



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

عنوان:

# گزارش پروتکل SATA

نویسنده:

پوريا غفوري

نام درس

مدارهای واسط

نام استاد درس

دکتر امين فصحتي

نیم سال اول ۱۴۰۳-۱۴۰۴

# فهرست مطالب

۳	۱ مقدمه
۳	۱-۱ SATA چیست؟
۳	۲-۱ چرا SATA استفاده می‌شود؟
۴	۳-۱ کاربرد
۴	۲ تکامل و نسخه‌های مختلف SATA
۴	۱-۲ نسل اول: SATA 1.0 - ۲۰۰۳
۵	۲-۲ نسل دوم: SATA 2.0 - ۲۰۰۴
۵	۳-۲ نسل سوم: SATA 3.0 - ۲۰۰۴
۵	۴-۲ بهینه‌سازی‌های بعدی: SATA 3.1 - 3.5 - ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰
۶	۱-۴-۲ SATA 3.1 - ۲۰۱۱
۶	۲-۴-۲ SATA 3.2 - ۲۰۱۳
۶	۳-۴-۲ SATA 3.3 - ۲۰۱۶
۶	۴-۴-۲ SATA 3.4 - ۲۰۱۸
۶	۵-۴-۲ SATA 3.5 - ۲۰۲۰
۷	۵-۲ جمع‌بندی
۷	۳ لایه‌های پروتکل SATA
۸	۱-۳ لایه فیزیکی
۸	۱-۱-۳ سیگنال‌های تفاضلی
۹	۲-۱-۳ کدگذاری 8b/10b
۹	۳-۱-۳ اتصال نقطه به نقطه
۹	۲-۳ لایه لینک
۹	۱-۲-۳ فریم‌بندی

۹	کنترل جریان	۲-۲-۳
۱۰	اولیه سازی ارتباط	۳-۲-۳
۱۰	لایه انتقال	۳-۳
۱۰	ساختار header در FIS	۱-۳-۳
۱۱	Register Host to Device FIS (27h)	۲-۳-۳
۱۱	Register Device to Host FIS (34h)	۳-۳-۳
۱۱	DMA Activate FIS (39h)	۴-۳-۳
۱۱	DMA Setup FIS (41h)	۵-۳-۳
۱۱	Data FIS (46h)	۶-۳-۳
۱۲	PIO Setup FIS (5Fh)	۷-۳-۳
۱۲	Set Device Bits FIS (A1h)	۸-۳-۳
۱۲	Native Command Queueing (NCQ)	۹-۳-۳
۱۳	لایه کاربردی	۴-۳
۱۳	دستورات ATA/ATAPI	۱-۴-۳
۱۴	مدیریت بلوک داده	۲-۴-۳
۱۴	پشتیبانی TRIM در SSD	۳-۴-۳
۱۴	گزارش دهی S.M.A.R.T	۴-۴-۳
۱۴	هماهنگی میان لایه ها	۴
۱۵	جمع بندی	۵
۱۶	منابع	۶

## ۱ مقدمه

در این مستند، به تحلیل جامع پروتکل SATA (Serial Advanced Technology Attachment) به عنوان یکی از استانداردهای کلیدی در حوزه انتقال داده بین سیستم‌های کامپیوتری و دستگاه‌های ذخیره‌سازی می‌پردازیم.

### ۱-۱ SATA چیست؟

Serial ATA (SATA) یک واسطه سریالی بسیار سریع است که جایگزین بهینه‌شده‌ی نسخه Parallel ATA (PATA) محسوب می‌شود و دستگاه‌های حافظه مانند دیسک‌های سخت یا SSD را به کامپیوتر متصل می‌کند.

### ۱-۲ چرا SATA استفاده می‌شود؟

پروتکل SATA به صورت گسترده در سیستم‌های امروزی استفاده می‌شود که از دلایل آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **سرعت انتقال داده بالا:** سرعت این پروتکل برای انتقال داده نسبت به PATA بسیار بیشتر است. (به طور مثال سرعت انتقال داده در PATA حدوداً 1 Gb/s و در پروتکل SATA 3.0 برابر با 6 Gb/s است.)

- **کاهش تاخیر:** معماری سریال SATA نسبت به PATA تاخیر کمتری در انتقال داده ایجاد می‌کند، به ویژه در کاربردهایی که تاخیر از اهمیت بالایی برخوردار است مانند اجرای سیستم‌های عامل یا بارگذاری بازی‌های ویدیویی

- **Hot plugging:** این پروتکل از قابلیت Hot plugging پشتیبانی می‌کند. یعنی زمانی که سیستم روشن است و کار می‌کند، ما می‌توانیم دستگاه‌های را به آن متصل یا از آن جدا کنیم که این ویژگی در سرورها و مراکز داده بسیار حیاتی و مهم است.

- **ساده‌سازی کابل‌کشی و طراحی فیزیکی:** این پروتکل از کابل‌هایی استفاده می‌کند که ۷ پین دارند که نسبت به کابل‌های ۴۰ تا ۸۰ پین پروتکل PATA بهینه‌تر شده است. همچنین سیم‌های آن نسبت به PATA نازک‌تر شده و انعطاف‌پذیری بیشتری دارد که این باعث می‌شود که سیم‌کشی مدار راحت‌تر شده و از پیچیدگی مدار بکاهد و همچنین اثر نویز Cross Talk را نیز کاهش می‌دهد.

- مصرف توان کمتر: این پروتکل نسبت به باقی پروتکل‌ها مصرف توان بسیار کمتری دارد و همچنین از رویکردهایی در لایه‌های مختلف خود (مانند رویکرد AHCI) بهره می‌برد تا این مصرف را تا حد امکان کاهش دهد.

## ۳-۱ کاربرد

این پروتکل در اکثر سیستم‌های امروزی برای اتصال میان دستگاه‌های حافظه و Motherboard استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای آن در کامپیوترهای شخصی و لپ‌تاپ‌ها، مراکز داده و سرورهایی که نیاز به انتقال سریع داده دارند و سیستم‌های نهفته که به توان مصرفی پایین و کارایی بالا نیاز دارند، می‌توان اشاره کرد.

## ۲ تکامل و نسخه‌های مختلف SATA

پروتکل SATA از زمان معرفی در سال ۲۰۰۰ تا کنون، تحولات چشمگیری را تجربه کرده است. این استاندارد به عنوان جایگزینی برای PATA طراحی شد و با بهبود سرعت، کارایی و قابلیت اطمینان، به یکی از پایه‌های اصلی ذخیره‌سازی دیجیتال تبدیل شد. در این بخش، نسخه‌های مختلف SATA و ویژگی‌های کلیدی هر یک را بررسی می‌کنیم.

### ۱-۲ نسل اول: SATA 1.0 - ۲۰۰۳

اولین نسخه رسمی SATA در سال ۲۰۰۳ معرفی شد و نقطه عطفی در انتقال داده بین دستگاه‌های ذخیره‌سازی داده و Motherboard بود. این نسخه با تغییر از معماری موازی به سریال، انقلابی در صنعت ایجاد کرد. در رابط موازی (PATA)، داده‌ها به صورت همزمان از طریق چندین مسیر ارسال می‌شدند که باعث ایجاد نویز الکترومغناطیسی و محدودیت در طول کابل می‌شد. اما SATA با انتقال سریال، داده‌ها را به صورت دنباله‌ای و از طریق یک مسیر ارسال می‌کرد. این تغییر نه تنها نویز را کاهش داد، بلکه اجازه داده تا کابل‌ها نازک‌تر و بلندتر باشند.

سرعت انتقال داده در این نسخه به ۵.۱ گیگابیت بر ثانیه رسید که نسبت به PATA که حدود ۱ گیگابیت بر ثانیه است، بهبود پیدا کرده بود. یکی از ویژگی‌های مهم SATA I پشتیبانی از صف‌بندی دستورات بومی<sup>۱</sup> بود. این فناوری به حافظه اجازه می‌داد تا دستورات خواندن/نوشتن را بهینه‌سازی کند و با کاهش حرکت

<sup>۱</sup>Native Command Queue (NCQ)

اشاره‌گر دیسک، تاخیر را کاهش و کارایی را افزایش دهد.

## ۲-۲ نسل دوم: SATA 2.0 - ۲۰۰۴

نسخه دوم این پروتکل با نام SATA II تنها یک سال پس از معرفی نسخه اول آن عرضه شد. مهم‌ترین بهبود این نسخه، افزایش سرعت انتقال آن به ۳ گیگابایت بر صانیه بود. این افزایش سرعت پاسخگوی نیاز هارد دیسک‌های پرسرعت و نخستین نسل از درایورهای حالت جامد<sup>۲</sup> بود که در حال ورود به بازار بودند. یکی از قابلیت‌های کلیدی این نسخه، معرفی Port Multiplier بود. این فناوری امکان اتصال تعداد بیشتر دستگاه‌های ذخیره‌سازی را فراهم می‌کرد و برای محیط‌های سروری و سیستم‌های با نیاز به ذخیره‌سازی گسترده بسیار مفید بود.

همچنین قابلیت Hot-Plug نیز از این نسخه به SATA اضافه شد که به کاربران اجازه می‌داد تا بدون نیاز به خاموش کردن سیستم، درایوها را جدا یا وصل کنند که این ویژگی بسیار حیاتی‌ای برای سرورها و مراکز داده محسوب می‌شد.

## ۳-۲ نسل سوم: SATA 3.0 - ۲۰۰۴

با گسترش استفاده از SSD و نیاز به پهنای باند بیشتر، SATA III در سال ۲۰۰۹ معرفی شد. سرعت انتقال در این نسخه به ۶ گیگابایت بر صانیه افزایش یافت که دو برابر نسل قبلی خود بود. این بهبود برای SSDهایی که به سرعت در حال پیشرفت بودند بسیار ضروری بود.

یکی از ویژگی‌های مهم این نسخه، بهینه‌سازی و نهایی کردن NCQ بود. در این نسخه دستورات مدیریتی جدیدی به NCQ اضافه شد تا بهینه‌سازی دسترسی به داده‌ها را بهبود بخشد. همچنین دستور TRIM برای اولین بار در این نسخه پشتیبانی شد. این دستور به طور خلاصه، به SSD اطلاع می‌داد که کدام بلوک‌های داده دیگر استفاده نمی‌شوند تا پیش از نوشتن داده‌های جدید، آن‌ها را پاک کند. این کار باعث افزایش سرعت و طول عمر SSDها می‌شد.

با وجود افزایش سرعت و بهینه‌سازی‌هایی که در این نسخه انجام شد، اما SATA III نیز به طور کامل پاسخگوی سرعت SSDهای مدرن که از رابط‌های مبتنی بر PCIe استفاده می‌کردند، نبود.

## ۴-۲ بهینه‌سازی‌های بعدی: SATA 3.1 - 3.5 - ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

پس از SATA III، نسخه‌های ۱.۳ تا ۵.۳ عمدتاً بر بهبود کارایی، مدیریت انرژی و امنیت تمرکز داشتند.

<sup>۲</sup>Solid-State Disk (SSD)

#### ۲-۴-۱ SATA 3.1 - ۲۰۱۱

این نسخه (Mini-SATA) mSATA را معرفی کرد که یک مدل کوچک برای دستگاه‌هایی مانند لپ‌تاپ‌ها و تبلت‌ها بود. همچنین، پشتیبانی از USB 3.0 در کنترلرهای هیبریدی اضافه شد تا انتقال داده از طریق پورت USB بهبود یابد.

#### ۲-۴-۲ SATA 3.2 - ۲۰۱۳

در این نسخه از SATA Express معرفی شد که ترکیبی از SATA III و PCIe بود و سرعت انتقال را تا ۱۶ گیگابیت بر ثانیه افزایش می‌داد.

#### ۲-۴-۳ SATA 3.3 - ۲۰۱۶

در این نسخه پشتیبانی از قابلیت Shingled Magnetic Recording (SMR) افزوده شد. به طور خلاصه این فناوری به دیسک‌های سخت اجازه می‌دهد تا با چینش سطوح مغناطیسی به صورت هم‌پوشانی، ظرفیت ذخیره‌سازی را افزایش دهند. همچنین قابلیت Power Disable Feature نیز اضافه شد و امکان خاموش کردن درایوها را از طریق سیگنال برق فراهم می‌کرد.

#### ۲-۴-۴ SATA 3.4 - ۲۰۱۸

در این نسخه، نظارت بر دمای درایوها (Device Temperature Monitoring) برای جلوگیری از overheating و افزایش طول عمر دستگاه‌ها معرفی شد و همچنین بهینه‌سازی‌هایی در دستورات خواندن/نوشتن صورت گرفت تا تاخیر را کاهش دهند.

#### ۲-۴-۵ SATA 3.5 - ۲۰۲۰

در این نسخه سیستم گزارش‌دهی خطاها (S.M.A.R.T) را ارتقا دادند و همچنین این پروتکل را برای دستگاه‌های با حجم بالا نیز بهینه کردند.

تکامل SATA در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که صنعت در تلاش است تا خود را با نیازهای روزافزون ذخیره‌سازی تطبیق دهد. از معماری سریال ساده SATA I تا پشتیبانی از SSDها در SATA III، افزایش سرعت و بهبودهای تدریجی در سال‌های اخیر، باعث شده که این پروتکل جایگاه خود را در دو دهه اخیر حفظ کند. اگرچه فناوری‌های جدیدتر مانند NVMe، در حال پیشی گرفتن هستند، SATA به دلیل مزایای منحصر به فردش در هزینه و سازگاری، همچنان در سیستم‌های مصرفی و سازمانی کاربرد دارد.

## ۳ لایه‌های پروتکل SATA

پروتکل SATA برای مدیریت انتقال داده بین سیستم‌های میزبان<sup>۳</sup> و دستگاه‌های ذخیره‌سازی (مانند SSD یا HDD) از یک معماری چند لایه‌ای استفاده می‌کند. این پروتکل شامل لایه‌های فیزیکی<sup>۴</sup>، لینک<sup>۵</sup>، انتقال<sup>۶</sup> و کاربردی<sup>۷</sup> است که هر لایه مسئولیت خاصی داشته و با لایه‌های دیگر هماهنگ می‌شود تا انتقال داده به صورت کارآمد و بدون خطا انجام شود. در این بخش، هر چهار لایه اصلی این پروتکل را بررسی می‌کنیم.

---

<sup>۳</sup>Host

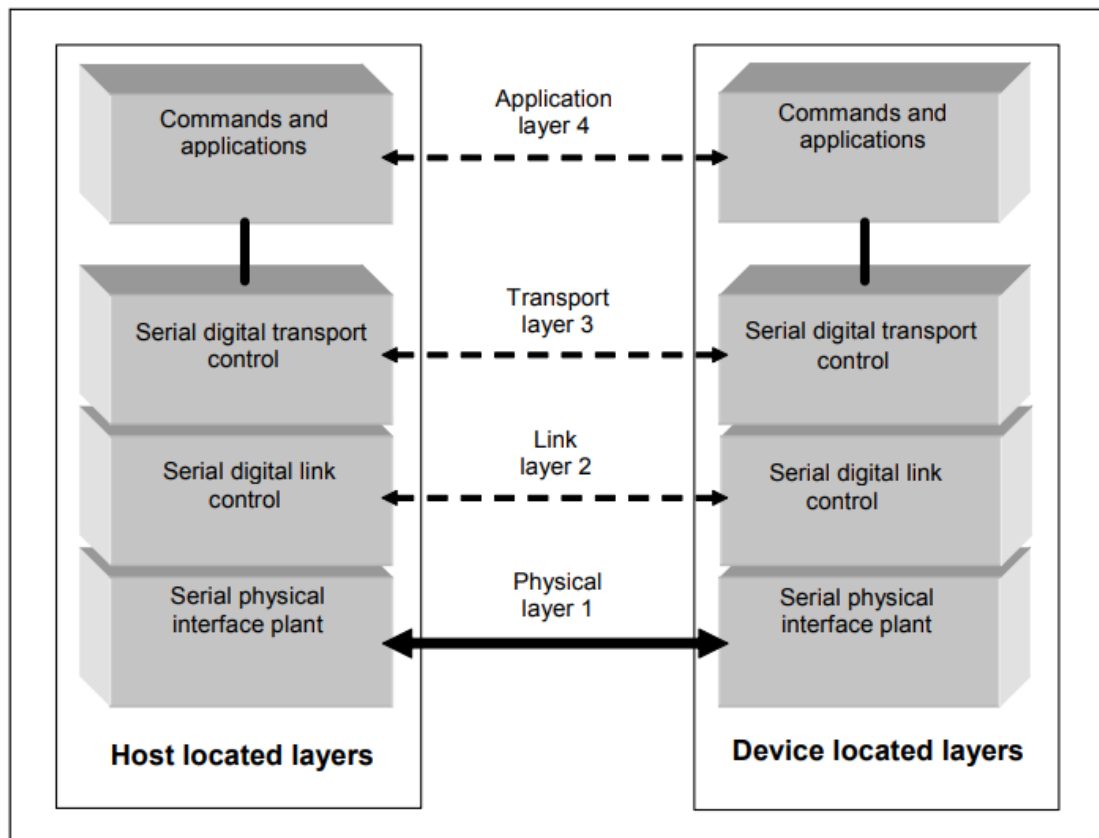
<sup>۴</sup>Physical Layer

<sup>۵</sup>Link Layer

<sup>۶</sup>Transport Layer

<sup>۷</sup>Application Layer





شکل ۱: ارتباط لایه‌های مختلف در SATA

### ۱-۳ لایه فیزیکی

پایه‌ای‌ترین بخش پروتکل SATA، لایه فیزیکی است و مسئولیت تبدیل داده‌های دیجیتال به سیگنال‌های الکتریکی را بر عهده دارد. این لایه بر اساس استانداردهای دقیقی طراحی شده است تا اطمینان حاصل شود که سیگنال‌ها بدون تحریف از طریق کابل منتقل می‌شوند.

#### ۱-۱-۳ سیگنال‌های تفاضلی

بر خلاف رابط‌های موازی قدیمی (PATA) که از سیگنال‌های تک پایانه<sup>۸</sup> استفاده می‌کردند، SATA از جفت سیم‌های پیچ‌خورده<sup>۹</sup> بهره می‌برد. در این روش، هر بیت داده به صورت اختلاف ولتاژ بین دو سیم ارسال می‌شود که باعث می‌شود مقاومت در برابر نویز الکترومغناطیسی تا میزان قابل توجهی افزایش یابد.

<sup>۸</sup>Single-Ended

<sup>۹</sup>Twisted Pair

### ۳-۱-۲ کدگذاری 8b/10b

برای تضمین تعادل DC<sup>۱۰</sup> و قابلیت هماگم سازی، هر ۸ بیت داده به ۱۰ بیت تبدیل می شود و به اصطلاح از کدگذاری 8b/10b استفاده می شود. این تکنیک نه تنها نویز را کاهش می دهد، بلکه به گیرنده اجازه می دهد تا ساعت<sup>۱۱</sup> انتقال را نیز بازیابی کند.

### ۳-۱-۳ اتصال نقطه به نقطه

پروتکل SATA در لایه فیزیکی از اتصال نقطه به نقطه استفاده می کند به این معنا که هر دستگاه ذخیره سازی مستقیماً و به صورت اختصاصی به یک پورت روی کنترلر میزبان متصل می شود. در این معماری سرعت انتقال داده ها بیشتر است و ما می توانیم داده ها را سریع تر میان دستگاه ها منتقل کنیم.

### ۳-۲ لایه لینک

این لایه به عنوان واسطه میان لایه فیزیکی و انتقال عمل می کند و وظیفه اصلی آن، اطمینان از انتقال بدون خطای قاب های داده است. این لایه از رویکردهایی برای کنترل جریان داده و تشخیص خطا استفاده می کند.

### ۳-۲-۱ فریم بندی

هر فریم با یک SOF شروع می شود که شامل الگوی خاصی از بیت ها است و اندازه آن برابر با ۴ بایت است. بعد از آن بخش FIS را داریم که اندازه آن متغیر است و بسته به نوع FIS می تواند متفاوت باشد. پس از آن بخش CRC را داریم که به اندازه ۴ بایت است و برای تشخیص خطا استفاده می شود و در نهایت نیز EOF را داریم که برای نشان دادن انتهای پیام است و اندازه ۴ بایتی دارد.

### ۳-۲-۲ کنترل جریان

برای جلوگیری از ازدحام داده ها، پروتکل SATA از سیگنال های X\_RDY و R\_RDY استفاده می کند. سیگنال اول زمانی ارسال می شود که فرستنده آمادگی ارسال داده را داشته باشد و سپس گرنده با سیگنال R\_RDY به فرستنده خبر می دهد که آیا ظرفیت دریافت داده جدید را دارد یا خیر و به این صورت از ازدحام جلوگیری می کند.

<sup>10</sup>DC Balance

<sup>11</sup>Clock

### ۳-۲-۳ اولیه سازی ارتباط

قبل از شروع انتقال داده، دستگاه و میزبان از طریق سیگنال‌های Out-of-Band (OOB) مانند COMRESET، COMINIT و COMWAKE با یکدیگر هماهنگ می‌شوند. این سیگنال‌ها خارج از باند فرکانسی داده ارسال شده و برای تنظیم پارامترهای اولیه (مانند سرعت انتقال) استفاده می‌شوند. هر یک از این سیگنال‌ها کاربرد خاص خود را دارد. به طور مثال سیگنال COMRESET برای راه‌اندازی مجدد اتصال استفاده می‌شود. COMINIT توسط دستگاه برای اعلام حضور به میزبان ارسال می‌شود و COMWAKE برای بیدار کردن دستگاه از حالت کم‌مصرف استفاده می‌شود.

### ۳-۳ لایه انتقال

لایه انتقال، داده‌ها و دستورات را در قالب ساختارهای استاندارد به نام FIS (Frame Information Structure) بسته‌بندی می‌کند. هر FIS نوع خاصی از تعاملات بین میزبان و دستگاه را تعریف می‌کند. در ادامه انواع FIS را توضیح داده و عملکرد آن‌ها را بررسی می‌کنیم. در انتها نیز NCQ را توضیح می‌دهیم.

#### ۱-۳-۳ ساختار header در FIS

- شامل ۱ بایت Type است که نوع FIS را مشخص می‌کند.
- ۱ بایت flag که شامل اطلاعاتی مانند دستور خواندن/نوشتن و برخی بیت‌های کنترلی است.
- ۱ بایت command/status که مشخص‌کننده دستورات یا وضعیت است.
- ۶ بایت Logical Block Address (LBA) که مشخص‌کننده آدرس منطقی بلوک داده برای عملیات خواندن/نوشتن است.
- ۲ بایت Sector Count که تعداد سکتورهای درگیر در عملیات انتقال را مشخص می‌کند.
- ۱ بایت Control که شامل بیت‌های اضافه کنترلی است.
- ۱ بایت از آن هم برای آینده رزرو شده است.

### Register Host to Device FIS (27h) ۲-۳-۳

برای ارسال دستورات ATA مانند خواندن/نوشتن داده، مدیریت حافظه یا اجرای فرامین خاص دیسک استفاده می‌شود و از سمت میزبان به دستگاه فرستاده می‌شود. شامل اطلاعاتی از قبیل کد فرمان<sup>۱۲</sup> برای مشخص کردن نوع فرمان و بیت‌های کنترلی<sup>۱۳</sup> برای مدیریت کردن فرمان‌ها است.

### Register Device to Host FIS (34h) ۳-۳-۳

برای ارسال پیام‌های وضعیت از سمت دستگاه به میزبان استفاده می‌شود و می‌تواند وضعیت فعلی دیسک، بیت‌های خطا و یا اعلان تکمیل دستورات را منتقل کند. به طور کلی دستگاه پیام‌های تاییدی یا خطای خود را با استفاده از آن ارسال می‌کند.

### DMA Activate FIS (39h) ۴-۳-۳

این پیام از طرف دستگاه ارسال می‌شود و به میزبان اعلام می‌کند که آماده دریافت یا ارسال داده در حالت DMA است.

### DMA Setup FIS (41h) ۵-۳-۳

این پیام می‌تواند هم از طرف میزبان و هم از طرف دستگاه ارسال شود و شامل آدرس حافظه و طول داده در عملیات DMA است.

### Data FIS (46h) ۶-۳-۳

این نوع برای انتقال داده‌های اصلی میان میزبان و دستگاه استفاده می‌شود که داده‌ها را در حداکثر اندازه‌های ۸۱۹۲ بایتی می‌تواند منتقل کند. برای انتقال داده‌ها با حجم بیشتر باید آن‌ها را به بخش‌های ۸۱۹۲ بایتی بشکنیم.

---

<sup>12</sup>Command Code

<sup>13</sup>Control Bits

### PIO Setup FIS (5Fh) ۷-۳-۳

برای مدیریت انتقال داده در حالت Programmed Input/Output (PIO) استفاده شده و دستگاه از آن برای هماهنگی و تنظیم انتقال داده با میزبان استفاده می‌کند.

### Set Device Bits FIS (A1h) ۸-۳-۳

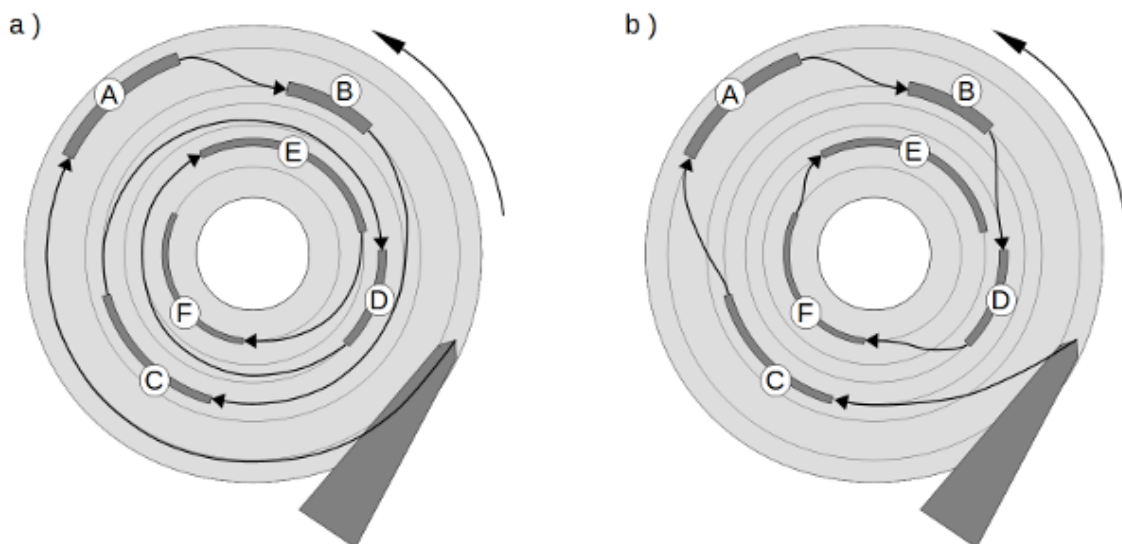
برای ارسال اطلاعات وضعیت از دستگاه به میزبان استفاده شده و شامل بیت‌های وضعیت، اطلاعات مربوط به وقفه‌ها<sup>۱۴</sup> و خطاهای احتمالی است. دقت کنید که هر یک از این FIS ها در لایه انتقال پردازش شده و توسط لایه لینک در یک فریم قرار گرفته و به لایه فیزیکی ارسال می‌شوند.

### Native Command Queueing (NCQ) ۹-۳-۳

NCQ یکی از پیشرفته‌ترین قابلیت‌های لایه انتقال است که در SATA II معرفی شد. این فناوری اجازه می‌دهد تا دستگاه‌ها تا ۳۲ دستور (در SATA III) را به صورت همزمان در صف قرار دهد و آن‌ها را بر اساس موقعیت فیزیکی اشاره‌گر دیسک در HDD یا الگوهای دسترسی در SSD بهینه‌سازی کند و کمترین میزان تاخیر دسترسی به حافظه فیزیکی را برای ما به دست آورد. این الگوریتم تضمین می‌کند که بهترین زمان را به ما می‌دهد. روش کار آن نیز به این صورت است که دستورات خواندن/نوشتن را در داخل یک صف به نام Command Queue قرار داده و بر اساس الگوهای دسترسی، آن‌ها را مرتب کرده و به بهینه‌ترین حالت ممکن اجرا می‌کند.

---

<sup>14</sup>Interrupts



شکل ۲: نمونه‌ای از دسترسی به حافظه با NCQ در شکل b و بدون NCQ در شکل a

### ۴-۳ لایه کاربردی

بالاترین سطح انتزاع در پروتکل SATA است و مستقیماً با درایورهای دستگاه و سیستم عامل تعامل دارد. این لایه دستورات سطح بالا را به دستورات قبل فهم برای دستگاه ترجمه می‌کند. این لایه مسئول مدیریت تعاملات سطح بالا بین سیستم عامل میزبان و دستگاه ذخیره‌سازی است. این لایه مستقیماً با دستورات ATA سروکار دارد و نقش کلیدی در مدیریت عملیات خواندن/نوشتن، تنظیمات دستگاه و اجرای دستورات کنترل‌کننده دیسک ایفا می‌کند. لایه کاربردی با استفاده از دستورات ATA امکان ارتباط بین نرم‌افزار میزبان و سخت‌افزار دیسک را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، این لایه تعیین می‌کند که چه نوع عملیاتی باید انجام شود، اما اجرای واقعی این عملیات را به لایه‌های پایین‌تر، مانند لایه انتقال و لایه لینک واگذار می‌کند.

#### ۱-۴-۳ دستورات ATA/ATAPI

دستورات استاندارد مانند READ، WRITE، FLUSH CACHE و ... در این لایه تعریف می‌شوند و لایه کاربردی این دستورات را به لایه انتقال می‌گوید و FIS مناسب با آن‌ها ساخته شده و ارسال می‌شود.

### ۲-۴-۳ مدیریت بلوک داده

تمام آدرس‌دهی‌ها بر اساس LBA انجام می‌شود. در SATA III، آدرس‌دهی تا ۴۸ بیت پشتیبانی می‌شود که امکان آدرس‌دهی تا ۱۲۸ پتابایت داده را فراهم می‌کند.

### ۳-۴-۳ پشتیبانی TRIM در SSD

سیستم عامل دستور TRIM را هنگامی که کاربر فایلی را حذف می‌کند، ارسال می‌کند تا بلوک‌های مربوطه را به عنوان غیرفعال علامت‌گذاری کند. این کار در افزایش کارایی SSDها موثر است.

### ۴-۴-۳ گزارش‌دهی S.M.A.R.T

سیستم Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology پارامترهایی مانند دمای دستگاه، تعداد سکتورهای خراب و ساعات کارکرد را رصد کرده و به سیستم عامل گزارش می‌دهد.

## ۴ هماهنگی میان لایه‌ها

در این بخش در یک مثال نحوه هماهنگی میان لایه‌های مختلف را بررسی می‌کنیم.

۱. لایه کاربردی: سیستم عامل یک درخواست خواندن سکتور ۵۰۰ تا ۶۰۰ را صادر می‌کند.
۲. لایه انتقال: درخواست به یک Register FIS و DATA FIS تقسیم شده و NCQ دستورات را بهینه می‌کند.
۳. لایه لینک: فریم‌ها ساخته شده و CRC نیز محاسبه شده و سیگنال‌های X\_RDY و R\_RDY جریان داده را کنترل می‌کنند.
۴. لایه فیزیکی: فریم‌ها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل کرده و با کدگذاری 8b/10b ارسال می‌کند.
۵. در سمت دستگاه: داده‌ها از دیسک خوانده شده، CRC بررسی می‌شود و پاسخ در قالب یک Data FIS بازگردانده می‌شود.
۶. لایه کاربردی: داده‌ها به حافظه سیستم تحویل داده شده و سیستم عامل را مطلع می‌سازد.

## ۵ جمع‌بندی

به طور کلی در این مستند ابتدا درمورد این صحبت کردیم که SATA چیست و چه کاربردهایی دارد و چرا باید از آن استفاده کنیم. سپس یک تاریخچه از آن را بیان کردیم و سیر صعودی‌ای که این پروتکل تا به امروزه داشته را بررسی کردیم. سپس لایه‌های مختلف آن را بررسی کردیم و ویژگی‌هایی که هر لایه از آن داشت را بیان کردیم. از مهم‌ترین ویژگی‌های آن که NCQ بود صحبت کردیم و بیان کردیم که این روش صرفاً مکانیزم تشخیص خطا در لایه لینک را با استفاده از CRC را دارا می‌باشد. همچنین نکته قابل توجه از این پروتکل این است که به دلیل Point-to-Point بودن ارتباطات در آن و همچنین سیستم مدیریت جریان داده آن، Packet Loss اتفاق نیفتاده و ما نیاز به بازیابی بسته‌های از دست رفته نداریم. به طور کلی این قابلیت‌ها و ویژگی‌های مثبت پروتکل SATA باعث شده که امروزه در اکثر سیستم‌ها مورد استفاده قرار گیرد و از رقبای خود جلوتر باشد.



## ٦ منابع

Wikipedia SATA

Website SATA-IO

Documentation SATA

Overview SATA