زیادی جهت برآورده کردن نیازهای شبکه‌های سوئیچ بسته ای یافته است. به خاطر مزایایی نظیر هزینه پیاده سازی کم، قابلیت اطمینان بالا و نصب و نگه‌داری آسان، فن‌آوری اترنت به شدت مورداستقبال قرارگرفته است. با افزایش سرعت شبکه‌ها و ارائه خدمات جدیدتر، فن‌آوری اترنت نیز تکامل یافته است و خود را با سرعت‌های بالا وفق داده است.

استاندارد گیگابیت اترنت که در بالا به آن اشاره شد، در شبکه‌های خصوصی وهمچنین شبکه‌های عمومی استفاده می‌شود. باتوسعه این فن‌آوری، استفاده اترنت از شبکه‌های محلی به شبکه‌های شهری توسعه یافته است. اخیراً استاندارد اترنت۱۰ گیگابیت برثانیه ارائه شده است. با استفاده از این استاندارد امکان ارسال ترافیک داده ای سریع و همچنین خدمات جدیدی نظیر ویدئوی متحرک فراهم شده‌است. استاندارد اترنت۱۰ گیگا بیت از چند جنبه با استاندارد اترنت پایه متفاوت است. دراین استاندارد فقط ازفیبر نوری استفاده می‌شود وهمچنین عملیات ارسال به‌صورت کاملا دوطرفه است. بنابراین دراین استاندارد هیچ‌گونه تداخلی بین قاب ها به‌وجود نمی‌آید. هر چند اترنت ۱۰گیگا بیت ازسرعت بسیار بالایی نسبت به اترنت پایه برخوردار است، اما از نظرساختار قاب‌ها تا حد زیادی مشابه آن می‌باشد. سرمایه گذاری بر روی اترنت۱۰ گیگابیت بر ثانیه و استفاده وسیع از آن هنوز مطمئن نمی‌باشد. قابلیت ارتباط اترنت۱۰ گیگابیت باسایر فن‌آوری های شبکه نظیرSONET در حال بررسی است.

برای وفق دادن اترنت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه، از سوی گروه مطالعاتی ۸۰۲I سازمان IEEE معیارها و اهداف زیر در استاندارد فوق در نظر گرفته شده است:

۱. این فن‌آوری باید قادر به پشتیبانی از برنامه های کاربردی مختلف که توسط فروشندگان گوناگونی ارائه شده است، باشد.
۲. این استاندارد باید با سایر استانداردهای اترنت و همچنین با مدل OSI و قابلیت های مدیریتی SNMP سازگار باشد.
۳. این استاندارد باید با سایر استانداردهای اترنت طوری متفاوت باشد که بتوان از آن برای توسعه شبکه‌ها به عنوان یک راه حل واحد و منحصربه فرد و نه به‌عنوان یک راه حل ثانویه استفاده نمود.

از نظر اقتصادی، باید نصب و توسعه شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگابیت برای مشتریان مقرون به صرفه باشد. از سوی سازمان IEEE استاندارد IEEE 802.3ae جهت شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگابیت وضع شده است. در این شبکه‌ها، لایه فیزیکی که مطابق با لایه اول مدل مرجع OSI است، برای اتصال محیط ارسال (فیبر نوری یا زوج سیم) به لایه MAC که مطابق با لایه دوم مدل مرجع OSI می‌باشد استفاده می‌شود.

دراین استاندارد، مشابه استاندارد اترنت سریع، لایه فیزیکی به دو زیر لایه PMD و CS تجزیه می‌شود. فرستنده/ گیرنده های نوری نمونه ای از PMD می‌باشند.توسط زیرلایه CS نحوه کدگذاری و عملیات تسهیم‌سازی توصیف می‌شود. در استاندارد 802.3ae دو نوع لایه فیزیکی پیشنهاد شده است که عبارتند از: لایه فیزیکی برای شبکه‌های محلی[1] و لایه فیزیکی برای شبکه‌های گسترده[2].

در شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگابیت از واسط XAUI استفاده می‌شود. کلمه AUI از استاندارد اترنت پایه گرفته شده است. همچنین حرف X نشان دهنده سرعت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه می‌باشد. علاوه بر واسط XAUI واسط XGMII در شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگا بیت استفاده می‌گردد. این واسط دارای ۷۴ پین می‌باشد که برای اتصال کارت شبکه به محیط فیزیکی استفاده می‌شود.

در اترنت ۱۰ گیگابیت فقط از کانال‌های فیبر نوری از نوع چند مد یا تک مد استفاده می‌شود. با استفاده از این کانال‌ها می‌توان حداکثر تا ۴۰ کیلومتر را بدون نیاز به تکرار کننده اطلاعات ارسال نمود. هر دو واسط موجود برای شبکه‌های محلی و گسترده از یک زیر لایه PMD یکسان استفاده می‌کنند.

کاربردهای اترنت ۱۰ گیگابیت

فن‌آوری اترنت، متداول‌ترین و کاملترین فن‌آوری در شبکه‌های محلی می‌باشد. با توسعه فن‌آوری اترنت و پیدایش ۱۰ گیگابیت اترنت، امکان استفاده از برنامه های کاربردی با پهنای باند بالا در شبکه‌های محلی فراهم می‌شود.

مشابه فن‌آوری اترنت ۱ گیگابیت، در اترنت ۱۰ گیگابیت نیز امکان استفاده از کانال‌های فیبر نوری تک مد و چند مد وجود دارد. در شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگابیت در حالتی که از فیبر تک مد استفاده می‌شود، حداکثر فاصله بین ایستگاه‌های شبکه ۴۰کیلومتر می‌باشد در حالی که در شبکه‌های اترنت ۱ گیگابیت این فاصله ۵ کیلومتر است. به این دلیل استفاده از اترنت ۱۰ گیگابیت برای اتصال شبکه‌های محلی شرکت ها که دارای چندین شبکه محلی در سطح شهر می‌باشند مناسب‌تر از اترنت ۱ گیگابیت می‌باشد.

با استفاده از این نوع شبکه‌ها امکان استفاده از خدماتی نظیر ویدئوی متحرک، تصویر برداری پزشکی و کاربردهای گرافیکی با دقت بالا وجود دارد. همچنین به علت سرعت بالای شبکه‌های اترنت ۱۰ گیگابیت، تأخیر ارسال بسیار پایین است، بنابراین از آن می‌توان برای ارسال ترافیک داده ای انفجاری استفاده نمود. همچنین از اترنت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه

---

[1] LAN PHY
[2] WAN PHY

می‌توان برای پیاده سازی شالوده شبکه‌های شهری استفاده کرد. با استفاده از این فن‌آوری می‌توان همان‌طورکه گفته شد، فاصله کانال‌های شبکه را تا ۴۰ کیلومتر افزایش داد. از فن‌آوری اترنت ۱۰ گیگابیت در شبکه‌های گسترده نیز استفاده می‌شود. به عنوان مثال فراهم کنندگان خدمات اینترنت ،از شبکه‌های اترنت۱۰ گیگابیت برای اتصال سریع ونسبتاً ارزان به شبکه اینترنت استفاده می‌کنند.همچنین می‌توان از این فن‌آوری برای اتصال شبکه‌های محلی دور از هم از طریق شبکه گسترده استفاده نمود.

۳-۷- شبکه FDDI

شبکه FDDI یک پروتکل شبکه محلی می‌باشد که توسط سازمان‌های ANSI و ITU-T استاندارد شده است. نرخ ارسال شبکه‌های FDDI ، ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه می‌باشد، که به مراتب بالاتر از نرخ شبکه‌های اترنت و گذرگاه نشانه و حلقه نشانه است. درهنگام ارائه FDDI فقط کانال فیبر نوری قادر به تامین سرعت ارسال ۱۰۰ مگابیت برثانیه بود، ولی امروزه باکمک زوج سیم‌های مسی نیز می‌توان به این سرعت دسترسی پیدا نمود. به نسخه سیم مسی از شبکه‌های FDDI ، CDDI[۲] گفته می‌شود.

[۱] SMDS Interface Protocol

[۲] Copper Distributed Data Interface

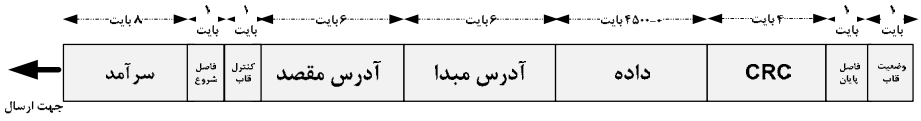
[۱] Real time

[۲] Broadband

شبکه FDDI مبتنی بر مبادله نشانه می‌باشد. در شبکه‌های حلقه نشانه هر ایستگاه فقط هنگامی‌که نشانه را دریافت نمود، قادر به ارسال یک قاب می‌باشد. اما در شبکه‌های FDDI دسترسی به شبکه محدود به زمان می‌باشد و هر ایستگاه تا هنگامی‌که محدودیت زمانی به آن اجازه می‌دهد، قادر به ارسال چندین قاب است. برای پیاده سازی این نوع مکانیسم دسترسی، دو نوع قاب داده در شبکه FDDI وجود دارند که عبارتند از: قاب همزمان و قاب غیرهمزمان. کلمه همزمان در FDDI اشاره به اطلاعاتی دارد که به زمان حساس می‌باشند و در مقابل، کلمه غیرهمزمان به اطلاعاتی اشاره می‌کند که به زمان حساس نمی‌باشند. هر ایستگاهی که نشانه را در اختیار می‌گیرد ابتدا قاب‌های همزمان خود را ارسال می‌دارد و چنانچه از زمان ارسال آن چیزی باقی مانده باشد، قاب‌های غیرهمزمان ارسال می‌شوند.

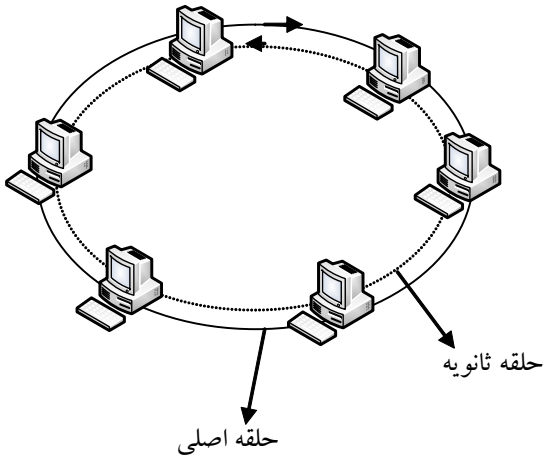
در شکل (۳-۳۵) ساختار قاب‌های MAC ، در شبکه FDDI نشان داده شده است. مطابق شکل فوق در قاب‌های FDDI فیلدهای زیر موجود می‌باشد.

- ***فیلد سرآمد:*** این فیلد ۸ بایتی برای همزمانی پالس ساعت گیرنده با فرستنده به کار می‌رود.
- ***فیلد فاصل شروع:*** این فیلد نشان دهنده شروع قاب FDDI می‌باشد که به‌صورت کدهای متوالی J و K که در جدول (۳-۳) آورده شده است، می‌باشد.
- ***فیلد کنترل قاب:*** این فیلد نشان دهنده نوع قاب است.
- ***فیلد آدرس مبدأ و مقصد:*** این دو فیلد که طول هر یک ۶ بایت است،نشان دهنده آدرس مبدأ و آدرس مقصد قاب می‌باشند.
- ***فیلد داده :*** این فیلد حاوی داده های ارسالی می‌باشد که حداکثر طول آن ۴۵۰۰ بایت است .
- ***فیلد CRC :*** از این فیلد برای کنترل خطا در قاب‌های FDDI استفاده می‌شود .
- ***فیلد فاصل پایان :*** طول این فیلد در قاب‌های داده نیم بایت و درقاب‌های نشانه یک بایت کامل می‌باشد. هنگام ارسال قاب‌های FDDI فیلد فوق در قاب‌های داده به یک کد T و در قاب‌های نشانه به دو کد T تبدیل می‌شود. کد T در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.
- ***فیلد وضعیت قاب :*** این فیلد مشابه فیلد فوق درشبکه‌های حلقه نشانه می‌باشد، که طول آن ۱/۵ بایت است و فقط در قاب‌های داده وجود دارد.
-



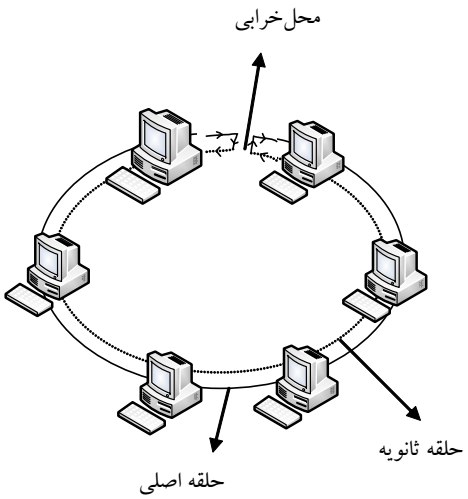
شکل (۳-۳۵): ساختار قاب های لایه MAC در FDDI

[۱] Synchronous Allocation
[۲] Target Token Rotation Time
[۳] Absolute Maximum Time



شکل (۳-۳۶): حلقه ها در شبکه‌های FDDI

شکل (۳-۳۷) ساختار حلقه FDDI بعد از وقوع خرابی در حلقه اصلی را نشان می‌دهد. هر ایستگاه شبکه از طریق دو درگاه فیبرنوری که بر روی کانکتور واسط محیط (MIC[1]) نصب می‌شود، به حلقه‌های اصلی و ثانویه متصل می‌گردد.



شکل (۳-۳۷) : ساختار حلقه‌های FDDI بعد از وقوع خرابی

[۱] Medium Interface Connector
[۲] Dual Attachment Concentrator
[۳] Dual Attachment Station
[٤] Single Attachment Station

۳-۷-۳-۲- مقایسه FDDI با اترنت و حلقه نشانه

سه استاندارد مهم شبکه‌های محلی عبارتند از: شبکه اترنت ، شبکه حلقه نشانـــه وشبکه FDDI. در جدول (۳-۴)، سه استاندارد فوق با یکدیگر مقایسه شده اند .

جدول (۳-۴): مقایسه انواع فن‌آوری‌های شبکه‌های محلی با یکدیگر

شبکه	روش دسترسی به کانال	طول آدرس	نوع کد گذاری	نرخ ارسال	قابلیت کنترل خطا
اترنت پایه	CSMA /CD	۶ بایت	منچستر	۱۰ مگابیت بر ثانیه	خیر
حلقه نشانه	عبور نشانه	۶ بایت	منچستر تفاضلی	۱۰و ۱۶ مگابیت بر ثانیه	بله
FDDI	عبور نشانه	۶ بایت	4B/5B	۱۰۰ مگابیت برثانیه	بله

۳-۱۰- پروتکل‌های لایه پیوند داده

پروتکل‌های لایه پیوند داده به دو دسـته تقـسیم مـی‌شـوند کـه عبارتنـد از: پروتکـل‌هـای همزمـان و پروتکـل‌هـای غیرهمزمان. در پروتکل‌های غیرهمزمان هر بایت به همراه بیت های شروع و پایان، دررشته بیت ارسالی انتقال می‌یابد؛ اما در

پروتکل‌های همزمان کل رشته بیت ارسالی در قالب قاب‌هایی با طول مشخص ارسال می‌گردد. اکثرمودم‌های امروزی از پروتکل‌های غیرهمزمان استفاده می‌کنند،که برخی از مهمترین این پروتکل‌ها عبارتند از Xmodem، Ymodem، Zmodem، Blast و Kermit. پروتکل‌های غیرهمزمان از پیچیدگی زیادی برخوردار نمی‌باشند و پیاده‌سازی آنها نسبتاً ساده وکم خرج می‌باشد. دراین پروتکل‌ها همان‌طور که قبلاً اشاره گردید هر بایت ارسالی به همراه بیت شروع، بیت پایان و بیت توازن ارسال می‌شود. درپروتکل‌های غیرهمزمان، گیرنده باید شروع و پایان هر بایت را با کمک بیت‌های شروع و پایان تشخیص دهد.

پروتکل‌های همزمان از سرعت بسیار بالایی نسبت به پروتکل‌های غیرهمزمان برخوردار می‌باشند. بدین علت از این پروتکل‌ها اغلب در شبکه‌های محلی، شبکه‌های شهری و شبکه‌های گسترده استفاده می‌شود. پروتکل‌های همزمان به دو دسته مختلف به نام پروتکل‌های کاراکترگرا[1] و پروتکل‌های بیت گرا[2] تقسیم‌بندی می‌شوند. تفاوت عمده دو روش فوق، درنحوه همزمانی درکاراکتر و قاب می‌باشد. پروتکل های کاراکترگرا برای ارسال حجم زیادی از اطلاعات نظیر فایل های اسکی استفاده می‌شوند. ازآنجایی‌که درپروتکل های ارسال همزمان، به اول و آخر هربایت، بیتهای شروع و پایان اضافه نمی‌شود، بنابراین برای نیل به همزمانی کاراکتر و قاب، ازکاراکترهای خاصی دراول و آخر قاب برای نشان دادن شروع وپایان هر قاب استفاده می‌شود. درشکل (۳-۳۹) نمونه ای از پروتکل کاراکتر گرا نشان داده شده است.

SYN	SYN	STX	داده	ETX

شکل (۳-۳۹) : نمونه ای ازیک قاب پروتکل کاراکترگرا

[1] Character oriented
[2] Bit oriented
[3] Start of Text
[4] End of Text
[5] Character stuffing

شکل (۳-۴۰) : استفاده از DLE برای عملیات میان گذاری بایت

پروتکل های بیت گرا هم برای ارسال فایل های اسکی و هم برای ارسال فایل های باینری مناسب می‌باشند دراین پروتکل‌ها شروع و پایان هرقاب، بایک کاراکتر خاص به نام کاراکتر پرچم[۱] مشخص می‌گردد. درشکل (۳-۴۱) نمونه ای از ساختار قاب درپروتکل‌های بیت‌گرا نشان داده شده است.

پرچم پایان	داده	پرچم شروع

شکل (۳-۴۱) : نمونه ای از ساختارقاب درپروتکل های بیت گرا

دلیل نام‌گذاری این پروتکل به بیت گرا، این است که دراین پروتکل رشته بیت دریافتی بیت به بیت برای تشخیص کاراکتر پرچم شروع، کاراکترهای ناحیه داده قاب و پرچم پایان جستجو می‌گردد. برای کمک به عملیات همزمان سازی درسمت گیرنده، فرستنده قبل از ارسال قاب، اقدام به ارسال بایت های idle (با کد ۰۱۱۱۱۱۱۱) می نماید. بعد از تشخیص پرچم شروع، گیرنده اقدام به خواندن هشت بیت به هشت بیت داده ها تا هنگام تشخیص پرچم پایان می نماید. یکی از مهمترین مشکلات این روش، امکان وجود کاراکتر پرچم دربین داده های کاربر می‌باشد. دراین صورت این امکان وجود دارد که گیرنده آن را با پرچم نشان دهنده پایان قاب اشتباه بگیرد. برای حل این مشکل ازروش درج صفر استفاده می‌شودکه در ادامه این فصل هنگام توصیف پروتکل HDLC توضیح داده خواهد شد.

دو پروتکل متداول همزمان عبارتند از: پروتکل ارتباط همزمان باینری (BSC[2]) و پروتکل HDLC. پروتکل BSC از نوع کاراکترگرا می‌باشد و پروتکل HDLC به‌صورت بیت گرا عمل می‌نماید.

---

[۱] Flag
[۲] Binary Synchronization Communication
[۳] Master
[۴] Slave

۳-۱۰-۲ - پروتکل HDLC

در پروتکل‌های کاراکترگرا بیت‌های ارسالی به‌صورت الگوهای از قبل تعریف شده گروه بندی می‌شوند و تشکیل کاراکتر می‌دهند. در مقایسه با پروتکل‌های کاراکترگرا، پروتکل‌های بیت‌گرا قادربه گنجاندن اطلاعات بیشتر در قاب‌های کوتاه‌تر و اجتناب از مشکل شفافیت داده می‌باشند. در طی چند سال گذشته پروتکل‌های بیت گرای متعددی ارائه شده است که از میان آنها می‌توان به پروتکل هایSDLC ، HDLC ،پروتکل‌های LAP و پروتکل‌های شبکه‌های محلی اشاره نمود. اغلب پروتکل‌های بیت گرا توسط شرکت‌های خصوصی جهت پشتیبانی از محصولات آنها ارائه شده است.

یکی از مهمترین پروتکل‌های بیت‌گرا ،HDLC می‌باشد که توسط سازمان ISO طراحی گردیده است و به عنوان پایه اغلب پروتکل‌های بیت گرای امروزی شناخته می‌شود. در سال ۱۹۷۵ شرکت IBM پروتکل SDLC را به سازمان ISO ارائه داد و درخواست تایید استاندارد ISO را نمود. ۴ سال بعد در سال ۱۹۷۹ سازمان جهانی ISO پروتکل HDLC را که بر پایه پروتکل SDLC می‌باشد تایید کرد. با تایید استاندارد HDLC توسط ISO، سایر مراجع استاندارد گذاری نظیر ITU-T اقدام به تصویب پروتکل‌هایی نظیر پروتکل‌های LAP (LAPB , LAPD , LAPM و LAPX) نمودند. تمامی این پروتکل‌ها توسعه یافته پروتکل HDLC می‌باشند. همچنین پروتکل‌های Frame relay و PPP که توسط ITU-T و ANSI توسعه یافتند، بر اساس HDLC طراحی شده‌اند. بنابراین با توجه به اهمیت HDLC به بررسی این پروتکل می‌پردازیم.

پروتکل استاندارد HDLC ، یک پروتکل اتصال گرا می‌باشد که قادر به عملکرد یک‌طرفه و دو طرفه بر روی خطوط نقطه به نقطه و نقطه به چند نقطه می‌باشد. ایستگاه‌ها در پروتکل HDLC ، به سه دسته اولیه[۱] ثانویه[۲] و ترکیبی[۳] تقسیم‌بندی می‌شوند. ایستگاه اولیه در HDLC اقدام به ارسال پیام‌های دستور به ایستگاه‌های ثانویه می‌نماید. ایستگاه‌های ثانویه نیز در جواب به پیام دستور اقدام به ارسال پیام پاسخ می‌نمایند. به‌عنوان مثال ارتباط کامپیوتر با پایانه، نمونه‌ای از ارتباط ایستگاه اولیه به ایستگاه ثانویه در HDLC می‌باشد. ایستگاه ترکیبی قادر به ارسال پیام‌های دستور و پاسخ‌های آنها نیز می‌باشد.

بر اساس جهت مبادله اطلاعات، ایستگاه‌های ترکیبی در HDLC می‌توانند هم به‌صورت ایستگاه اولیه و هم به‌صورت ایستگاه ثانویه عمل نمایند. در HDLC ایستگاه‌های اولیه، ثانویه و ترکیبی به سه صورت مختلف پیکره‌بندی می‌شود این سه ترکیب مختلف عبارتند از غیربالانس، متقارن و بالانس. در شکل (۳-۴۷) این سه نوع پیکره‌بندی HDLC نشان داده شده

---

[۱] Primary
[۲] Secondary
[۳] Combined

است. در پیکره‌بندی غیربالانس که به پیکره‌بندی خدمات دهنده/ خدمات گیرنده نیز نامیده می‌شود، یک ایستگاه به‌صورت اولیه و سایر ایستگاه‌ها به‌صورت ثانویه عمل می‌نمایند. پیکره‌بندی غیربالانس هم به‌صورت نقطه به نقطه و هم به‌صورت نقطه به چند نقطه عمل می‌کند.

در پیکره‌بندی متقارن، هر ایستگاه فیزیکی به‌طور منطقی از دو ایستگاه اولیه و ثانویه تشکیل شده‌است. کانال‌های مجزایی ایستگاه‌های اولیه و ثانویه را به یکدیگر متصل می‌نمایند. این نوع پیکره‌بندی مشابه پیکره‌بندی غیربالانس می‌باشد. با این تفاوت که کنترل کانال و جهت ارسال پیام‌های دستور و پاسخ می‌تواند بین دو ایستگاه فیزیکی تغییر نماید.

در پیکره‌بندی بالانس هر دو ایستگاه در اتصال‌های نقطه به نقطه از نوع ایستگاه ترکیبی می‌باشند. برخلاف پیکره‌بندی متقارن در این نوع پیکره‌بندی فقط از یک کانال برای اتصال ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. جهت ارسال پیام در کانال توسط هر دو ایستگاه قابل کنترل می‌باشد. پروتکل HDLC قادر به پشتیبانی از پیکره‌بندی بالانس چند نقطه‌ای نمی‌باشد، ولی سایر انواع پیکره‌بندی که اشاره گردید توسط HDLC پشتیبانی می‌شود.

---

[1] Normal Response Mode
[2] Asynchronous Response Mode
[3] Asynchronous Balance Mode

۳-۱۰-۲-۱- قاب‌های HDLC

جهت فراهم سازی انعطاف پذیری لازم برای پشتیبانی انواع مدهای HDLC، سه نوع قاب به نامهای قاب‌های اطلاعاتی، قاب‌های نظارتی و قاب‌های بدون شماره وجود دارد. درشکل (۳-۴۸) انواع قاب‌های HDLC نشان داده شده است. از قاب‌های اطلاعاتی برای ارسال داده‌های کاربر و اطلاعات کنترلی مربوط به داده‌های کاربر استفاده می‌شود. از قاب‌های نظارتی برای مبادله اطلاعات کنترلی، کنترل جریان و کنترل خطا استفاده می‌گردد. قاب‌های بدون شماره برای مدیریت سیستم به‌کار می‌روند.

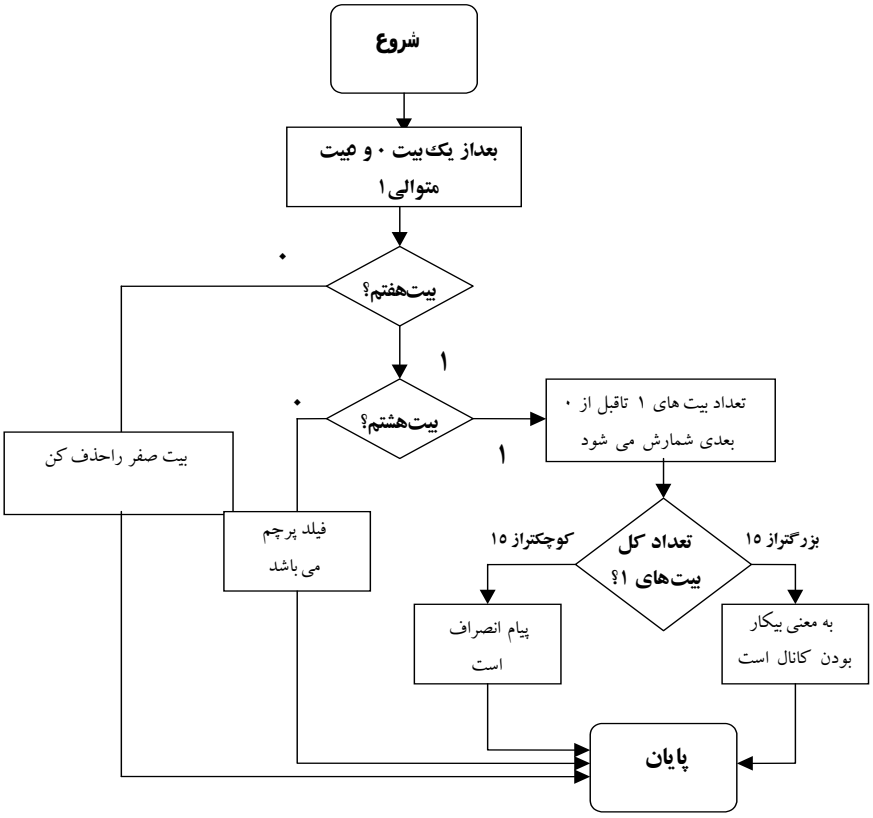
شکل(۳-۴۸): انواع قاب ها در پروتکل HDLC
الف) قاب‌های اطلاعاتی ب) قاب‌های نظارتی ج) قاب‌های بدون شماره

همان‌طور که در شکل ۳-۴۸ دیده می‌شود قاب‌های HDLC از فیلدهای زیر تشکیل شده اند:

- فیلد پرچم: ***فیلد پرچم در HDLC ،که شامل رشته بیتی ۰۱۱۱۱۱۱۰ می‌باشد، شروع و پایان قاب را مشخص می‌کندو برای همزمانی فرستنده با گیرنده استفاده می‌شود. برای تضمین عدم وجود فیلد پرچم در بخش داده قاب‌های HDLC ، از عملیات درج صفراستفاده می‌شود. درسمت فرستنده، بعد از هر۵ بیت ۱ متوالی یک بیت ۰ اضافه می‌گردد. به عنوان مثال رشته بیت۰۱۰۱۱۱۱۱۱۰۱۰ تبدیل به رشته بیت ۰۱۰۱۱۱۱۱۰۱۰۱۰ می‌شود. در سمت گیرنده نیز ۰ بعد از ۵ بیت ۱ حذف می‌شود. در شکل (۳-۴۹)***

فلوچارت عملیات درج صفر درسمت گیرنده HDLC نشان داده شده است.

- فیلد آدرس: ***دومین فیلد در قاب‌های HDLC، مشخص‌کننده آدرس ایستگاه که می‌تواند ایستگاه اولیه یا ایستگاه ثانویه باشد، است. درحالتی که فرستنده قاب،ایستگاه اولیه باشد، فیلد آدرس مشخص کننده آدرس ایستگاه ثانویه که بایدپیام را دریافت نماید، است؛ ولی درحالتی که ایستگاه ثانویه فرستنده قاب است، فیلد آدرس، مشخص کننده آدرس ایستگاه ثانویه که فرستنده قاب است، می‌باشد.***



شکل (۳-۴۹): فلوچارت درج بیت صفر درسمت گیرنده ***HDLC***

- *فیلد کنترل:* **از این فیلد که دارای یک یا دو بایت است، برای مدیریت جریان ترافیکی استفاده می‌شود. بر اساس نوع قاب، محتویات فیلد کنترل متفاوت است. چنانچه اولین بیت فیلد کنترل صفر باشد، قاب از نوع اطلاعاتی است. درصورتی‌که دو بیت اول فیلد کنترل ۱۰ باشند، قاب از نوع نظارتی می‌باشد و چنانچه دو بیت اول در فیلد کنترل ۱۱ باشند، قاب از نوع بدون شماره می‌باشد. فیلد کنترل درهرسه نوع قاب HDLC ، شامل بیتی به نام بیت P/F[1] می‌باشد. این بیت برای دو منظور متفاوت استفاده می‌شود و در صورتی معتبر است که مقدار آن ۱ باشد. هنگامی‌که قاب از سمت ایستگاه اولیه به سمت ایستگاه ثانویه ارسال می‌گردد، این بیت مفهوم سرکشی می‌دهد و در صورتی‌که قاب از سمت ثانویه به اولیه ارسال شود، مفهوم آن پایان است. فیلد کنترل در قاب‌های اطلاعاتی شامل دو فیلد سه بیتی N(S)**

[1] Pool/Final

و N(R) می‌باشد. این دو فیلد برای کنترل جریان استفاده می‌شوند. N(S) نشان دهنده شماره قاب ارسالی و N(R) نشان دهنده شماره قابی که ایستگاه، انتظار دریافت آن را از طرف مقابل دارد، می‌باشد. با توجه به این‌که در قاب‌های نظارتی، هیچ‌گونه داده‌ای مبادله نمی‌شود، بنابراین فیلد کنترل در قاب‌های نظارتی فقط حاوی فیلد N(R) می‌باشد. در قاب‌های نظارتی فیلد کنترل شامل دو بیت فیلد کد نیز می‌باشند که از این دو بیت برای حمل اطلاعات کنترل خطا استفاده می‌شود. قاب‌های بدون شماره نه حاوی N(S) و نه حاوی N(R) می‌باشند بنابراین از آنها نه برای ارسال داده و نه برای ارسال پیام تصدیق استفاده می‌شود. در عوض قاب‌های بدون شماره حاوی دو فیلد دو بیتی و سه بیتی به‌عنوان کد می‌باشند که از آنها برای مشخص نمودن نوع قاب بدون شماره و عملیات آن استفاده می‌شود.

- *فیلد اطلاعات:* **یکی دیگر از فیلدهای موجود در قاب‌های HDLC ، فیلد اطلاعات می‌باشد که برای حمل داده‌های کاربر در قاب‌های اطلاعاتی و داده‌های مدیریت شبکه در قاب‌های بدون شماره استفاده می‌شود. طول فیلد اطلاعات در شبکه‌های مختلف، متغیر می‌باشد ولی معمولاً در هر شبکه طول این فیلد ثابت است. باید توجه نمود که قاب‌های نظارتی شامل هیچ‌گونه فیلد اطلاعاتی نمی‌باشند.**
- ***فیلد کنترل ترتیب قاب* (FCS):** از این فیلد دو یا چهار بایتی به منظور تشخیص خطا در قاب‌های HDLC استفاده می‌شود.

۳-۱۰-۲-۲- انواع قاب‌های HDLC

همان‌طور که اشاره شد HDLC دارای سه نوع قاب اطلاعاتی، نظارتی و بدون شماره می‌باشد. از قاب‌های نظارتی برای ارسال پیام تصدیق، کنترل جریان و کنترل خطا استفاده می‌گردد. نوع هر قاب نظارتی توسط دو بیت کد مشخص می‌شود. در جدول (۳-۷) انواع قاب‌های نظارتی آورده شده‌اند.

جدول(۳-۷): انواع قاب‌های نظارتی درHDLC

قاب	کد	عملیات
RR	۰۰	آمادگی دریافت
REJ	۰۱	رد
RNR	۱۰	عدم آمادگی دریافت
SREJ	۱۱	رد انتخابی

فصل چهارم

شبکه های بیسیم

۴-۱- مقدمه

فن‌آوری کامپیوتر در چند سال اخیر در زمینه های مختلفی نظیرحجم و قدرت پردازش اطلاعات، ابعاد فیزیکی قطعات کامپیوتر وکاهش قیمت محصولات کامپیوتر، پیشرفت سریعی داشته است. یکی از جنبه‌های پیشرفت سیستم‌های کامپیوتر، قابلیت حمل[1] آنها می‌باشد. امروزه با استفاده ازکامپیوترهای کیفی، کاربران می‌توانند درهرنقطه از دنیا به آخرین اطلاعات دسترسی داشته باشند.

یکی از دستاوردهای جدید در شبکه‌های کامپیوتری، پیدایش شبکه‌های محلی بیسیم است. شبکه محلی بیسیم، یک سیستم ارتباطی انعطاف پذیرمی‌باشد که به عنوان یک جایگزین توسعه یافته برای شبکه‌های محلی با سیم در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از فن‌آوری هایی نظیر امواج رادیویی،امواج مادون قرمز و امواج صوتی، شبکه‌های محلی بیسیم اقدام به ارسال و دریافت داده ها می نمایند که بدین ترتیب نیازی به اتصال‌های سیمی در این سیستم ها وجود ندارد.

امروزه شبکه‌های محلی بیسیم به عنوان یک سیستم همه منظوره که می‌توانند جایگزین مناسبی برای شبکه‌های سیمی باشند، شناخته می‌شوند. در شبکه‌های محلی با سیم، معمولاً ۴۰ درصد کل هزینه نصب شبکه، هزینه کابل کشی آن می‌باشد و چنانچه شبکه نیاز به تغییری داشته باشد، کابل‌کشی باید تغییر نموده که این امر باعث افزایش هزینه می‌گردد. طبیعی است در شبکه‌های محلی بیسیم، هزینه کابل کشی وجود ندارد و در صورت نیاز، ساختار شبکه به راحتی قابل تغییر می‌باشد. از این شبکه‌هادرمحیطهای مختلفی نظیر دفاتر کار، کارخانجات، آزمایشگاههای تحقیقاتی و دانشگاه‌ها می‌توان استفاده نمود. با استفاده از شبکه‌های محلی بیسیم، کاربران شبکه بدون این‌که به نقطه خاصی متصل شوند، قادر به استفاده از منابع مشترک شبکه می‌باشند. همچنین مدیران شبکه قادر به توسعه و تغییر شبکه خود بدون نیاز به سیم کشی می‌باشند.

فن آوری بیسیم رادیویی سریعترین روش برای راه اندازی یک شبکه بویژه هنگامی که توزیع مشترکین اولیه بصورت پراکنده است، می باشد. هر طیف فرکانسی به لحاظ تاریخی یک کالای بسیار گرانبها بوده است. برخلاف طرحهای مدولاسیون دیجیتال امروزی، تکنیکهای قدیمی مدولاسیون از عرض باند بطور مؤثر استفاده نمی کردند. در آمریکا ، سازمان FCC[2] مجوزهای طیف فرکانسی را تا سال ۱۹۹۳ بطور رایگان در اختیار اپراتورها قرار می داد. بنابراین انگیزه کافی برای توسعه فن آوری جدید مدولاسیون وجود نداشت. بعلاوه بخش مناسبی از طیف موجود، معمولاً برای کارهایی با اولویت بالا همانند آژانسهای محلی مثل آتش نشانی و پلیس یا کاربردهای ملی همانند کنترل ترافیک هوایی، تله متری عمیق ماهواره ای و ارتباطات نظامی رزرو می شد. در نهایت طیف فرکانسی بسیار بالا (بالای ۲۰ گیگاهرتز) برای کاربردهای تجاری به سختی مورد پذیرش قرار گرفت .

با ظهور فن آوری دیجیتال، فرکانسهای بالای ۲۰ گیگاهرتز از جنبه تجاری اهمیت یافتند. فرکانسهای زیر ۲۰ گیگاهرتز نیز می توانند کاربران بیشتری را در سرعتهای بالاتر (اصولاً بواسطه تکنیکهای مدولاسیون دیجیتال و فشرده سازی) پشتیبانی نمایند. افزون بر این فن آوریهای جدید، تغییر در خط مشیهایی که در صدور مجوزفرکانس صورت می گیرد نیز بطور وسیعی در ارزش طیف فرکانسی تأثیر گذاشته اند. چند سال پیش سازمان FCC در آمریکا عرض باند قابل دسترسی را قیمت گذاری نمود و بدینگونه انگیزه برای استفاده مؤثر از طیف فرکانسی ایجاد گردید. همه این عوامل دست به دست هم دادند و فن آوری بیسیم را بعنوان یک فن آوری منتخب برای استفاده در کاربردهای باند پهن، مناسب ساختند.

---

[1] Portability
[2] Federal Communications Commission
[3] Direct Broadcast Satellite

شبکه های بیسیم از فرکانسهای خیلی بالاتری نسبت به زیرساختارهای کابلی بهره می گیرند. بنابراین بحثهایی درمورد پایداری و کم هزینه بودن آنها برای سرویسهای پرسرعت هنوز ادامه دارد. سهولت استفاده از فن آوریهای بیسیم، جذابیت آن برای مشترکین، بالا بودن طیف قابل دسترس برای کاربران و ابداعات فنی که امکان استفاده مؤثرتر ازطیف فرکانسی را می دهند همگی دست به دست هم داده اند تا فن آوری بیسیم بعنوان یک گزینه کلیدی برای دسترسی به خدمات باند پهن مطرح شود.

۴-۲- مشخصه های بیسیم

شبکه های بی‌سیم از طیف فرکانسی رادیویی که اصولاً بعنوان محدوده فرکانسی ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز تعریف می گردند، استفاده می کنند. این محدوده فرکانسی بین صوت قابل شنیدن و نور مرئی قرار می گیرد. صوت قابل شنیدن متناسب با تغییرات در فشار هوا ارسال می گردد . جدول (۴-۱) کلاسهای باند پهن طیف فرکانسی را نشان می دهد .

جدول(۴-۱): باندهای فرکانسی عریض

	از	تا
صوت قابل شنیدن	3 KHz	20KHz
امواج رادیویی	300 KHz(RF)	300 GHz
امواج مادون قرمز	300 GHz	10^{14}Hz
نور مرئی	$\sim 8*10^{14}$Hz	$\sim 8*10^{14}$Hz
امواج ماوراء بنفش	10^{15} Hz	10^{17} Hz
اشعه X	10^{15} Hz	10^{22} Hz

۴-۴-۳- شبکه های محلی بیسیم

شبکه خانگی و تجاری بیسیم قدرتمند دوطرفه، شبکه محلی نام دارد و از حروف اختصاری WLAN[1] برای بیان آن استفاده می شود . یک شبکه محلی بیسیم می تواند منطقه‌ای به شعاع ۱۰۰ متر را تحت پوشش قرار داده و معمولاً بیش از ۲۰۰ دستگاه ارتباطی را به یکدیگر مرتبط نماید.

برخلاف شبکه های گسترده بیسیم که پرهزینه و نیاز به مجوز دارند، یک شبکه محلی بیسیم روی طیف بدون مجوز ارسال می شود. این شبکه بوسیله کامپیوترها ، ابزارهای ارتباطی دستی و برخی تلفنهای سلولی جدید مورد استفاده قرار می گیرد. شرکتهای تجاری نیز از فرستنده های محلی در داخل ساختمان استفاده می کنند. از دیگر مزایای شبکه بیسیم محلی، عرض باند گسترده و تنوع تجهیزات می باشد. ازطرفی سرعت ارسال داده ها در شبکه های محلی مگابیت برثانیه بوده در حالیکه درتلفنهای سلولی برحسب کیلوبیت برثانیه می باشد.

محبوبترین استاندارد، اترنت بیسیم(IEEE802.11b) با محدوده تحت پوشش ۱۰۰ متر می باشد و سرعت ارسال آن ۱۱مگابیت برثانیه است. این استاندارد روی طیف بدون مجوز ۲/۴ گیگاهرتز ارسال می شود. دستگاههای Bluetooth ، تلفن های بیسیم و شبکه های رادیویی خانگی نیز در این فرکانس عمل می کنند و می توانند سبب بروز تداخل گردند. شبکه‌های محلی بیسیم دارای مزایای عمده زیر هستند.

- ***قابلیت جابه‌جا پذیری*[۲]*:*** کاربران محلی شبکه‌های بیسیم در هر نقطه ای از شبکه، قادر به دسترسی به اطلاعات شبکه می‌باشند. طبیعی است این امکان در شبکه‌های با سیم دیده نمی‌شود.
- ***نصب سریع وآسان:*** نصب شبکه‌های محلی بیسیم به سرعت و به آسانی امکان پذیر است و برخلاف شبکه‌های محلی سیم دار نیاز به صرف وقت و هزینه برای کابل کشی نمی‌باشد.
- ***انعطاف پذیری در نصب*[۳]*:*** شبکه‌های محلی بیسیم به راحتی قابل گسترش می‌باشند و با انعطاف‌پذیری بالا می‌توان این نوع شبکه‌ها را پیاده سازی نمود.
- ***کاهش هزینه ها :*** هر چند تجهیزات مورد نیاز شبکه‌های محلی بیسیم به مراتب بیشتر از شبکه‌های محلی سیم دار است ولی هزینه نصب، نگه‌داری و توسعه این شبکه‌ها کمتر از شبکه‌های محلی سیم‌دار می‌باشد، بنابراین در دراز مدت هزینه این شبکه‌ها کمتر از شبکه‌های با سیم خواهد بود.
- ***مقیاس پذیری*[۴]*:*** شبکه‌های محلی بیسیم جهت ارضاء نمودن نیازهای موجود در شبکه، قادر به پیاده سازی با ساختار متنوعی می‌باشند. پیکره‌بندی این شبکه‌ها به راحتی قابل تغییر است و همچنین توسعه و گسترش آنها آسان می‌باشد.

برخی از کاربردهای مهم شبکه‌های محلی بیسیم به شرح زیراست:

---

[1] Wireless LAN
[۲] Mobility
[۳] Flexibility
[٤] Scalability

الف) در بیمارستانها، پزشکان و پرستارها با استفاده از یک کامپیوتر قابل حمل کیفی قادر به اتصال به شبکه‌های محلی بیسیم می‌باشند و بدین ترتیب در هر نقطه از بیمارستان و درهرلحظه می‌توانند از اطلاعات پزشکی موجود در شبکه استفاده نمایند.

ب) گروه های حسابداری و شرکت های مشاوره ای با استفاده از امکانات شبکه‌های محلی بیسیم با سرعت بالا قادر به انجام وظایف خود می‌باشند.

ج) دانشجویان دانشگاهها با استفاده از امکانات شبکه‌های محلی بیسیم در هر نقطه از دانشگاه قادر به ورود به شبکه اینترنت و همچنین استفاده از منابع کتابخانه می‌باشند.

د) مدیران شبکه‌های کامپیوترای در محیط‌های متغیر، با استفاده از شبکه‌های محلی بیسیم بالاسری مورد نیاز برای توسعه و تغییرات در شبکه‌های کامپیوترای را به شدت کاهش می‌دهند.

ه) سایت‌های آموزشی در سازمان های حرفه ای و همچنین دانشجویان دانشگاه ها با استفاده از شبکه‌های محلی بیسیم به راحتی قادر به دسترسی اطلاعات و مبادله اطلاعات و آموزش از راه دور می‌باشند.

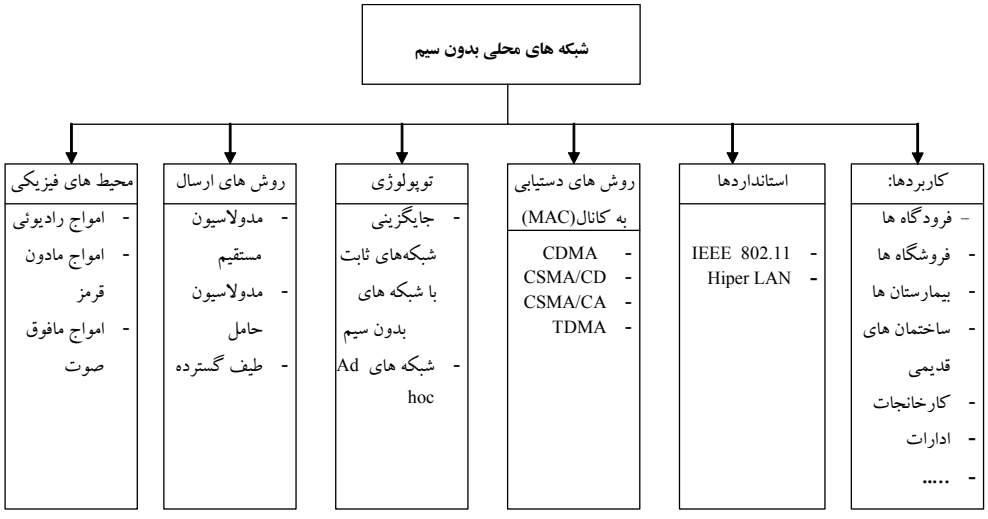
و) مدیران شبکه‌های کامپیوترای برای نصب شبکه‌های محلی کامپیوترای در ساختمان‌های قدیمی ومستهلک بدون نیاز به اعمال تغییرات در ساختمان ، قادر به نصب شبکه‌های محلی بیسیم می‌باشند .

ز) کارمندان شعبات مختلف اداره ها با نصب و پیکره‌بندی مناسب شبکه‌های محلی بیسیم، نیاز به سیستم اطلاعات مدیریت اطلاعاتی (MIS[1]) محلی ندارند؛ بلکه به راحتی قادر به استفاده از سیستم مدیریت اطلاعات شعبه مرکزی خود می‌باشند.

ن) کارگران انبارها و کارخانجات با استفاده از امکانات شبکه‌های محلی بیسیم، قادر به مبادله اطلاعات با بانک اطلاعاتی مرکزی خود می‌باشند و بدین وسیله بهره وری بیشتری قابل دست‌یابی می‌باشد .

ی) مقامات و مدیران اجرایی با استفاده از شبکه‌های محلی بیسیم در جلسات خود قادر به تصمیم‌گیری‌های سریع و فوری از طریق دستیابی به اطلاعات موجود در شبکه می‌باشند.

فنآوری ها و مسائل مختلف مربوط به شبکه های محلی بیسیم درشکل (۴-۵) نشان داده شده است.



شکل (۴-۵): فن‌آوری ها و مسائل وابسته به شبکه‌های محلی بیسیم

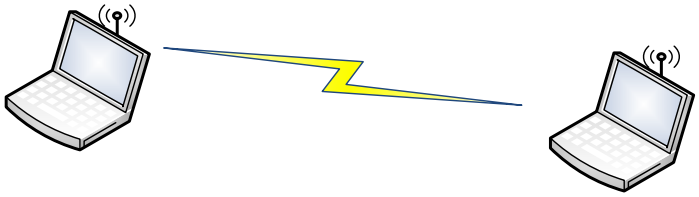
[1] Management Information System

۴-۴-۳-۱- عملکرد شبکه‌های محلی بیسیم

امروزه استفاده از امواج رادیویی در پیاده سازی شبکه‌های محلی بیسیم بر سایر روش‌های موجود ترجیح داده می‌شود. در این شبکه‌ها داده های ارسالی کاربران به‌صورت حامل‌های رادیویی ارسال می‌شوند و گیرنده به خوبی قادر به دریافت و تشخیص آنها می‌باشد. در سمت فرستنده، داده‌های دیجیتالی ارسالی به وسیله عملیات مدولاسیون به امواج رادیویی مناسب تبدیل می‌شوند و ارسال می‌گردند. چنانچه حاملهای بسامدی متفاوتی برای کاربر استفاده شود در این صورت هیچ گونه تداخلی بین امواج ارسالی دیده نخواهد شد. هر گیرنده برای دریافت اطلاعات خود از فیلتر خاصی استفاده می‌کندکه با کمک این فیلتر،داده های هر کاربر دریافت می‌شوند وسایر بسامدهای ورودی فیلتر می‌گردند. هریک از ایستگاه‌های موجود در شبکه‌های محلی بیسیم مجهز به فرستنده/ گیرنده رادیویی می‌باشدکه درحقیقت نقطه دسترسی کاربر به شبکه است. هر یک از نقاط دسترسی فوق قادر به پشتیبانی از چندین کاربرمی‌باشند. آنتن‌های متصل به نقاط دسترسی شبکه، معمولاً در ارتفاع بالایی نصب می‌شوند تا تمام کاربران قادربه دریافت و ارسال سیگنال‌های رادیویی باشند. کاربران انتهایی شبکه‌های محلی بیسیم از طریق آداپتورهای مخصوص که برروی کامپیوترهای شخصی قابل حمل نصب شده اند، به شبکه متصل می‌گردند. آداپتورهای فوق از طریق آنتن های مخصوص ارتباط کاربران را از طریق فرستنده/گیرنده به شبکه برقرار می‌سازند.

۴-۴-۳-۲- ساختار شبکه‌های محلی بیسیم

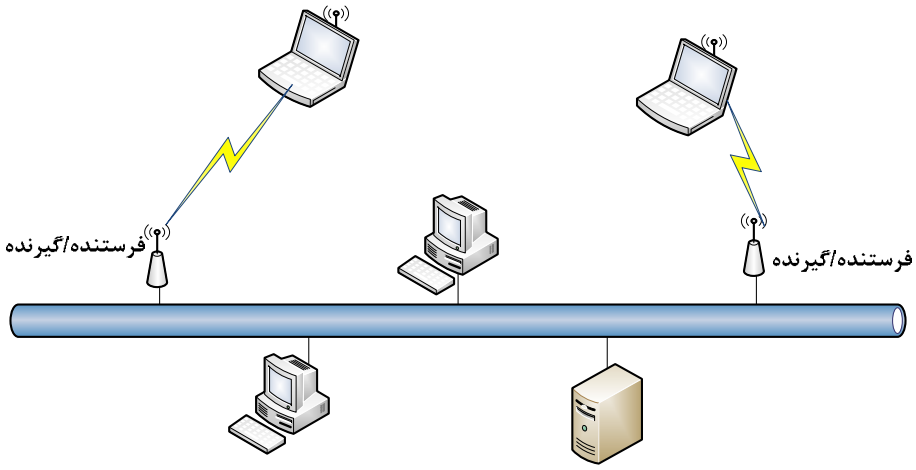
شبکه‌های محلی بیسیم به دو صورت ساده و پیچیده قابل پیاده سازی می‌باشند. در ساده ترین حالت چنانچه دو کامپیوتر مجهز به آداپتور رادیویی در فاصله معقولی از یکدیگر قرار داشته باشند، قادر به پیاده سازی شبکه بیسیم همتا به همتا می‌باشند. طبیعی است که چنین شبکه ای نیاز به مدیریت ندارد. هر کامپیوتر در حکم یک خدمات گیرنده شبکه است و قادر به استفاده از منابع خدمات گیرنده های دیگر می‌باشد، ولی امکان استفاده از منابع خدمات دهنده مرکزی را ندارد. در شکل (۴-۶)، نمونه ای از شبکه بیسیم همتا به همتا نشان داده شده است.



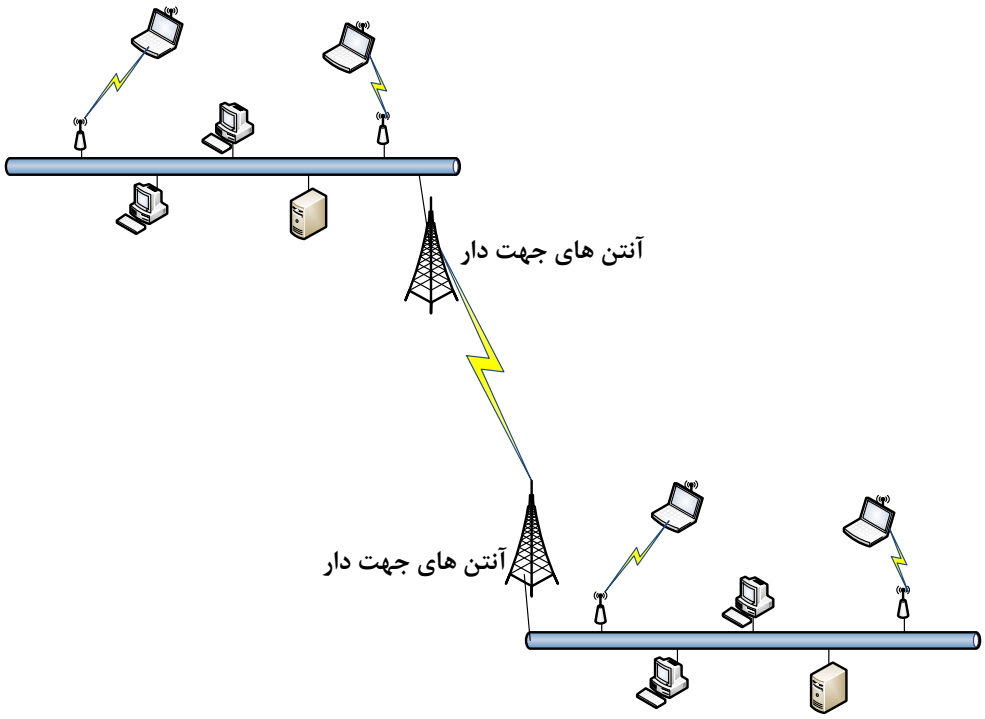
شکل (۴-۶): نمونه ای ازیک شبکه بیسیم همتا به همتا

با نصب یک فرستنده/گیرنده، محدوده فاصله بین کامپیوترها افزایش می یابد. هر فرستنده/گیرنده از طریق یک شبکه سیم دار به خدمات دهنده مرکزی متصل است. بنابراین در این حالت هر خدمات گیرنده شبکه، ضمن این‌که می‌تواند از منابع خدمات گیرنده دیگر استفاده کند، قادربه استفاده از منابع خدمات دهنده شبکه نیزمی‌باشد. هر فرستنده/گیرنده، قادر به خدمات دادن به ۱۵ الی ۵۰ خدمات گیرنده می‌باشد. فاصله هر خدمات گیرنده تا فرستنده/گیرنده حداکثر بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ فوت می‌باشد. بنابراین در شبکه‌های وسیع‌تر نیاز به چندین فرستنده/گیرنده می‌باشد. در شکل(۴-۷) نمونه ای از یک شبکه محلی بیسیم با استفاده از چندین فرستنده/گیرنده نشان داده شده است.

در طراحی شبکه‌های محلی بیسیم، باید امکان توسعه و افزودن فرستنده/گیرنده های بیشتر پیش بینی شده باشد. چنانچه بخواهیم دو شبکه محلی بیسیم را که در دو ساختمان مختلف و دور ازهم قرار دارند را به یکدیگر متصل نماییم، از آنتن های جهت‌دارکه به فرستنده/گیرنده شبکه متصل می‌شوند استفاده می‌گردد. در شکل(۴-۸) نمونه ای از اتصال دو شبکه محلی بیسیم با استفاده از آنتن‌های جهت‌دار آورده شده است.



شکل(۴-۷) : یک شبکه بیسیم با چندین فرستنده/گیرنده



شکل (۴-۸) : اتصال دو شبکه محلی بیسیم با استفاده از آنتن های جهت دار

۴-۴-۳-۱- فن‌آوری‌های شبکه‌های محلی بیسیم

برای پیاده سازی ارتباط بیسیم بین دونقطه، فن‌آوری های مختلفی ارائه شده است. هر یک از این فن‌آوری‌ها دارای مزایا و محدودیت های خاص خود می‌باشند. برخی از این فن‌آوری‌ها عبارتند از : استفاده از امواج رادیویی و مایکروویو ، استفاده از امواج مافوق صوت[1] و استفاده از سیگنال‌های نوری. در زیر به بررسی مختصر هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم.

امواج رادیویی

در فن‌آوري امواج راديويي ازدو روش باند باريك و طيف گسترده[2] استفاده مي‌شود. در سيستم‌هاي راديويي باند باريك، داده هاي كاربران بر روي باند بسامدي مشخصي ارسال و دريافت مي‌گردند. از آن‌جايي‌كه پناي باند تخصيص يافته در اين روش فقط به اندازه عبور اطلاعات مي‌باشد، بنابراين به اين روش باند باريك گفته مي‌شود. با هماهنگ ساختن دقيق كاربران در بسامدهاي مختلف، از وقوع تداخل بين كانال‌هاي مخابراتي جلوگيري مي‌شود. در سيستم‌هاي راديويي براي جلوگيري از وقوع تداخل، هر كاربر داراي يك فيلتر خاص مي‌باشد كه با كمك آن، اطلاعات ارسالي و دريافتي خود را از ساير‌ين جدا مي‌كند. از ديد كاربران، يكي از معايب عمده اين روش نياز به اخذ مجوز بسامدي براي پياده سازي شبكه‌هاي بي‌سيم مي‌باشد.

يكي ازمشكلات روش راديويي، تداخل امواج مي‌باشد. دراين شبكه‌ها، پهناى باند موجود به تعدادى زيرباند تقسيم مى‌شود. براى جلوگيرى ازتداخل، زيرباندهاى مجاور ازبسامدهاى متفاوت استفاده مى‌نمايند.

[1] Ultrasonic
[2] Spread spectrum