جلسه دهم

Communication یا ارتباطات در یک سیستم توزیع شده

ابتدا مفهوم کلی Communication و روش های مطرح در آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس هر یک از این روش ها را به تفصیل بررسی کرده و جزئیات، مزایا و معایب آن بررسی خواهد شد. در دیدگاه کلی یکی از متداول‌ترین روش های ارتباط در یک سیستم توزیع شده، استفاده از ارسال پیغام می‌باشد. اما ایرادی که بر این سیستم می‌توان وارد کرد، این است که در یک سیستم مبتنی بر ارسال پیغام ایجاد سیستم های بزرگ بر پایه شبکه های on Secure کار چندان ساده ای نیست و در واقع به دلیل امن نبودن شبکه امکان به دست آوردن امکانات اولیه در سیستم موجود نیست و چه بسا پیغام هایی که بدین سان در این شبکه ارسال می شوند گم شوند و ارتباط را نامیسر سازد.

به طور کلی در یک سیستم مبتنی بر لایه چهار مدل ارتباطی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱- مدل RPC یا Remote Procedure Call است. این مدل مناسب برای سیستم های کلاینت سرور یا مشتری کارگزاری می‌باشد.

۲- RMI یا Remote Method Invocation است. یعنی روش مبتنی بر فراخوانی متدهای راه دور .

در مباحث بعدی، تفاوت بین Procedure Call و Method Invocation مورد بررسی قرار می‌گیرد. که در واقع این روش مبتنی بر Object های توزیع شده است و در قالب ROI یاInvocation Remote object قرار خواهد گرفت.

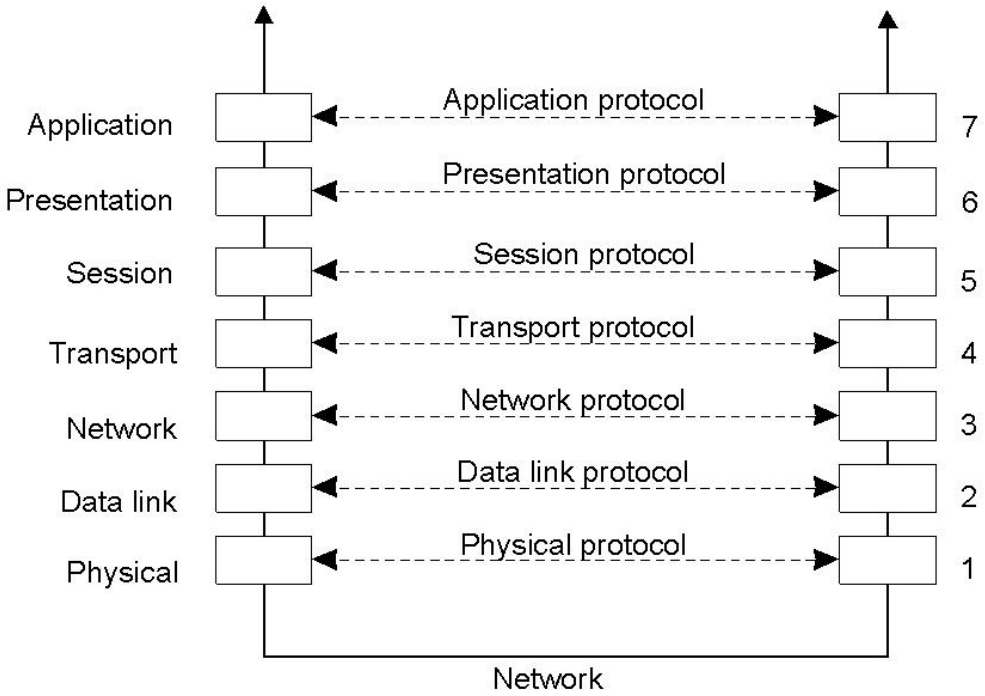
مدل بعدی مدل MOM یا Message Oriented Middle Ware به معنای یک میان افزار مبتنی بر پیغام است. کاربرد آن در پیغام های سطح بالا و مدلینگ صفحه ی سطح بالاست.

روش دیگر روش Stream ها یا جویبارهای داده‌ای است که جریانی از پیغام های پیوسته با توجه به محدودیت های زمانی موجود در سیستم ها در این تکنیک ایجاد خواهد شد.

قبل از بررسی هر از این مدل‌ها، پروتکل‌های لایه‌ای موجود در سیستم های توزیع شده و شبکه‌های ارتباطی به صورت مختصر عنوان خواهد شد.

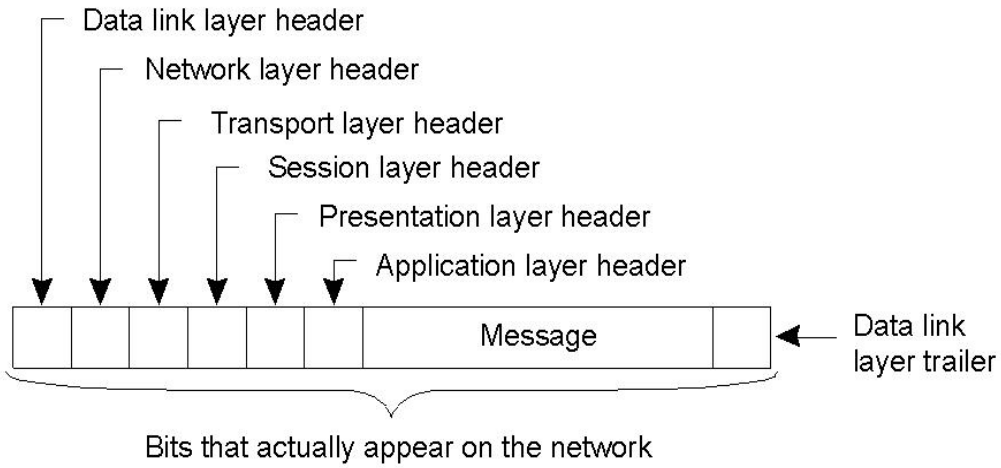
پروتکل‌های لایه‌ای

با فرض اینکه هر یک از مدل های مطرح شده را به کار ببریم بطور حتم نیاز به ارسال پیغام وجود دارد و آنچه که در این مدل ها مورد توجه قرار می گیرد ساختارهای مختلف پیغام است. برای ارسال پیغام از یک ماشین به ماشین دیگر باید توافقات مختلفی بین ماشین ها انجام شود، این توافقات از پائین ترین سطح ارتباطی که لایه‌ی فیزیکی نام دارد و مبتنی بر انتقال بیت‌ها می‌باشد شروع می‌شود و در بالاترین سطح ارتباطی که در واقع نحوه ی پردازش اطلاعات است به پایان می رسد. بنابراین در تمامی این لایه ها باید توافقاتی انجام شود این توافقات همان پروتکل هایی است که مدنظر در یک سیستم ارتباطی قرار می گیرند. این پروتکل ها بر حسب مدل های مختلفی دسته بندی می‌شوند و در هر مدل پروتکل های خاصی قرار می گیرد. یکی از معروف ترین مدل ها، مدل مرجع OSI است که سطوح مختلفی در ارتباطات را مورد بررسی قرار می دهد و در این مدل مشخص می شود که در هر لایه چه کاری انجام خواهد شد. استفاده از این مدل باعث خواهد شد که سیستم های باز با استفاده از قوانین استاندارد ایجاد شوند و بتوانند با یکدیگر کار کنند.



پروتکل‌های لایه‌ای

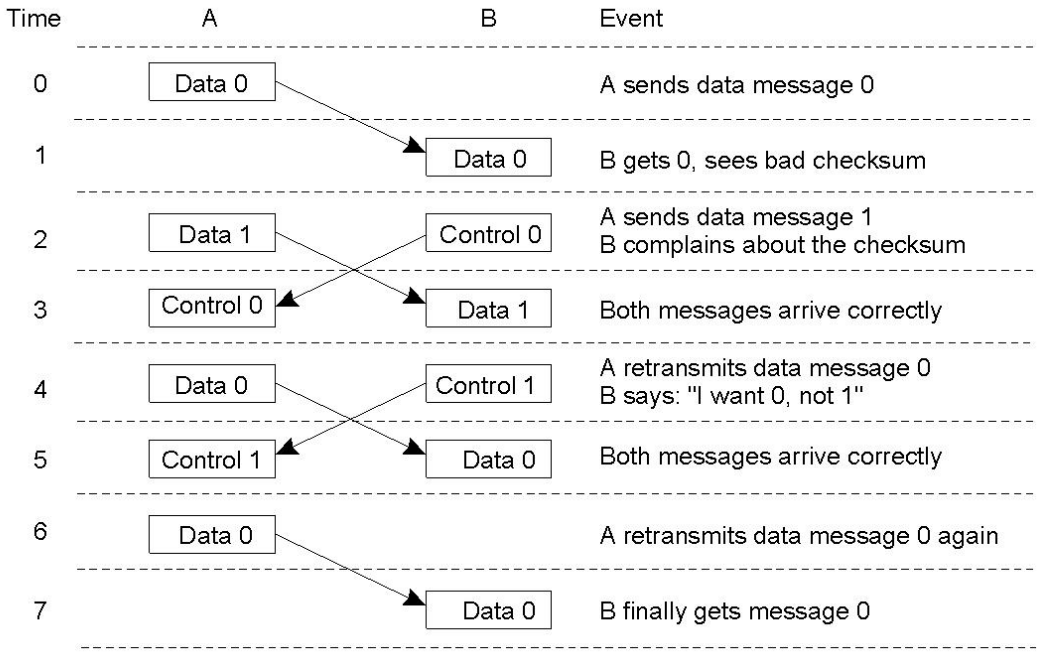
لایه‌های مختلف مدل OSI در شکل مشاهده می‌شود، با توجه به شکل، هفت لایه ی مختلف در مدل OSI وجود دارد، که بالاترین لایه، لایه ی Application و پائین ترین لایه، لایه ی فیزیکی است. برای هر کدام از این لایه ها در مدل OSI تعدادی پروتکل تعریف می شود. با توجه به شکل، بعد از لایه Application ، لایه ی Presentation (لایه نمایش)، لایه ی Session (لایه دوره کار) ، لایه‌ی Transport (لایه ی انتقال)، لایه ی Network (شبکه) و Data link (لایه داده) است. در این مدل برای اینکه یک پیغام از یک ماشین به ماشین دیگر ارسال شود باید از لایه‌های مختلفی عبور کند.



با توجه به شکل، یک پیغام دارای Headerهای مختلفی است که هر یک از این Headerها اطلاعات مربوط به یک لایه را نشان می دهند. به عنوان مثال، در این پیغام که یک پیغام نوعی است. یعنی ساختار نوعی یک پیغام منتشر شده در شبکه ای که بر اساس مدل مرجع OSI طراحی شده است را نشان می دهد، در قسمت های مختلف این پیغام Header های مختلفی قرار گرفته است. حال به طور مختصر هر یک از این لایه ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مدل OSI پائین ترین لایه، لایه ی فیزیکی است که وظیفه‌ی لایه فیزیکی انتقال صفر و یک ها خواهد بود و وظیفه ی دیگر آن استاندارد سازی مفاهیم الکتریکی، مکانیکی و سیگنالینگ است. لایه ی بالاتر آن لایه ی Data link است که در واقع وظیفه ی اصلی آن بررسی صحت الگوی بیتی (Bit Pattern) است و چنانچه در واقع خطایی در الگوی بیتی یا بیت های ارسال شده کشف کند درخواست انتقال مجدد را خواهد کرد.

در شکل زیر نمایی که در لایه ی data link اتفاق می افتد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

دو ماشین A,B در زمان صفر قصد ارسال اطلاعات را دارند با توجه به شکل، Data 0 از سمت A به سمت B ارسال می شود این Data 0 در قالب یک پیغام ارسال می شود.

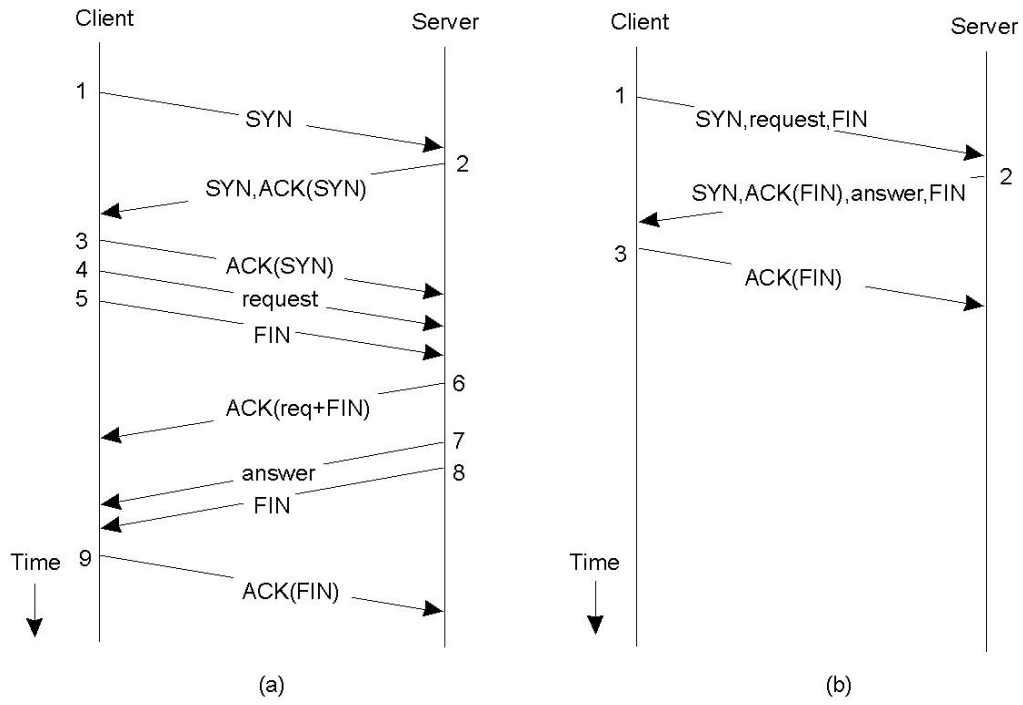


در زمان ۱ ماشین B این Data را دریافت می کند و در لایه ی Data link درستی bit های آن را بررسی می کند و متوجه می شود که خطایی در این Packet وجود دارد. بنابراین در زمان ۲ یک bit کنترلی به سمت ماشین A می فرستد و مشخص می کند که ایرادی در Data اولیه وجود دارد. هر زمان ماشین A داده ی دیگری برای B می فرستد در زمان ۳ کنترل ۰ و داده ی ۱ به هر دو ماشین به سلامت می رسند. در زمان ٤، A مجدداً داده ی ۰ را ارسال می کند اما B یک داده ی کنترلی ارسال می کند به این معنی که می گوید من داده ی صفر را می خواستم اما شما داده ی یک را فرستاده اید در واقع شکایت از ارسال نامناسب داده است. در زمان ٥ کنترل ۱ به ماشین A می رسد و داده ی صفر مجدداً به ماشین B می رسد، اما چون کنترل یک حاوی اطلاعاتی مبنی بر Retransmits داده صفر است. در زمان ٦، ماشین A مجدداً داده ی صفر را ارسال می کند و در زمان ۷ در نهایت داده ی صفر به سلامت به مقصد می رسد. همانطور که در این Level مورد توجه قرار گرفت، با توجه به پروتکل موجود در Data link layer در واقع داده ی صفر، ۳ بار منتقل (Transmit) شد و انتقال اول با خطا همراه بود. Transmit دوم گرچه صحت داشت به دلیل وجود پروتکل Data link leyer مورد پذیرش قرار نگرفت و در Transmit سوم داده ی مورد نظر به ماشین مورد نظر منتقل شد.

لایه ی شبکه در پروتکل OSI وظیفه ی مسیریابی(Rotting) را بر عهده دارد که معمولاً استفاده از پروتکل IP یا Internet Protocol بسیار مورد استفاده می باشد. لایه ی بعدی لایه ی Transport یا لایه ی انتقال است که وظیفه ی اصلی آن این است که شبکه ی زیرین این لایه را به گونه ای تغییر دهد که یک برنامه نویس (application developer) یا کسی که کار کاربردی انجام می دهد بتواند از آن استفاده کند. در واقع در این راستا پیغام ها را به تکه های کوچک برای انتقال می‌شکند و به هر تکه یک شماره ی ترتیبی(sequence number) اختصاص می دهد و سعی می‌کند که پیغام ها را بدون خطا و در یک ترتیب مشابه ارسال کند. در این لایه دو پروتکل TCP (Transmission Control Protocol)و UDP (Universal Datagram Protocol) مورد استفاده قرار می گیرد.

Client- Server TCP

در این بخش نحوه عملکرد پروتکل TCP در یک سیستم کلاینت سرور مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



با توجه به شکل، برای ارتباط بین کلاینت و سرور، ابتدا از سوی کلاینت یک سیگنال هماهنگی به سوی سرور ارسال می شود. سرور پیغام تأیید دریافت هماهنگی (synchronization) را به همراه یک سیگنال synchronization دیگر و یا سیگنال همگام سازی به سوی کلاینت ارسال می کند.

کلاینت، تأیید دریافت synchronization را در گام سوم به سرور می فرستد. این مراحل تنها به معنای آماده سازی بستر ارتباطی بین کلاینت و سرور است و از این پس این دو می توانند با یکدیگر ارتباط داشته باشند. در مرحله چهارم به بعد درخواست‌های کلاینت می تواند به سوی سرور ارسال شود. بنابراین با توجه به آنچه در شکل نشان داده شده است، یک درخواست از کلاینت به سمت سرور ارسال می شود و بعد از آن در زمان ۵ در واقع سیگنال مبنی بر پایان درخواست از کلاینت به سمت سرور خواهد رفت. در زمان ٦ سرور Acnolagh درخواست و Finalize شدن درخواست را به سوی کلاینت می‌فرستد و درخواست را پردازش کرده و پاسخ را در زمان ۷ به همراه سیگنال پایان پاسخ به سوی کلاینت خواهد فرستاد و کلاینت تأیید دریافت سیگنال پاسخ را ارسال می کند.

همانطور که در این پروتکل می بینید به ازای هر درخواست حتماً سمت مقابل سیگنال تأیید، دریافت آن سیگنال را ارسال خواهد کرد. ایرادی که بر این روش وارد خواهد شد، این است که تعداد سیگنال synchronization بین سمت کلاینت و سرور زیاد است. در مدل دیگری از TCP که در شکل بعد نشان داده شده است و به عنوان Transactional TCP شناخته می‌شود، سعی شده است که تعداد این سیگنال ها که در زمان های مختلف و به صورت مستقل ارسال می شوند کاهش پیدا کند. بنابراین سیگنال‌های synchronization و Request و Final همزمان در یک بسته از سمت کلاینت به سرور فرستاه می شود و سرور سیگنال synchronization ، تأیید دریافت فاینال، پاسخ و سیگنال مربوط به فاینال شدن پاسخ را در یک بسته به سمت کلاینت می فرستد و در واقع در زمان ۳ تنها تأیید دریافت سیگنال فاینال از سمت کلاینت به سمت سرور ارسال خواهد شد.

پروتکل‌های سطح بالاتر (Higher Level Protocol)

لایه‌های بالاتر از لایه مربوط به Transport layer در واقع سطوح دسترسی بالاتری را ایجاد می کند. این لایه ها مانند، Session، Presentation، Application هستند. در لایه Session می‌توان گفت

این لایه یک گونه بهبود یافته از transport یا لایه انتقال است. دیالوگ های کنترلی و امکانات هماهنگ سازی در این لایه وجود دارد و در واقع این امکان وجود دارد تا به کمک این لایه مشخص شود کدام قسمت از شبکه در حال برقراری ارتباطات است و در واقع امکان اضافه شدنCheck point هایی در پیغام‌ها برای بکار بردن این Check point ها در زمان خرابی نیز وجود دارد. در لایه Presentation معانی بیت ها معلوم می شود و در واقع رکوردهایی ایجاد می شود که شامل فیلدها هستند. در واقع تفسیر رشته بیتی در لایه Presentation به نوعی انجام می شود و لایه آخر که لایه Application است شامل تمامی برنامه های کاربردی و پروتکل ها است، که در سایر لایه ها قرار نمی‌گیرد.

نقطه ضعف هایی در مدل OSI وجود دارد. از مهمترین آنها این است که در این مدل نمی توان بین Application و Application specific protocol ها یعنی پروتکل هایی که به نوعی توسط Application ها مشخص می شوند فرق قرار داد. از جمله اینApplication specific protocol ها می توان به پروتکل FTP که در واقع به نوعی جایگاه آن در لایه Application است اشاره کرد و شاید سایر پروتکل های عام منظوره (general purpose) نیز در این گروه قرار گیرند. برای رفع این مشکل از پروتکل‌های میان افزار (Middleware) استفاده می‌شود. یک پروتکل Middleware در واقع Applicationی است که در لایه Application زندگی می کند و شامل پروتکل های عام منظوره، مانند پروتکل های تعیین هویت (Authentication) ، پروتکل‌های نهایی سازیTransaction ها (Commit)، پروتکل های قفل گذاری و محافظت از منابع می‌باشد.

هر یک از این پروتکل ها خود جای بحث بسیار دارد و در این مرحله تنها با کلیات آنها آشنا شدید.

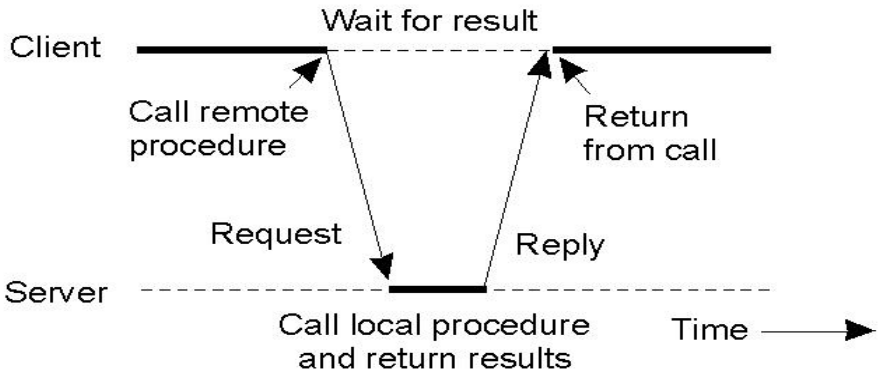
پروتکل‌های ارتباطی

بعد از عنوان مطالب مربوط به پروتکل‌های ارتباطی به بحث در مورد مدل‌های ارتباطی خواهیم پرداخت. با توجه به مطالب پیشین، یکی از این مدل ها Remote Procedure Call یا فراخوانی یک رویه از راه دور است. در این مدل اجازه می دهیم که یک برنامه، Procedure ها یا برنامه هایی را که بر روی ماشین دیگری در سطح شبکه قرار گرفته اند فراخوانی کند و فراخواننده تا زمانیکه پاسخ آن آماده شود معلق خواهد شد. در واقع در این سیستم، ماشینی زیر برنامه ای را بر روی ماشین دیگر اجرا می کند. در این متد

هیچ ارسال پیغامی در سطح programmer به هیچ وجه قابل مشاهده نیست، این به این معنی نیست که ارسال پیغام در Remote Procedure Call وجود ندارد. در واقع یک لایه دسترسی بالاتر در اینجا قرار گرفته است و برنامه نویس ارسال پیغام ها را نمی بیند. مشکلاتی که در این روش وجود دارد این است که ماشین‌های مختلف ممکن است فضای آدرس دهی مختلفی داشته باشند و این در اجرای کدهای مختلف تأثیرگذار خواهد بود، و در نتیجه مدیریت آنها پیچیدگی هایی را به RPC اضافه می کند. نکته دیگر این است که اگر ماشینها مشابه نباشند، ممکن است از پارامترها و نتایج تفسیر یکسانی نشود و این هم پیچیدگی هایی را در سیستم اضافه می کند. به عنوان مثال اگر RPC از روی یک ماشین PC بر روی یک ماشین main frame انجام شود از آنجایی که ساختار و معماری آنها لزوماً یکسان نیستند تفسیر فضای آدرس ممکن است یکسان نباشد. نکته دیگر، خطاهای رخ داده در ماشین هاست. اگر ماشینی که RPC بر روی آن انجام شده است به هر دلیل دچار خطا شود، ممکن است باعث معلق ماندن بینهایت در ماشین فرا خواننده شود.

اجزای RPC

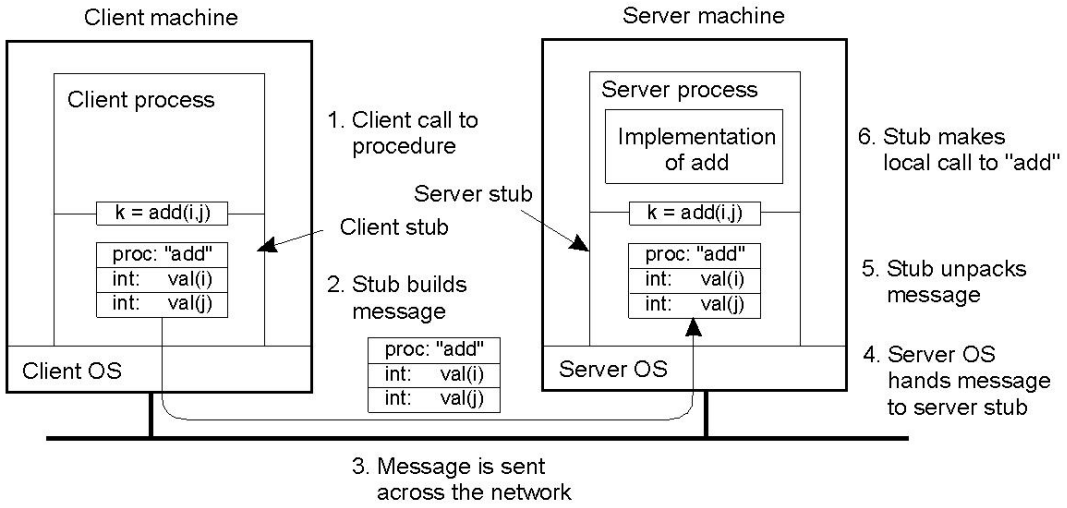
به طور کلی در روند RPC دو جزء اصلی وجود دارد: یک جزء را به عنوان بر چسب به سمت مشتری (client stub) و جزء دیگر را به عنوان بر چسب به سطح سرور (server stop) خواهد بود. Client Stub وظایفی بر عهده دارد : از جمله آنکه مانند فراخوانی‌های ماشین‌های سنتی، ترتیب اعمالی که باید در فراخوانی انجام شود را بکار می برند و مانند سیستم های سنتی از سیستم عامل محلی درخواست می کند و فراخوانی را با آن انجام می دهد. اما بر خلاف ماشین‌های سنتی از سیستم عامل نمی‌خواهد که داده ها را دریافت کند، بلکه پارامترها را در قالب یک پیغام بسته بندی می‌کند و از سیستم عامل می خواهد که آن را به سمت سرور ارسال کند. در سمت سرور، server stub روندی برعکس را طی می کند و درخواست ها را به فراخوان های محلی تبدیل می کند و پس از اینکه فراخوانی به پایان رسید پاسخ ها را در قالب یک پیغام به سمت کلاینت ارسال می کند.



در شکل روند کلی یک RPC نشان داده شده است. همانطور نشان داده شده است کلاینت در نقطه ای یکRemote Procedure Call انجام می دهد و درخواست را به سمت سرور می فرستد و خود منتظر می ماند و سرور یک فراخوانی محلی انجام می دهد و درخواست ها را به سمت مشتری می فرستد. اما نکته مهم در سیستم RPC بحث انتقال پارامترهای یک رویه است.

انتقال پارامتر RPC (RPC Parameter Passing)

برای انتقال پارامترها دو تکنیک وجود دارد، یک تکنیک را ارسال به کمک مقدار (Call by value) می‌دانیم که یکی از تکنیک های متداول و پرکاربرد است. یکی از مفاهیم مهم در تکنیک Call by value یا ارسال با کمک مقدار تکنیک یا مفهوم Parameter Marshaling است. در واقع در Parameter Marshaling پارامترها در داخل Packetها بسته بندی شده و به سمت سرور ارسال می شوند. در شکل روال یک RPC که تکنیک Parameter passing آن Call by value است را مشاهده می‌نمایید.

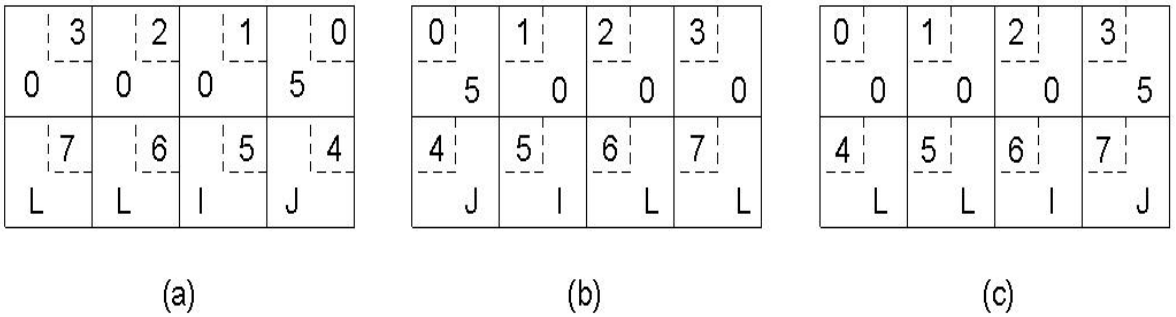


با توجه به شکل، در مرحله اول در سمت ماشین کلاینت، کلاینت فراخوانی را انجام می دهد و این فراخوانی به client stub می رسد. Client stub در گام دوم پیغام مورد نظر را می سازد. در این پیغام، عوامل مورد نیاز و ضروری Procedure مورد نیاز و پارامترهای آن است. به عنوان مثال در اینجا Procedure ، Procedure add و پارامترهای آن I و G است. دو مقدار در Packet مربوطه قرار می گیرد، این Packet در قالب یک پیغام از شبکه عبور کرده به سمت سرور می رود. سیستم عامل سرور در گام چهارم پیغام را دریافت کرده و با توجه به Header آن تشخیص می‌دهد که باید آن را به server stub بفرستد. Server stub در گام پنجم پیغام را Unpack می‌کند و در واقع می‌بیند که این پیغام نیازمند اجرای Procedure add با دو پارامتر مشخص در آن است، که در واقع این پارامترها در Package یا در Message ، Marshal شده اند. در گام ششم stub یک فراخوانی محلی به Procedure add که پیاده سازی آن در سطح سرور صورت گرفته است، انجام خواهد داد و مجدداً پاسخ را برای ماشین کلاینت ارسال خواهد کرد. مسیر برگشت پاسخ در این شکل نشان داده نشده است. گرچه ارسال پارامتر با استفاده از مقدار، روند خوب و ساده ای است که به سادگی می توان از آن استفاده کرد، اما مشکلاتی نیز دارد.

انتقال پارامتر RPC (RPC Parameter Passing)

از جمله مشکلات روش Call by value می‌توان به این نکته اشاره کرد که در این روش ممکن است وجود کدینگ‌های مختلف بر روی ماشین های مختلف مشکلاتی ایجاد کند. به عنوان مثال ممکن است

ماشینی از کدینگ ASCII استفاده کند، یعنی در واقع جدول کدینگ ASCII را به کار ببرد و در نتیجه در این حالت تفسیر یک عدد با توجه به جدول کد ASCII خواهد بود در حالی که ماشین سرور از کدینگ دیگری مانند EBCDIC استفاده کند، که در اینجا مقادیر عددی تفسیرشان بر روی دو ماشین متفاوت خواهد شد. مشکل دیگر در بحث نمایش داده‌ها می‌باشد که با توجه به مفهوم Little endianو Big endian ممکن است در ماشین های مختلف رخ دهد. جهت بررسی بیشتر این مسأله به مثال زیر توجه کنید. فرض کنید یک داده ۸ بایتی از روی یک ماشین پینتوم که مبتنی بر معماری intel است به یک ماشین Spark منتقل شود. شکل a ساختار این داده را نشان می دهد. اعداد ریز نوشته شده در هر سلول نشان دهنده شماره بایت است. وقتی که این داده به سمت ماشین دیگری می رود و از آنجایی که تکنیک بکار برده شده در ماشین Spark مشابه تکنیک بکار برده شده در ماشین intel نیست، یعنی ترتیب بایت ها تغییر می کند، بنابراین در بایت شماره صفر مقدار ۵ قرار می گیرد. آنچه که در اینجا مهم است این است که ترتیب ارائه در حافظه تغییر کرده است. یعنی اگر به شکل a نگاه کنید بایت شماره ۳ در گوشه سمت چپ بالا قرار گرفته است، اما در شکل b بایت شماره ۵ در گوشه سمت چپ بالا قرار گرفته است. لذا اگر قرار باشد تفسیری که در ماشین a انجام می شد بر روی byte sequence در ماشین b انجام شود، احتمال دارد که داده دیگری برداشت شود. بنابراین باید در اینجا عملیات اضافه ای انجام شود که تفسیر به درستی صورت گیرد، این عملیات اضافه در واقع با توجه به نحوه نمایش داده ها در دو ماشین خواهد بود و شکل c نمایش حاصل از پردازش را که می تواند در ماشین Spark استفاده شود، نشان می‌دهد.



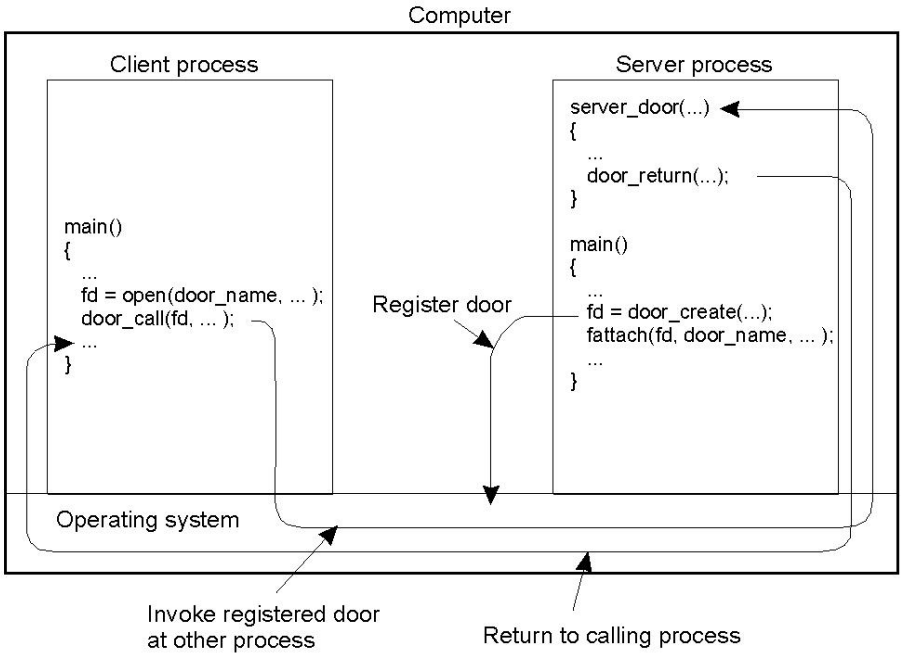
(a) (b) (c)

ارسال پارامترهای ارجاعی (Passing Reference Parameter)

در ارسال پیغام در RPC از مفهوم دیگری نیز می‌توان استفاده کرد که آن را ارسال پارامترها باReference یا پارامترهای ارجاعی می‌نامند. در این روش به جای آنکه مقدار پارامتر در داخل یک پیغام به سمت ماشین سرور فرستاده شود ارجاع آن یا آدرس آن فرستاده خواهد شد و بنابراین در داخل هر پیغام آدرس پارامترها وجود خواهد داشت. بدیهی است که ایراداتی به این روش وارد است. از جمله اینکه استفاده از آن برای ساختارهای داده پیچیده چندان ساده نیست و در عین حال برای دسترسی به فضای آدرس یک ماشین دیگر باید سطح دسترسی های لازم را ایجاد کرد.بنابراین به طور کلی می توان عنوان کرد در پروتکل مربوط به RPC مواردی مانند فرمت پیغام، نحوه نمایش داده ساختارها یا ساختمان‌های داده‌های ساده و همچنین نحوه برقراری ارتباط داده‌ای بین دو ماشین باید تعیین شود، که می‌تواند Connection oriented یا Connection less باشد که باید در پروتکل های مربوط به RPC تعیین شده و مورد استفاده قرار گیرد و چه بسا که در پروتکل های مختلف تکنیک های مختلفی به کار گرفته شوند.

RPC توسعه یافته (Extended RPC)

با توجه به ایرادات و یا حالت‌های خاصی که در RPC وجود دارد، RPCهای توسعه یافته یا Extended RPC نیز وجود دارد. از جمله مفاهیم RPC های توسعه یافته می‌توان به مفهوم Door یا درها اشاره کرد. این مفهوم این گونه بیان می‌شود که وقتی مشتری و کارگزار بر روی یک ماشین قرار دارند آنگاه در واقع ارسال پیغام زیاد عقلانی نیست. بنابراین در این حالت به جای آنکه از تکنیک RPC با مفاهیم قبلی استفاده شود از تکنیک Door استفاده می شود. پس به طور کلی می توان گفت که Door مفهومی است هم ارز RPC برای فرایندهایی که بر روی یک ماشین قرار دارند. در واقع از دیدگاه پیاده سازی می‌توان گفت که Door یک اسمGeneric است که در فضای آدرس سرور ثبت می شود و توسط فرآیندی که بر روی همان سرور قرار دارد فراخوانی می شود؛ بدیهی است که این مفهوم باید در سطح سیستم عامل محلی Support شود و فرآیند سرور باید یکDoor را قبل از استفاده از آن در فضای نام‌ها رجیستر کند تا امکان استفاده از آن فراهم گردد. در شکل زیر مفهوم استفاده از Doorها نشان داده شده است.



با توجه به شکل، در اینجا یک ماشین وجو دارد، اما یک فرایند سرور و یک فرایند کارگزار هر دو بر روی یک ماشین قرار گرفته است. فرآیند سرور در ابتدا یک Door را ایجاد می کند و این باعث می‌شود که Door مورد نظر در فضای آدرس سیستم عامل ثبت گردد و سپس فرآیند کلاینت می تواند با دستورات ساده‌ای مانند Open این Door را باز کرده و امکان فراخوانی زیر برنامه‌هایی که در سمت سرور قرار دارند را مهیا کند.