

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

Seminarski rad iz kolegija Sustavi za praćenje i vođenje procesa  
Ak. god. 2005/06.

## **Serial Attached SCSI**

Student: Ivan Mokrovčak

Zagreb, 2006.

## Sadržaj:

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod .....  | 3  |
| 2. Fizička oprema za SAS (kablovi i konektori) ..... | 3  |
| 3. Topologija SAS sustava .....                      | 6  |
| 4. SAS protokol .....                                | 7  |
| 5. SAS danas i sutra .....                           | 10 |
| 6. Zaključak .....                                   | 10 |
| 7. Literatura .....                                  | 11 |

## 1. Uvod

Sredinom 2001. godine nakon više od 20 godina redovitog poboljšavanja performansi paralelne SCSI (small computer system interface) sabirnice bio je na vidiku kraj tim poboljšavanjima performansi. Na maksimalnoj brzini prijenosa podataka sabirnice od 320 MB/sec, Ultra SCSI je postigao brzinu prijenosa iznad koje bi bili potrebni herojski (i neisplativi) napori da se nastavi povjesni porast brzine prijenosa.

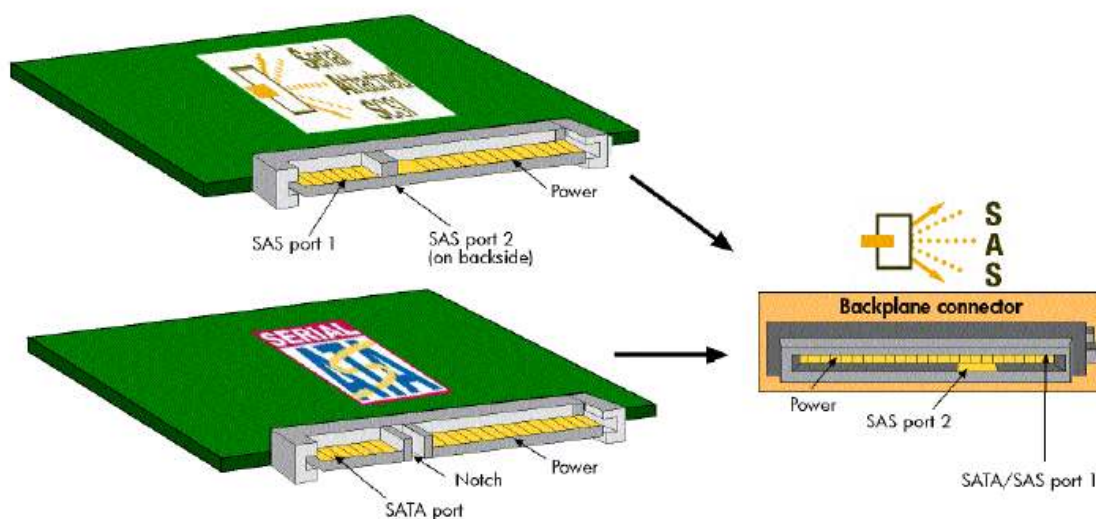
Kada se posao na Ultra SCSI bližio kraju grupa predstavnika industrije koja proizvodi memorije (uključujući i reprezentore kontrolera, hard-diskova i računalnih sustava) se sastala da definira ciljeve za novo sučelje koje će biti poznato kao Serial attached SCSI ili SAS. Dogovorili su se da moraju opisati novo fizičko sučelje imajući u vidu brzinu i način na koji će se povećavati performanse, a da se sačuvaju elementi SCSI koji su se pokazali dobrima. Današnji SCSI sistemi pružaju maksimalne performanse za podatkovne memorije i pružaju maksimalnu pouzdanost, dostupnost podataka i integriranost podataka. Oni su željeli zadržati najbolje značajke paralelne SCSI sabirnice, a dodati nove značajke koje su kupci očekivali i zahtjevali.

Za manje od 9 mjeseci od inicijalnog sastanka 'mozgova', članovi su po grupama radili na ostvarenju Serial attached SCSI sabirnice i ona se razvila u više od 30 kompanija. Ključan cilj grupe bio je skicirati generalnu arhitekturu i izgled sučelja i tada krenuti u razvijanje detalja dokumenta koji opisuje sučelje kao jedan otvoreni i neopterećeni forum. Nakon što je napravljen prvotni dio posla, projekt SAS je predan ANSI INCITS (InterNacional Committee for Information Tehnology Standards) T10 tehničkom povjerenstvu za razvoj kao nacionalni (poslije i internacionalni) standard. Projekt je odobren i nakon opsežnog posla tehničkog povjerenstva konceptualna verzija standarda je prošla pismeno glasanje na kraju 2002. da bi 2003. postala ANSI standard.

## 2. Fizička oprema za SAS (kablovi i konektori)

Grupa koja je od početka radila na SAS-u jednoglasno se složila da treba iskoristiti najviše što je moguće prijašnje pokušaje (SCSI i ostala memorijska sučelja) i iskoristiti najnoviju dostupnu tehnologiju. Kada se prvi put sreća radna grupa koja je radila na projektu SAS novo sučelje za AT-attachment okolinu je već bilo u razvoju i zvano je Serial ATA (SATA). Grupa je prvo pogledala što bi se dalo iskoristiti od pokušaja razvoja SATA (tehnologija za izradu računalnih sabirnica primarno namjenjena za prijenos podataka sa i na hard-diskove).

Grupa koja je radila na SATA definirala je vezu od točke do točke (point-to-point) sa jednostavnim konektorom i sistemom kabela. Radna grupa koja je radila na SAS-u odlučila je da će razvijanjem sučelja koristeći slične kompatibilne konektore i sisteme kablova SAS moći iskoristiti dizajn mehaničkih komponenti koji je bio razvijen za SATA. Koristeći slične, kompatibilne kablove i konektore bit će moguće koristiti oboje, SAS i SATA uređaje u istom sustavu ako je fizički sloj SAS sučelja dizajniran da bude kompatibilan sa fizičkim slojem SATA sučelja. To bi omogućilo korisniku maksimalnu fleksibilnost u konfiguraciji sustava. Na slici 1. je prikazan SAS i SATA konektor i stražnja strana konektora.



Slika 1. SAS i SATA konektor i stražnja strana konektora

Prva generacija SATA sučelja je dizajnirana da omogućuje prijenos podataka do 1.5 Gbit/sec. SATA protokol je bio definiran da omogući half-dupleks prijenos podataka. To znači da omogućuje prijenos podataka samo u jednom smjeru u vremenu. To je jednako brzini prijenosa podataka od 150 Mb/sec. Radna grupa na SAS-u je odlučila da će ta brzina prijenosa podataka biti nedovoljna za SCSI aplikacije. Budući da su pokušaji razvoja SAS-a krenuli nakon pokušaja razvoja SATA, tehnologija za izradu transceivera (uređaja za povezivanje lokalnog i glavno računala) bit će u mogućnosti, dok se u međuvremenu ostvari prvi SAS proizvod, ponuditi brzinu prijenosa podataka od 3.0 Gb/sec po smjeru u jednom kanalu. Transiveri od 3.0 Gb/sec su u mogućnosti raditi na 1.5 Gb/sec dopuštajući potpunu kompatibilnost u suprotnom smjeru sa SATA uređajima. Inicijalno SAS je definiran za full-duplex operacije. To znači da je moguć prijenos podataka u oba smjeru istodobno. Prijenosna brzina od 3.0 Gb/sec je procjenjena prihvatljivom za prvu generaciju SAS uređaja jer je to jednako brzini prijenosa podataka od 300 Mb/sec u jednom smjeru, što se udvostručuje u

maksimalnu 600 MB/sec po kanalu. Uz to moguće je spojiti nekoliko kanala po uređaju da se poveća brzinu prijenosa podataka.

Jedan od ciljeva SAS sučelja bio je osigurati daljnje konstantno povećanje brzine prijenosa podataka. Cilj je bio da sljedeće SAS sučelje ima brzinu prijenosa podataka od 6.0 Gb/sec po kanalu sa potpunom kompatibilnošću u povratnom smjeru sa prvom generacijom SAS uređaja. Povećanje brzine prijenosa iznad 6.0 Gb/sec je predviđeno, ali nije još uvijek definirano. Sistem konektora razvijen za SATA ima mali footprint, idealan za male uređaje i za pozadinsku ugradnju u aplikacijama koje to zahtijevaju. SAS konektor je sačuvao mali footprint SATA konektora, ali je poboljšan tako da omogućuje drugi podatkovni ulaz. Svaki od dva ulaza u SAS-u u ciljnom uređaju nalazi se u različitoj SAS domeni, omogućavajući tako neovisan put sa jednog SAS uređaja u drugi za potpunu, neizostavnu redundanciju. Ako bilo koja komponenta u jednom putu zakaže i dalje postoji komunikacija između dva uređaja preko odvojenog, neovisnog puta.

Napravljen je jedinstven konektor za ciljne uređaje SAS-a za oba konektora na pozadini uređaja i na kablovima. To eliminira potrebu za dvama različitim konektorima za različite aplikacije kao što zahtijevaju današnji paralelni SCSI krajnji uređaji (68-pinski paralelni i SCA-2 konektor). Iskorištavajući SATA konektor SAS konektor je također napravljen tako da omogućuje priključivanje novog uređaja za vrijeme rada sustava (engl. hot plugging).

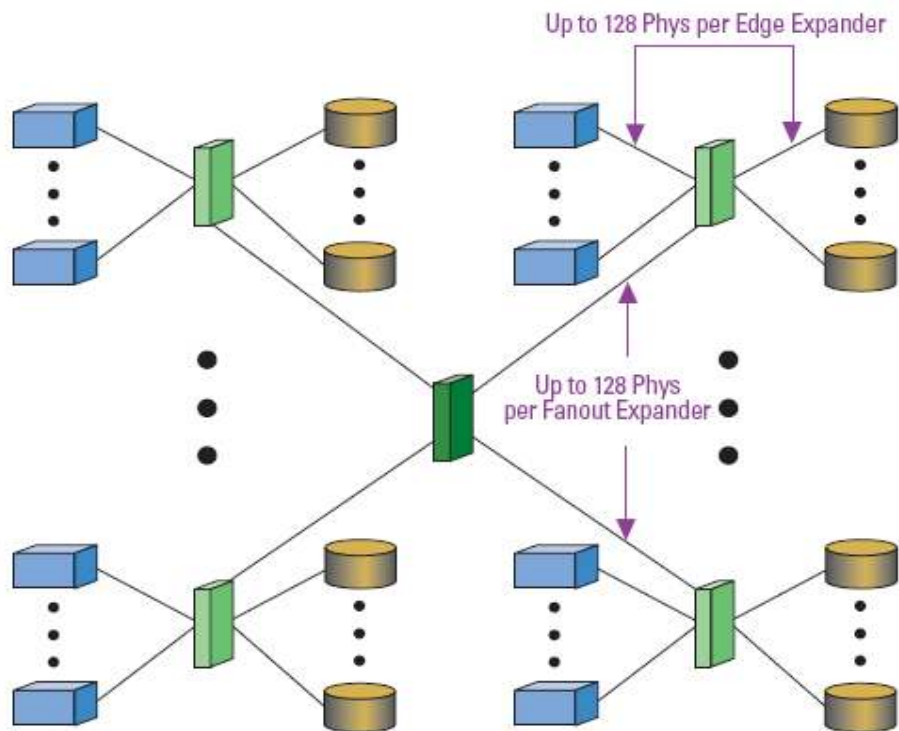
Sistem kabela za SAS je mnogo manji nego onaj kojeg zahtijeva ATA i SCSI paralelna sučelja, zauzimajući tako mnogo manje prostora unutar kućišta sustava. Takav manji sistem kablova dopušta bolji protok zraka i manju skučenost unutar kutije. SAS uređaji mogu koristiti do jedan metar kabela za aplikacije unutar kutije, kao npr. radne stanice. Maksimalna duljina SAS kabla je osam metara. Iako to nije dugačko kao maksimalna duljina paralelnog SCSI kabela, jer nekoliko SCSI aplikacija danas zahtijeva više od 25 stopa kabela od glavong računala do ciljnog računala. Gdje je to potrebno, jednostavno možemo iskoristiti jeftini expander (uređaj koji omogućuje produživanje veze) da povećamo duljinu veze između SAS uređaja.

Grupa koja je radila na SAS-u također je definirala jedan vanjski konektor i sistem kablova za box-to-box veze koje zahtijevaju mnoge današnje SCSI aplikacije (kao npr. veza od servera do JBOD kutije). Iskoristili su prijašnja razvijanja na sučeljima, napravivši vanjski SAS konektor i sistem kablova baziran na sistemu razvijenom za Infiniband (brza serijska sabirnica u računalu namjenjena za unutarnje i vanjske konekcije). Taj sistem omogućava četiri kanala tako da uz povećanje mogućnosti, moguća širina za prvu generaciju SAS box-to-box veza je 1.2 GB/sec u svakom smjeru ili 2400 MB/sec u full-duplex operacijama.

### 3. Topologija SAS sustava

Pont-to-point konfiguracije omogućavaju široko područje primjena, ali zahtjevaju posredni uređaj između početnih uređaja (glavnih računala) i ciljnih uređaja tako da se omogući topologija gdje je moguće imati više od dva uređaja po sustavu. Jeftini ekspanderi (razgraničivači) su posredni uređaji definirani za SAS koji omogućuju povezivanje (pomoću routing tablica i međusobnim komuniciranjem) ostalih SAS uređaja (inicijatora i ciljnih uređaja). SAS ekspanderi dopuštaju sustave u kojima može biti više od jednog inicijatora (uređaj koji izdaje SCSI naredbe) koji mogu imati vezu sa više ciljnih uređaja (uređaj koji izvodi SCSI naredbe) kao što je dopušteno i kod paralelne SCSI.

Još jedan od primarnih ciljeva kod pokušaja izrade SAS-a bio je očuvati ili proširiti maksimalan broj uređaja iznad broja 16 koliko maksimalno dopušta paralelna SCSI veza. SAS sustav sa ekspanerima može adresirati do 16256 uređaja u jednoj SAS domeni. SAS domena je skup SAS portova koji međusobno komuniciraju. Podrazumijeva jedan ili više SAS uređaja i podsistema za dostavu podataka. SAS ekspanderi su također definirani tako da ciljnjji uređaji koji se povezuju na ekspandere mogu biti ili SAS ili SATA uređaji dozvoljavajući tako heterogenu konfiguraciju sustava. Slika 2. prikazuje jedan primjer konfiguracije SAS sustava.



Slika 2. Primjer konfiguracije SAS sustava

Tamnozeleno pravokutna kutija u sredini slike predstavlja fanout (vodećeg) ekspandera koji je povezan sa ostalim ekspanderima. Može postojati samo jedan fanout ekspander po SAS domeni (efektivno). Fanout ekspander može se povezati maksimalno sa 128 SAS uređaja. To može biti bilo koja kombinacija rubnih ekspandera, inicijatora ili memorijskih uređaja. Svjetlozeleno pravokutna kutija spojena na fanout ekspander predstavlja rubni ekspander (engl. edge ekspander). Jedan rubni ekspander se može spojiti na najviše 128 SAS uređaja od kojih je jedan ekspander, a svi ostali su ili inicijatori ili memorijski uređaji. Plava pravokutna kutija spojena na rubni ekspander predstavlja inicijator. Smeđa valjkasta kutija spojena također na rubni ekspander predstavlja memorijski uređaj. To može biti ili SAS ili SATA uređaj.

## 4. SAS protokol

Jedan od najvećih izazova grupe koja je radila na SAS-u bio je definirati metode adresiranja svih portova koji mogu biti u SAS domeni. To je bio jednostavan zadatak u paralelnoj SCSI vezi gdje uređaji imaju adrese predodjeljene u hardware-u. Ključ rješenja za SAS je korištenje globalnog, jedinstvenog svjetskog imena identifikatora (worldwide name-WWN) za sve SAS uređaje (skoro svaki tip SCSI uređaja ima danas svoj WWN).

Tijekom rada svi uređaji u SAS sustavu uspostavljaju vezu svaki sa svakim i razmjenjuju WWN tako da broj i tip uređaja spojenih na SAS domenu može biti određen. Kada se dodaje novi uređaj u SAS sistem koji trenutačno radi (engl. device is hot plugged) ili ako se uređaj miče iz SAS sistema koji trenutačno radi, obavijest o događaju se šalje u svaki inicijator da se mogu prilagoditi novoj konfiguraciji. Ekspanderi uspostavljaju WWN-ove za SAS uređaje kod uključivanja sistema ili kod uključivanja novog uređaja u SAS sistem u radu. Jednom kad je inicijalizacija sistema ili otkrivanje novog uređaja gotovo STP (Serial ATA tunneling protocol) protokol se koristi za komunikaciju sa SATA uređajima, a SSP (Serial SCSI protocol) protokol sa SAS uređajima. Protokol koji upravlja radom ekspandera se naziva SMP (Serial management protocol).

Za SATA uređaje protokol je definirala grupa koja je radila na SATA. SAS uređaji su uveliko iskoristili protokole opisane za ostale SCSI standarde (kao što su SCSI paralelno sučelje ili SPI standard). Prijenos naredbi, podataka, statusa i ostalih informacija za SAS uređaje je ostvaren korištenjem paketa veoma sličnim onima koji se koriste za prijenos informacijskih jedinica kod paralelne SCSI veze i paketa definiranih za Fibre kanal (gigabitna mrežna topologija). Format SAS paketa (zvanih 'frameovi') je skoro identičan paketima Fibre

kanala. Korisni sadržaj paketa koji sadrži blokove koji opisuju naredbe (CBS) i ostale SCSI blokovske jedinice definiran je drugim SCSI standardima (kao što su SCSI primarni set komandi i SCSI blok naredbama). Koristeći SCSI protokol i arhitekturu moguć je prijelaz iz SAS sustava u druge sustave kao što su Infiniband, iSCSI ili Fibre kanal koji također koriste iste SCSI objekte.

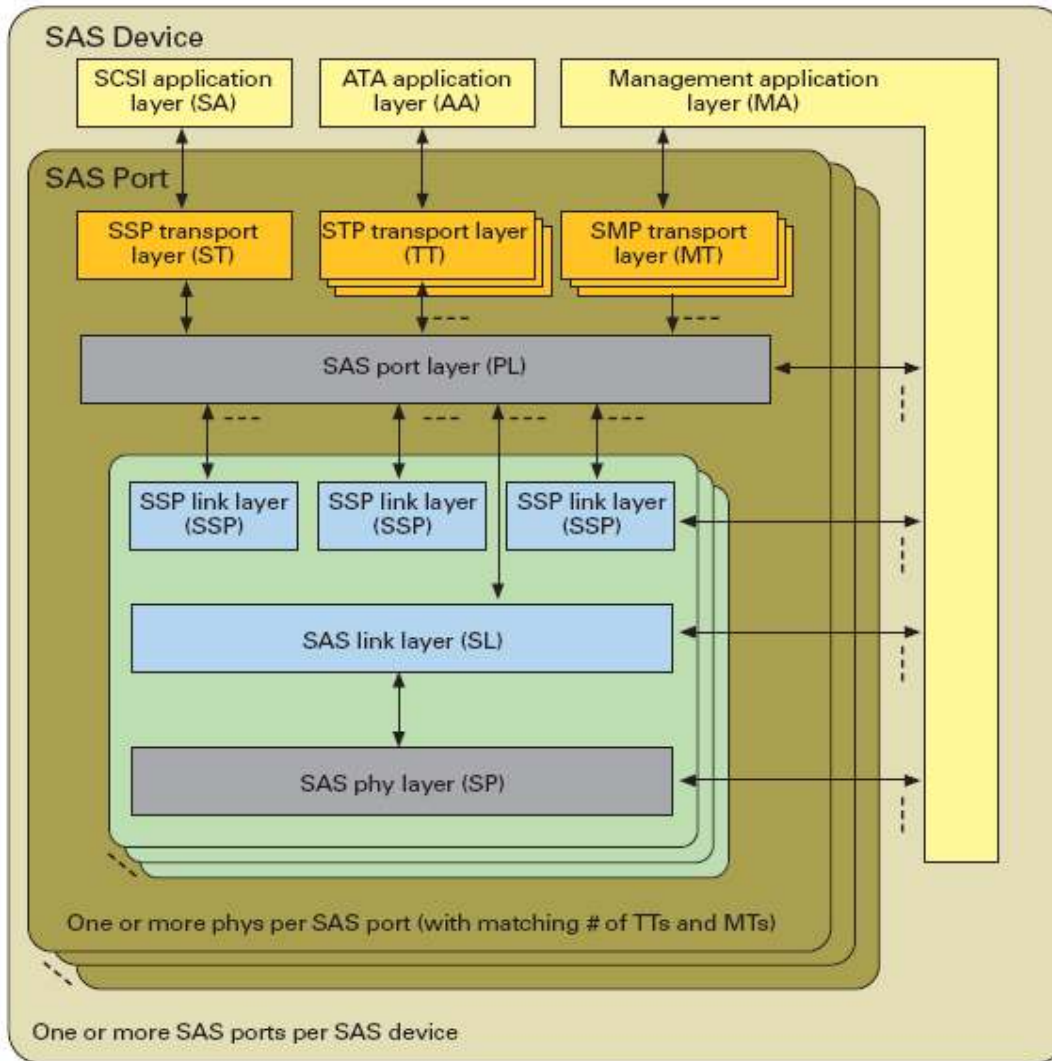
Iskorištavajući elemente SCSI protokola, uključujući odgovarajući Fibre kanal, bio je još jedan od glavnih ciljeva radne grupe SAS, budući da je bila velika želja svih članova radne grupe omogućiti maksimalnu kompatibilnost sa postojećom infrastrukturom i minimizirati rizik i cijenu prijelaza na nova sučelja. Tablica 1. uspoređuje neke od svojstva SATA, SAS i Fibre kanal sučelja.

|                     | Serial ATA                                   | Serial Attached SCSI                           | Fibre Channel AL                                     |
|---------------------|--|--|--|
| <b>Performance</b>  | Half-duplex                                  | Full-duplex with Link Aggregation (Wide ports) | Full Duplex  |
|                     | 1.5 Gb/sec<br>(3.0 Gb/s announced)           | 3.0 Gb/sec (at intro.)<br>(6.0 Gb/s planned)   | 2.0 Gb/sec<br>(4 Gb/s announced)                     |
| <b>Connectivity</b> | 1 m internal cable                           | >6m external cable                             | >15m external cable                                  |
|                     | One device<br>(fan-out devices demonstrated) | >128 decies<br>Expanders<br>(16k Phys. max)    | 127 decies<br>Loop or loop switch                    |
|                     | SATA only                                    | SAS and SATA                                   | Fibre Channel only                                   |
| <b>Availability</b> | Single port HDDs                             | Dual-port HDDs                                 | Dual-port HDDs                                       |
|                     | Single-host<br>Point-to-point                | Multi-initiator<br>Point-to-point              | Multi-initiator<br>Shared media or<br>point-to-point |
| <b>Drive Model</b>  | Software transparent<br>with Parallel ATA    | Software transparent with<br>SCSI              | Software transparent with<br>SCSI                    |

Tablica 1. Usporedba mogućnosti SAS, SATA i FC

SAS protokol je podijeljen u četiri sloja: fizički sloj ( phys layer), sloj veze (link layer), sloj portova (port layer) i transportni sloj (transport layer). Ta četiri sloja su sadržana u SAS portu. To znači da aplikacije (kao software ili driveri) korištene za komunikaciju sa paralelnim SCSI portovima mogu isto biti korišteni za komunikaciju sa SAS portovima sa malim ili nikakvim preinakama. Slika 3. prikazuje veze između slojeva protokola u SAS uređaju.





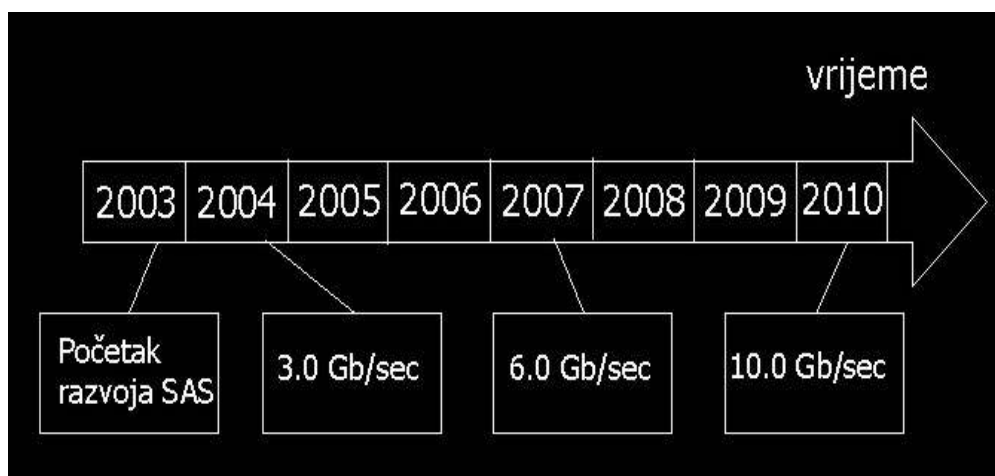
Slika 3. Prikaz veza između slojeva u SAS-u

Aplikacijski sloj uključuje aplikacije i software za drivere. Aplikacijski sloj kreira specifične zadatke za transportni sloj koje on treba izvesti. Transportni sloj pakira naredbe, podatke, status, itd. u SAS frameove i predaje to sloju portova. Transportni sloj također prima SAS frameove od portovnog sloja, rastavlja ih i šalje sadržaj okvira aplikacijskom sloju. Portovni sloj SAS-a prima pakete od transportnog sloja i šalje poruke sloju veze u želji da uspostavi vezu. Portovni sloj je također odgovoran za selektiranje fizičkih slojeva na koje će preusmjeriti frameove u uređajima sa više mogućih smjerova i putova.. Kada je jednom uspostavljena veza portovni sloj prosljeđuje pakete za prijenos i prima pakete koji su poslani za transportni sloj. Sloj veze u SAS-u kontrolira fizički sloj kod upravljanja prijenosom. SAS-

ov fizički sloj sadrži hardware (kao što su tranceiveri i enkoderi) koji se spajaju na SAS fizičko sučelje i šalje signale na žice.

## 5. SAS danas i sutra

Otkako je 2003. napravljena i prihvaćena ANSI standardizacija skice SAS standarda napredak u razvoju SAS-a je strelovit. Danas SAS omogućuje brzine prijenosa podataka od 3.0 Gb/sec, ali se uskoro očekuje brzina od 6.0 Gb/sec, a do 2010. brzina od 10 Gb/sec. Na slici 4. prikazan je razvoj SAS-a kroz vrijeme. Želja je da se u budućnosti poboljša kompatibilnost između SATA i SAS te da tako može napredak jednog sučelja iskoristiti i drugo.



Slika 4. Razvoj SAS-a kroz vrijeme

Sistemi koji koriste SAS nisu i neće preko noći u potpunosti zamjeniti paralelni SCSI, ali prednost je svakako na SAS-u i on već potiskuje SATA..

## 6. Zaključak

Dobrobit međusobne kompatibilnosti SAS-a i SATA-e će se proširiti od osobnih računala do podatkovnih centara. Taj dobitak uključuje sigurnost ulaganja u SCSI software, bolje HDD performanse i veće adresabilnosti uređaja. Zbog toga što SATA i SAS koriste iste fizičke konektore kupci imaju fleksibilnost da odaberu rješenje koje koristi i SAS i SATA uređaje. Ta fleksibilnost je ključna za adaptiranje novim potrebama.

## **7. Literatura**

### 1. Internet