

## بلوتوث، گسترش سریع فناوری بی سیم

سید جواد اسیری سیدی	علی فتحی اسکوتی	حامد عیوض زاده چرندابی
دانشگاه جامع علمی-کاربردی	دانشگاه جامع علمی-کاربردی	دانشگاه جامع علمی-کاربردی
Javad.seyedy@gmail.com	Ali.fathi.o@gmail.com	hamed.eivazzadeh@gmail.com

**چکیده:** پیش از این اکثر وسایل ارتباطی مانند PC، PDA، موبایل، پرینتر و... از پروتکل های متفاوت و ناسازگار با یکدیگر استفاده می کردند و همین امر عدم ارتباط مناسب بین آنها را در پی داشت. به منظور رفع این مشکل ایده اولیه ایجاد یک استاندارد مشترک برای انواع وسایل ارتباطی شکل گرفت تا ارتباط میان آنها تحت یک پروتکل ثابت و مشخص برقرار شود. بلوتوث یک تکنولوژی بی سیم با برد کوتاه است که ارتباط بین دستگاه های الکتریکی از قبیل تلفن های همراه، پرینترها و لب تاپ ها را بدون سیم یا کابل برقرار می کند.

### کلمات کلیدی: ارتباطات بی سیم، BlueTooth

۱- **مقدمه:** بلوتوث استاندارد برای امواج رادیویی است که برای ارتباطات بی سیم وسایل الکترونیکی استفاده می شود این امواج برای فاصله های نزدیک استفاده می شوند و برای ارتباطات بی سیم تکنولوژی ارزانی محسوب می شوند بلوتوث ضمن برقراری یک زبان مشترک بین وسایل مختلف به آنها امکان می دهد که به آسانی با هم ارتباط برقرار کنند و بهم وصل شوند. هدف اصلی این سیستم عرضه سرویس ساده و کارآمدی برای کاربران تجاری و موبایل در شبکه کوچک، کوتاه برد و از طریق امواج رادیویی بود. خصوصیتی که لزوماً سیستم مورد نظر می بایست در بر میگرفت شامل موارد زیر بود:

- به کار بردن صدا و داده - بسیار کم هزینه - Open Standard - استفاده گسترده و جهانی - اندازه کوچک به منظور یکپارچه سازی همساز نسبت به تنوع دستگاهها و معرف جزئی در مقایسه با دستگاههایی مانند تلفن همراه، نوت بوک ها، پیجر و PDA.

فکر اولیه بلوتوث در شرکت موبایل اریکسون در سال ۱۹۹۴ شکل گرفت. اریکسون<sup>۱</sup> در آن زمان در حال ساخت یک ارتباط رادیویی کم مصرف، کم هزینه بین تلفن های همراه و یک گوشی بی سیم بود. کار مهندسی در سال ۱۹۹۵ شروع شد و فکر اولیه به فراتر از تلفنهای همراه و گوشی های آنها توسعه یافت تا شامل همه انواع وسایل همراه شود، با هدف ساخت شبکه های شخصی کوچک (PAN)<sup>۲</sup> از وسایل مختلف در طول این زمان، اریکسون نام "بلوتوث" (یک پادشاه دانمارکی) گرفت که بین سالهای ۹۴۰ و ۹۸۱ میلادی می زیست. شاه هارالد در دوره حکومت خود که یک وایکینگ بود - به طور صلح آمیز، دانمارک، سوئد جنوبی و نروژ شمالی را متحد کرد. این کار به او شهرت یک پادشاه ماهر در ارتباط و مذاکره را در تاریخ داد. برای اریکسون، اسم بلوتوث برای فناوری داده شده که امیدوار بود بتواند به طور صلح آمیز وسایل مختلف را متحد کند، مناسب بود. اریکسون می دانست که اگر فقط یک شرکت این استاندارد را حمایت کند هرگز موفق نخواهد شد. به همین منظور در سال ۱۹۹۸ چهار شرکت نوکیا، آی بی ام، توشیبا و اینتل هم

<sup>۱</sup> - Ericsson شرکت سوئدی در زمینه ارتباطات راه دور.

<sup>۲</sup> - Personal Area Network

به شرکت اریکسون پیوستند و گروه ویژه علاقه مند به بلوتوث ( $SIG^3$ ) شکل گرفت. حاصل این کار، فناوری اصلاح شده بلوتوث بود که کاربرد دستگاههای محاسبه سیار را در ارتباط با سایر وسایل ارتباطی و تجهیزات جنبی تجاری، بهبود بخشید، در اوایل دسامبر سال ۱۹۹۹ شرکت‌های تری کام، مایکروسافت و موتورولا به این فناوری دست یافتند و تشکیل گروه Bluetooth SIG را دادند. این شرکتها راهبران ارتباطات از راه دور، محاسبه و صنایع شبکه می باشند. در سال ۲۰۰۰، ۱۳۷۱ شرکت به SIG پیوستند [1]. قبل از اینکه یک کارخانه بتواند محصولی که از تکنولوژی بی سیم بلوتوث استفاده می کند وارد بازار کند باید جواز آن را از دو جهت دریافت کند. ابتدا محصول مورد نظر استانداردهایی لازم دارد که بتواند با دستگاههای دیگر که دارای تکنولوژی بی سیم بلوتوث هستند ارتباط برقرار کند. دیگر اینکه باید مجوزهای لازم برای این سیستم چه در کشور سازنده و چه در کشوری که محصول به فروش می رود مجوزهای قانونی آنها را دریافت کند.

**۲- نگاهی بر معماری بلوتوث:** بلوتوث دقیقاً به منظور ارائه یک تکنولوژی کم هزینه با توان و ظرفیت بالا طراحی شده است.

**۲-۱- خصوصیات بلوتوث :** سیستم بلوتوث از طیف رادیویی  $ISM^4$  با فرکانس  $2.45\text{ GHz } ISM^5$  برای ارتباطات خود استفاده می کند. سازندگان و طراحان این فرکانس را بدین لحاظ انتخاب کردند که در سراسر جهان به رایگان در دسترس است. بلوتوث برپایه خصوصیات زیر بنا شده است:

- محدوده اسمی مورد نیاز بلوتوث 10m در 0dBm تنظیم می شود و امکان تقویت شدن به وسیله تقویت کننده منبع خارجی را تا 100m در 20dBm+ را دارد.

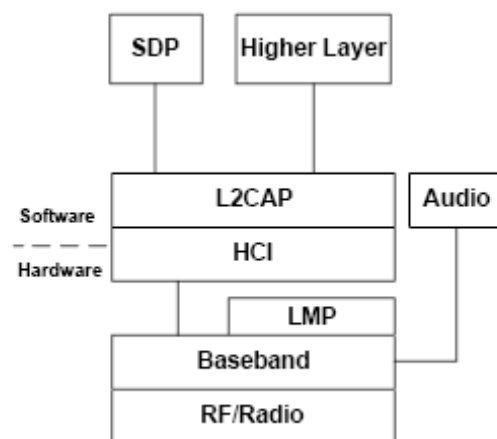
- بلوتوث از لحاظ نظری پهنای باند یک 1Ms/s را دارد، که حداکثر پهنای باند کانالهای موجود را به کار می برد.  
- این تکنولوژی از سیستم "Spread Spectrum Frequency Hopping" استفاده می کند، که سیگنال آن ۱۶۰۰ بار در ثانیه تغییر می کند که کمک بزرگی برای جلوگیری از تداخل ناخواسته و غیر مجاز است [2].

- پشتیبانی از UART، USB و واسطهای معمولی PCM  
- میان ارتباطات واحد، حداکثر نرخ انتقال داده 732.2 Kb/s یا کانالهای صوتی امکان پذیر است.  
- پشتیبانی از حالت ارتباط متقارن ( دو رشته ای )، نامتقارن و همچنین پشتیبانی از داده های غیر همزمان، همزمان ( همگام - ناهمگام)

- بسته های داده کوتاه هنگام تداخل، ظرفیت را افزایش می دهند.  
- تصدیق سریع، سربار کدگذاری کمتری برای ارتباطات با کیفیت مهیا می سازد.  
- کدگذاری صوتی CVSD، عملیات در نرخ بالای بیت خطا را مهیا می سازد.  
- انواع بسته های قابل انعطاف، محدوده کاربردی وسیعی را حمایت می کند.  
- منبع تغذیه خروجی سازگار، تداخل را به حداقل می رساند.  
- یک وسیله در یک لحظه با هفت دستگاه دیگر، توانایی برقراری ارتباط دارد.

**۲-۲ معماری پروتکل :** بلوتوث از دیدگاه OSI یک lower-layer مشخص شده است. شکل ۱ پروتکل اصلی بلوتوث را نشان می دهد. بخش های کلیدی آن، لایه رادیویی (RF)، باند پایه<sup>۶</sup>، لایه ارتباط ( شامل مدیر ارتباط و کنترل ارتباط منطقی و پروتکل سازگاری L2CAP ) می باشند. مطابق پیاده سازی سایر کاربردها نظیر انتقال فایل، صدا و WAP بلوتوث شامل لایه واسط سازگار می باشد.

<sup>3</sup> - Special Interest Group  
<sup>4</sup> - Industrial Scientific Medicine  
<sup>5</sup> - Industrial Scientific Medical  
<sup>6</sup> - Baseband



شکل ۱: نمای معماری بلوتوث

قسمت رادیو یا RF پایین ترین سطح معماری بلوتوث است که فرکانس باند، ترتیب کانال و مشخصات فرستنده و گیرنده را تعریف می کند. باند پایه این موارد را تعریف می کند. (ساختار پایه، کانالهای منطقی و فیزیکی و کانال کنترل). پروتکل مدیر ارتباط، LMP<sup>7</sup> برای تنظیمات و کنترل ارتباط استفاده می شود. توسط مدیر ارتباط در سمت گیرنده، سیگنالها تفسیر و فیلتر می شوند و به لایه های بالاتر اجازه راهیابی پیدا نمی کنند. RF باند پایه و LMP معمولاً در یک یا دو تراشه جهت تامین محیط سخت افزاری برای کاربردهای لایه بالاتر جای می گیرند. واسط این سخت افزار و نرم افزار، یکی از انواع معمول USB، UART و PCM است که شامل گروه واسط های کنترل کننده HCI<sup>8</sup> هستند تا برای استفاده جهانی مقبولیت داشته باشند [3]. L2CAP از پروتکل های سطح بالاتر، تقسیم بندی بسته ها و کیفیت حمل اطلاعات خدماتی حمایت می کند. علاوه بر این بلوتوث پروتکل های مهم دیگری را نظیر پروتکل SDP<sup>9</sup> که سرویس، صدا و برخی پروتکل های سازگاری ویژه بلوتوث (RFCOMM, IrDA, Telephony Control) را در بر دارد. موارد مذکور در قسمت کاربردهای بلوتوث توضیح داده خواهد شد.

### ۳- شبکه

۳-۱- **Piconet and Scatternet**: شبکه بلوتوث از ارتباطات نقطه به نقطه<sup>۱۰</sup> و یک نقطه با چند نقطه<sup>۱۱</sup> حمایت می کند. جهت اجرای این وظیفه به دو تعریف می پردازیم:

**Piconet**: دستگاههای بلوتوث که از همان فرکانس hopping channel and clock استفاده می کنند، piconet را تشکیل می دهند. در هر piconet، یک دستگاه بلوتوث مسئول برپایی ارتباطات، تصمیم گیری در مورد صف فرکانس hopping و همگام سازی شبکه می باشد. این دستگاه در اصطلاح Master نامیده می شود. دستگاههای دیگر نیز به این piconet به عنوان Slave وصل می شوند. در بخش بعدی توضیح Master, Slave را خواهیم داد.

**Scatternet**: دسته ای از piconet ها که شامل ارتباطات میان piconet های متفاوت است، scatternet نامیده می شود. میان دو piconet در یک scatternet حداقل یک دستگاه بلوتوث به عنوان پلی برای ارتباط دو piconet عمل می کند. هر piconet توسط فرکانس hopping channel متفاوت، دایر می شود. تمام کاربران که در همان piconet شرکت دارند، با این کانال به همگام می شوند. توپولوژی بهتر است که به عنوان ساختار چندگانه piconet توصیف شود. ارتباط

<sup>7</sup> - Link Manager Protocol

<sup>8</sup> - Host Controller Interface

<sup>9</sup> - Service Discovery Protocol

<sup>10</sup> - Point to Point

<sup>11</sup> - Point to Multipoint

واحد یک دستگاه می تواند سه کانال صوتی با 1Mb/s را فراهم کند. با استفاده از تکنولوژی scatternet امکان دستیابی به توان عملیاتی بیشتر در حدود ۲۰ کانال صوتی 10Mb/s در یک scatternet کاملاً توسعه یافته وجود دارد. این ساختار همچنین گسترش محدوده رادیویی را توسط واحدهای بلوتوث plug and play که نقش پلهایی را در مناطق استراتژیک ایفا می کنند، امکانپذیر می سازد[4].

**۳-۲- تعریف Master/Slave:** در شبکه بلوتوث تمامی واحدها، واحدهای مشابهی که با واسطهای نرم افزاری و سخت افزاری یکسان هستند به غیر از آدرس ۴۸ بیتی، وظایف Master/Slave موقتی هستند و فقط در طول ارتباط معتبر می باشند. Master: در آغاز یک ارتباط، واحد مقداردهی، موقتاً به عنوان master ایفای نقش می کند. عمل برپایی ارتباط و کنترل ترافیک تا حداکثر ۷ بخش در یک زمان به عهده master می باشد. Slave: دستگاههایی که به piconet مرتبط می شوند، توسط master مقداردهی می شوند و از زمان master استفاده میکنند. هر دو slave در یک piconet ارتباط مستقیم ندارند. Master ارتباطات میان آنها را تقویت می کند. در واقع تعداد دستگاهها در یک piconet، نامعین می باشند هرچند master فقط هفت دستگاه فعال در یک لحظه می تواند داشته باشد. ارتباط مجدد بلافاصله انجام می پذیرد بنابراین محدودیت عملی ارائه نمی کند[5].

**۴- Common Air Interface:** CAI<sup>12</sup> نقش مهمی در سیستم بلوتوث دارد. CAI در مورد کانالها، ساختار بسته ها و روشهای ارتباط و بخشهای کلیدی دیگر که قدرت و ظرفیت بالا را حتمی می سازند، تصمیم گیری می کند.

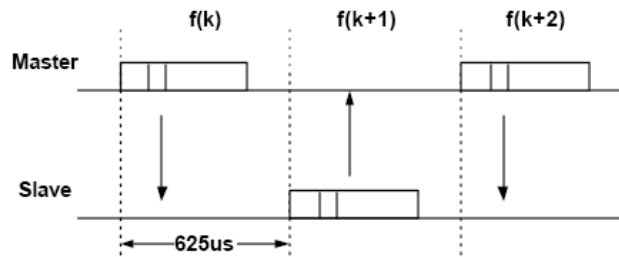
**۴-۱- تعریف کانال:** کانال توسط یک توالی hopping شبه تصادفی، در سراسر ۷۹ یا ۲۳ کانال RF عرضه می شود. توالی hopping به وسیله شناسه بلوتوث master معین می شود و برای piconet یکتا می باشد. بسته های داده پیاپی، با کانالهای بسته داده RF متفاوت در ارتباطند. نرخ بسته داده 1600hops/s می باشد. تمام واحدهای بلوتوث شرکت کننده در piconet بسته های همگام شده به کانال هستند. در جدول زیر کانالهای RF موجود در کشورهای مختلف مورد بررسی واقع شده است. کانال به شیاهای زمان (625 ms در طول) تقسیم شده و هر شیار با یک بسته داده در ارتباط است. شیاهای زمانی مطابق master piconet زمان بلوتوث شمرده میشوند. در شیاهای زمانی، master, slave قادر به انتقال بسته ها هستند. بسته آغازی با شکاف آغازی در یک ردیف قرار میگیرد. بسته هایی که توسط master یا slave انتقال داده می شوند، ممکن است تا ۵ شیار زمانی گسترش یابند. اگر بسته ای بیشتر از یک شیار زمانی را اشغال کند فرکانس بسته داده، به همان اندازه در طول بسته باقی خواهد ماند.

Countries	ISM Range Mhz)	RF Channels
USA, Europe and most other countries	2400–2483.5	2402+kMHz k=0,...,78
Spain	2445–2475	2449+kMHz k=0,...,22
France	2446.5–2483.5	2454+kMHz k=0,...,22

جدول ۱: باند فرکانس عملیاتی

طرح تقسیم زمانی دوسویه TDD<sup>13</sup> جایی که Master و Slave به طور متناوب منتقل می شوند، استفاده می شود. Master انتقال خود را فقط در شیاهای زمانی زوج آغاز می کند و Slave در شیاهای زمانی فرد. طول چهارچوب<sup>۱۴</sup> ۱,۲۵ms می باشد. (شکل ۲).

<sup>12</sup> Common Air Interface -  
<sup>13</sup> Time Division Duplex -  
<sup>14</sup> Frame -



شکل ۲: TDD Frame

#### ۴-۲- کانال منطقی و ارتباط فیزیکی : میان Master و Slave ها دو نوع مختلف ارتباط می تواند دایر شود :

(۱) پیوند مبتنی بر ارتباط همگام SCO<sup>۱۵</sup>

(۲) پیوند بدون ارتباط ناهمگام ACL<sup>۱۶</sup>

پیوند SCO از موارد زیر بهره می گیرد:

- مدار جایگزینی<sup>۱۷</sup>

- سرویسهای همگام و متقارن

- ذخیره شکاف در مدت ثابت

پیوند SCO، پیوندی دوسویه میان Master، Slave ویژه است. فواصل تعریف شده ۲، ۴، ۶ شکاف می باشد. این شکافها با پیوند SCO پرسرعت، پیوند SCO معمولی، پیوند SCO درجه ۳ در ارتباط می باشند.

انواع بسته های مرتبط در بخش ۳-۴ مورد بحث قرار می گیرند. پیوند SCO ارتباط مدار گزینی میان Master و Slave را فراهم می نماید، و معمولاً برای سرویسهای با محدودیت زمانی به کار می رود. پیوند SCO تنها از عملیات متقارن و دوسویه حمایت می کند. پیوند ACL از موارد زیر بهره می گیرد :

- گزینش بسته ای Packing switching

- سرویسهای متقارن، نامتقارن و ناهمگام

- طرح دستیابی نمونه برداری

هر شکاف Master توانایی برقراری ارتباط با یک Slave اختیاری را توسط زیر آدرس مناسب دارد. پیوند ACL همچنین از پیامهای رادیویی حمایت می کند. پیوند ACL، پیوندی است بدون ارتباط میان Master و Slave که در piconet شرکت دارد.

یک بسته ACL می تواند در هر ساختاری به غیر از ساختارهایی که برای پیوند SCO ذخیره شده انتقال پیدا کند. بسته به تعداد ساختارهای ذخیره شده برای پیوند SCO، پیوند ACL از نوع پرسرعت، معمولی و درجه سوم یا بدون ظرفیت می تواند باشد. زیر آدرس در بسته اصلی، Slave را معین می کند. تمام Slave های piconet بسته ای را که توسط Master به همراه آدرسهای MAC تمام صفر که بعنوان بسته رادیویی در نظر گرفته می شود، می پذیرند. بمنظور اجتناب از برخورد در کانال، طرح دستیابی نمونه برداری استفاده می شود. Slave تنها اجازه انتقال در Slave شکاف TX را دارد اما هنگامی که توسط MAC آدرس در Slave شکاف RX آدرس دهی شود پیوند ACL، ارتباط گزینش بسته ای را میان Master و تمامی Slave های شرکت کننده در piconet فراهم می آورد هر دو سرویس ناهمگام و همگام مورد حمایت هستند. بسته به استفاده کانال توسط پیوندهای SCO، پیوند ACL توانایی پشتیبانی از نرخ های متفاوت را از پرسرعت تا درجه سوم توسط فواصل مختلف مخابره، دارد. پیوند ACL از عملیات متقارن و نامتقارن حمایت می کند.

<sup>15</sup> Synchronous connection- oriented

<sup>16</sup> Asynchronous connection link

<sup>17</sup> Circuit Switching

در سیستم بلوتوث ۵ کانال منطقی تعریف شده است:

- کانال کنترل LC (کنترل پیوند)<sup>۱۸</sup>
- کانال کنترل LM (مدیر پیوند)<sup>۱۹</sup>
- کانال کاربر UA (داده ناهمگام کاربر)<sup>۲۰</sup>
- کانال کاربر UA (داده متوازن کاربر)<sup>۲۱</sup>
- کانال کاربر US (داده همزمان کاربر)<sup>۲۲</sup>

کانال LC در بسته اصلی ترسیم شده است. کانال US تنها در بسته های SCO می تواند ترسیم شود. تمام کانالهای دیگر در بسته های ACL و یا احتمالا در بسته SCO DV جای می گیرند. کانالهای LM – UA – UI ممکن است در کانال US ایجاد وقفه کنند اگر در بر گیرنده اطلاعات با اولویت باشد.

۴-۳- تعریف بسته : بسته به ۳ بخش تقسیم می شود (شکل ۳)، کد دستیابی ۷۲ بیتی – header ۵۴ بیتی – payload با طول متغیر (۳۴۲-۲ bytes). بسته توسط کد کانال دستیابی ۷۲ بیتی آغاز می شود. این کد دستیابی بمنظور همگام سازی، جبران افست DC و شناسایی به کار برده می شود. کد دستیابی، تمام بسته های مبادله شده در کانال piconet را مشخص می کند. بسته های فرستاده شده در همان piconet توسط کد دستیابی کانال مقدم هستند.



شکل ۳ : فرمت استاندارد بسته

دریافت کننده واحد بلوتوث، یک رابط لغزان است که بر خلاف کد دستیابی مرتبط می شود و هنگامی که از آستانه معین، فراتر رفت، اقدام به trigger می کند. این سیگنال راه انداز<sup>۲۳</sup> برای راه اندازی تمام سیگنالهای پردازش دریافت کننده، استفاده می شود. بعلاوه جهت ثابت نگه داشتن تنظیم وقت دریافت، کاربرد دارد. رابط در طول مدت جستجو، همواره فعال باقی می ماند. هنگامی که رابط جدید که از رابط قبلی بزرگتر است، دریافت می شود، دریافت کننده مجدداً trigger و Reset می شود. کد دستیابی کانال، شامل پیش تقویت کننده، یک کلمه همگام و یک trailer می باشد. پیش تقویت کننده و trailer الگوهای بیتی هستند. کلمه همگام برای piconet کلمه ای انحصاری است و از بخش پایینی آدرس شناسایی (LAP<sup>۲۴</sup>) piconet master، استخراج می شود. header شامل اطلاعات کنترل پیوند سطح پایین است و از ۶ بخش تشکیل شده است:

- زیر آدرس ۳ بیتی (M-ADDR)
- بسته ۴ بیتی (TYPE)
- بیت کنترل سرریزی ۱ بیتی (FLOW)
- نشانه تصدیق ۱ بیتی (ARQN)
- شماره توالی ۱ بیتی (SEQN)
- بررسی خطای header ۸ بیتی (HEC)

<sup>18</sup> Link Control

<sup>19</sup> Link Manager

<sup>20</sup> User Asynchronous Data

<sup>21</sup> User Isonchronous Data

<sup>22</sup> User synchronous Data

<sup>23</sup> trigger

<sup>24</sup> lower address part

اطلاعات header کل شامل ۱۸ بیت است.

Payload، اطلاعات کاربر واقعی و اطلاعات کنترل جهت سطوح بالاتر را شامل می شود.

**۴-۴-۴- انواع بسته ها:** در سیستم بلوتوث، داده ها از طریق بسته ها مخابره می شوند. هر بسته، ۱، ۳ یا ۵ شکاف زمانی را می تواند اشغال کند. تاکنون دو پیوند فیزیکی تعریف شده: (۱) پیوند SCO (۲) پیوند ACL برای هر کدام از این پیوندها، ۱۲ نوع مختلف بسته می تواند تعریف شود. ۴ بسته کنترل برای انواع پیوندها مشترک می باشد. که TYPE آنها صرفنظر از نوع پیوند یکتا می باشد.

#### ۴-۴-۱- بسته های اشتراکی :

ID : بسته های ID طول ثابت ۶۸ بیتی دارند و فاقد trailer هستند.

Null : بسته های Null فاقد payload است. در نتیجه طول ثابت ۱۲۶ بیتی دارد که شامل کد دستیابی کانال و بسته header می باشد. بسته Null جهت ارجاع اطلاعات پیوند به منبع، با توجه به انتقال موفقیت آمیز قبلی (ARQN) و یا موقعیت بافر RX (FLOW) استفاده می گردد.

Poll : این بسته نیز فاقد payload است. این بسته می تواند توسط Master در یک piconet استفاده شود.

FHS : بسته FHS، بسته کنترلی ویژه ای است. Payload شامل ۱۴۴ بیت اطلاعاتی به همراه کد CRC ۱۶ بیتی است. DMI : این بسته بسیار مهم و ویژه است هم می تواند بعنوان بخشی از بسته های اشتراکی به منظور حمایت پیامهای کنترلی در هر نوعی از پیوند ایفای نقش کند و هم توانایی حمل داده های منظم کاربر را به عنوان بسته های ACL دارد.

**۴-۴-۲- بسته های ACL :** این بسته ها در پیوندهای ناهمگام به کار می روند. اطلاعات مخابره شده ممکن است داده کاربر و یا داده کنترلی باشد و همچنین ۱، ۳ و ۵ شکاف زمانی را می توانند اشغال کنند. به ضمیمه بسته DM1، هفت بسته ACL تعریف شده است:

DM1 – DH1 – DM3 – DH3 – DM5 – DH5 – AUX1

DM خواهان داده با نرخ سرعت متوسط با الگوی FEC ۲/۳ در payload و DH خواهان داده با نرخ سرعت بالا بدون الگوی FEC است. ۶ بسته ACL شامل کد CRC است و مخابره مجدد زمانی کاربرد دارد که تصدیق پذیرش مناسب دریافت نشود. بسته AUX1 کد CRC ندارد و مخابره مجدد در آن صورت نمی گیرد. DM1 و DH1 متقارن هستند و به ترتیب شامل ۱۷ و ۲۷ بایت اطلاعات کاربر می باشند. DM3، DH3، DM5، DH5 می توانند متقارن یا نامتقارن باشند. در نوع DH5 توانایی دریافت ۷۲۳،۲ kb/s در پیوند را دارا می باشد. در بسته DMX که از الگوی FEC ۲/۳ استفاده می کند، اطلاعات به همراه بیتهای CRC با نرخ FEC ۲/۳ کدگذاری میشوند. در این روش ۵ بیت توازن<sup>۲۵</sup> برای هر ۱۰ بیت سگمنت اضافه می شود. در صورت نیاز، صفرهای اضافی به بیتهای CRC افزوده می شود تا مجموع ارقام بیتها (بیتهای اطلاعات – بیتهای CRC و بیتهای tail) به دست بیاید.

**۴-۴-۳- بسته های SCO :** این بسته ها در پیوند SCO همگام به کار می روند. کدهای CRC ندارند و هیچگاه مخابره مجدد نمی شوند. بسته های SCO معمولاً برای مخابره گفتار ۶۴ kb/s استفاده می شوند و تنها یک شکاف زمانی را اشغال می کنند. تاکنون سه نوع از این بسته تعریف شده است: HV1 – HV2 – HV3.

HV خواهان صدای باکیفیت است. تفاوت این بسته ها در این است که بسته باید در شکافهای زمانی مختلف فرستاده شود : (HV3) ۶ یا (HV2) ۴، (HV1) ۲ header payload وجود ندارد.

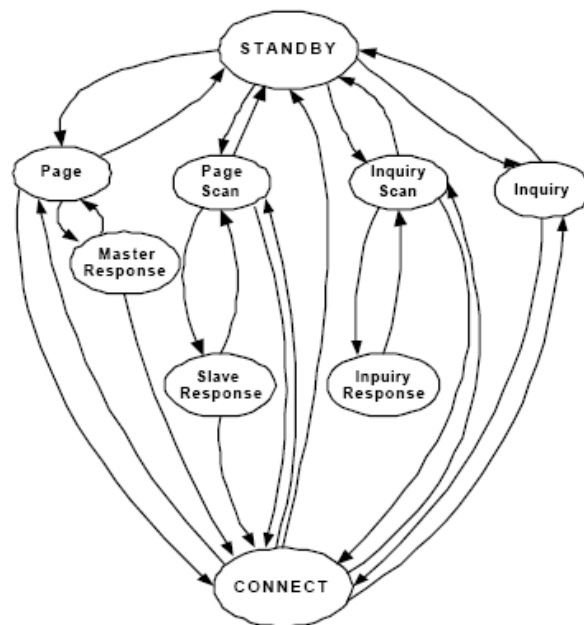
بسته HV1 ۱۰ بیت اطلاعاتی را حمل می کند و با نرخ FEC ۱/۳ محافظت می شود.

بسته HV2 ۲۰ بیت اطلاعاتی را حمل می کند و با نرخ FEC ۱/۳ محافظت می شود.

بسته HV3 ۳۰ بیت اطلاعاتی را حمل می کند و توسط FEC محافظت نمی شود.

بسته DV، بسته ای مرکب از صدا و داده می باشد. Payload به دو بخش داده ۸۰ بیتی و صدای ۱۵۰ بیتی تقسیم شده است. بخش صدا توسط FEC محافظت نمی شود. بخش داده شامل ۱۰ بایت اطلاعاتی ( به ضمیمه ۱ بایت payload header ) و ۱۶ CRC بیتی می باشد. این بخش با نرخ FEC ۲/۳ رمزگذاری می شود. بخش داده و صدا کاملاً جداگانه عمل می کنند. بخش صدا مانند داده SCO معمولی به کار گرفته می شود و هرگز مخابره مجدد نمی شود. ولی بخش داده، خطاها را بررسی کرده و در صورت نیاز مخابره مجدد می شود.

**۴-۵- وضعیتهای بلوتوث :** چندین حالت عملیات در واحدهای بلوتوث جهت حمایت، دایر نمودن کانال piconet و افزودن و آزاد نمودن واحدها از piconet، وجود دارد. شکل ۴ نمودار حالتی است که بیان کننده حالت‌های متفاوتی که در بلوتوث به کار گرفته می شود، است.

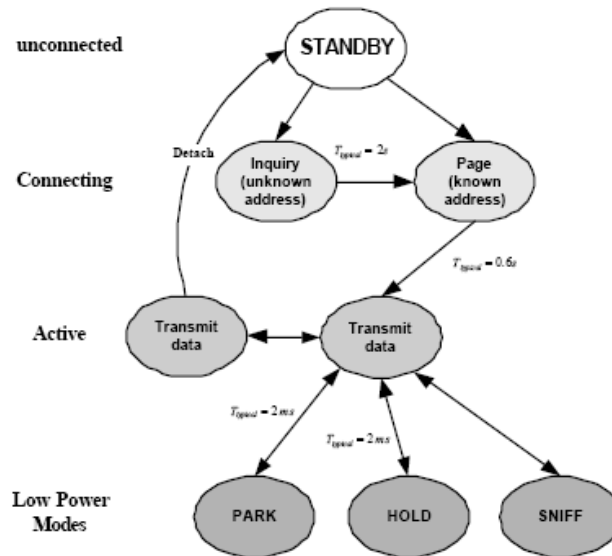


شکل ۴ : State diagram of Bluetooth

دو حالت عمده وجود دارد: STANDBY و CONNECTION. به علاوه ۷ زیر حالت وجود دارد [5] که عبارتند از :  
 page-page scan-inquiry-inquiry scan-master response-slave response-inquiry response  
 این زیر حالتها موقتی می باشند و برای افزودن Slave ها به piconet استفاده می شوند. جهت حرکت از حالتی به حالت دیگر، فرمانها از مدیر بلوتوث به کار گرفته می شوند و یا سیگنالهای داخلی در کنترل کننده پیوند به کار می افتند. در بلوتوث زمانی که یک دستگاه Slave در حالت CONNECT قرار دارد و اگر داده ای برای مخابره کردن وجود نداشته باشد، واحدها در مد HOLD باقی می مانند و فقط زمان سنج داخلی در حال اجرا می باشد. هنگامی که واحدها از مد HOLD خارج شدند مخابره داده بلافاصله آغاز خواهد شد. در طول مد HOLD، واحد Slave، آدرس اعضای فعال خود را نگه می دارد. (AM – ADDR) ممکن است واحدها بدون مخابره داده در یک حد ضعیف در ارتباط باقی بمانند. معمولاً HOLD هنگام اتصال چندین piconet کاربرد دارد. همچنین برای واحدهایی که داده ها نیاز به مخابره کم دارند و معرف کمتر حائز اهمیت می باشد. حالت دیگر، مد SNIFF است که حالت کم مصرف می باشد. در این حالت Master در شکافهای زمانی خاص که به اصطلاح sniff نامیده می شود، اقدام به مخابره می کند. همانطور که در بخش ۳-۲ ذکر شد، تعداد دستگاهها در یک piconet محدود می باشد. دلیل این امر حالت PARK می باشد. هنگامی که Slave نیازی به شرکت در کانال piconet ندارد اما همچنان خواستار باقیماندن همگام در کانال است، می تواند در حالت PARK که وضعیت کم مصرف با فعالیت بسیار کم در Slave است، داخل شود.



شکل ۵ فلوجارت پردازش ارتباط و مدت زمان عمل را نشان می دهد. زمان مابین دو حالت PARK و CONNECT بقدری کم است که اجازه ارتباط یک Master را با بیشتر از هفت Slave در piconet می دهد.



شکل ۵: connection procedure and typical time

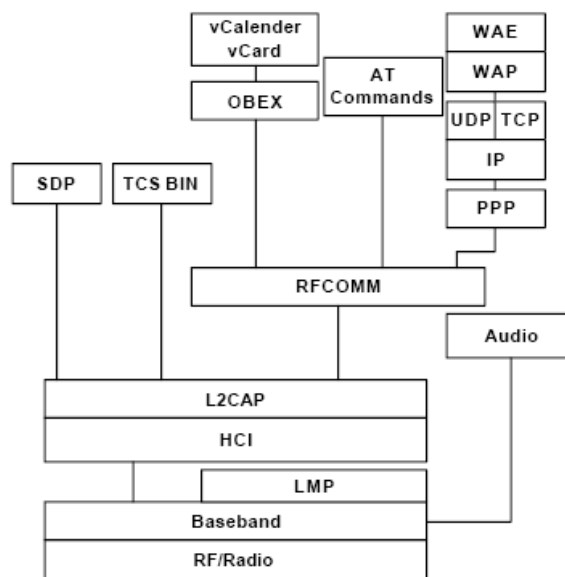
۴-۶- بخشهای کلیدی دیگر: علاوه بر بخشهایی که مطرح شده چند بخش کلیدی دیگر نظیر تصحیح خطا، رمزگذاری گفتار، clock و power در بلوتوث وجود دارد. سه تکنیک اصلاح خطا برای شبکه های بلوتوث معرفی شده است: دو حالت کد اصلاح خطای مستقیم (FEC) و درخواست تکرار اتوماتیک (ARQ). روش های FEC طوری برنامه ریزی شده اند تا تعداد ارسال های مجدد را کاهش دهند. امنیت سیستم از سه طریق انجام می شود: جهش های فرکانسی تصادفی تکرار شونده، استفاده از کدهای خاص برای تعیین صحت اطلاعات و روش رمز نگاری. جهش های فرکانسی، استراق سمع را برای هر کسی مشکل می کند. در این روش فرکانس ارتباطی بین دو دستگاه براساس الگوی توافقی بین خودشان در محدوده فرکانس مجاز ۱۶۰۰ بار در ثانیه، عوض می شود تا علاوه بر اینکه نویز کمتری در ارتباطات ایجاد شود، دست یافتن به اطلاعات واقعی رد و بدل شده برای هکرها هم دشوار شود. روش تعیین صحت به کاربر اجازه می دهد تا اتصال را تنها با دستگاه هایی که تعیین شده است کنترل کند. روش رمز گذاری از یک کلید رمزی با طول ۶۴ بیت استفاده می کند.

۵- مشاهده کاربردهای بلوتوث: گروه SIG، خصوصیات بلوتوث را توسعه داده است که اجازه گسترش سرویسهای تعاملی و پروتکل های ارتباطات داده را می دهد. در بخش ۲-۲ پروتکل های سیستم بلوتوث مطرح گردید. اما در اینجا پروتکلها را به دو گروه تقسیم بندی می کنیم :

۱) پروتکل های ویژه بلوتوث نظیر: RF – Baseband – LMP – L2CAP

۲) پروتکل های غیر ویژه بلوتوث نظیر: RFCOMM – OBEX(Object Exchange protocol) – WAP(Wireless Application Protocol)

شکل ۶ پشته پروتکل بلوتوث را نشان می دهد. کاربردهای متفاوت یک یا چند برش عمودی از پشته پروتکل را مرور می کنند.



شکل ۶: Bluetooth Protocol Stack

۶- نتیجه گیری: بلوتوث سیستمی جهت فراهم نمودن ارتباطات بی سیم محلی میان دستگاههای قابل حمل است و مخصوصا جهت شبکه های تک منظوره مناسب است. واسط جریان هوا به منظور تامین حداکثر فعالیت علیه تداخل در باند 2.4GHz ISM بهینه سازی شده است. این استاندارد روشی است که وسایل مجهز به تراشه های بلوتوث به طور خودکار یکدیگر را تشخیص می دهند، ارتباط برقرار می کنند و داده ها را به دستور شما یا بدون دخالت شما انتقال می دهند. در خصوصیات بلوتوث یک ارتباط رادیویی با برد کوتاه تعریف شده است. این استاندارد هم چنین یک برد متوسط ۱۰۰ متری را تعریف کرده است، اما به ندرت به کار می رود، چون به توان الکتریکی و هزینه بیشتری نیاز دارد. هر وسیله بلوتوث حاوی یک تراشه فرستنده / گیرنده مربعی ۴ سانتیمتری است که در باند فرکانس رادیویی ISM ۲/۴۰ گیگاهرتز تا ۲/۴۸ گیگاهرتز عمل می کند. باند ISM به ۷۹ کانال تقسیم می شود که هر کدام پهنای باند یک مگاهرتزی دارند که این باند رایگان است.

۷- تشکر و قدردانی: در اینجا لازم است از راهنمائیهای دلسوزانه استاد عزیزمان آقای مهندس غفاری در انجام این تحقیق سپاس و قدردانی گردد.

#### ۸- منابع:

- 1- <http://www.bluetooth.com>
- 2- Specification of the Bluetooth System V1.0B -Profiles, December 1st. 1999
- 3- Riku Mettala, 'Bluetooth Protocol Architecture', Bluetooth WHITE PAPER, August 25th. 99
- 4- <http://www.iritn.com/?action=show&type=news&id=7706>
- 5- Specification of the Bluetooth System V1.0B -Core, December 1st. 1999