

در این مقاله آموزشی قصد داریم به یکی از مهمترین و اساسی ترین مفاهیم تعریف شده در پایگاه داده بنام تراکنش ها بپردازیم. بعنوان تعریف می توان اینگونه بیان نمود که تراکنش یک واحد کاری منطقی است که عملی را بر روی پایگاه داده انجام می دهد. عموما تراکنش ها دنباله ای از عملیات پایگاه داده هستند که رویه هم رفته انجام یک کار یا وظیفه را بر عهده دارند. نکته مهمی که در مورد تراکنش ها مطرح می شود اینست که آنها باید به گونه ای مدیریت شوند که پایگاه داده را از یک وضعیت سازگار و درست (consistent) به وضعیت سازگار دیگری ببرند. به بیان دیگر اگر تراکنش از چند عملیات تشکیل شده باشد، پس از پایان اجرای تمامی عملیات مربوط به تراکنش نباید در داده های پایگاه داده هیچ تناقضی با قوانین پایگاه داده (integrity rules) بوجود بیاید. مزیت استفاده از تراکنش نیز همین مسئله است که به توسعه دهنده نرم افزار این اطمینان را می دهد که صحت و درستی پایگاه داده در اثر اجرای دستورات او از بین نخواهد رفت. علاوه بر آن اگر در حین اجرای یکی از دستورات خللی ایجاد گردد، پایگاه داده دوباره به وضعیت سازگار قبلی خود باز گردانده خواهد شد. نسل های اولیه سیستم های مدیریت پایگاه داده فاقد پیاده سازی تراکنش بودند و به همین دلیل توسعه دهندگان کار بسیار مشکلی در شبیه سازی این واحدهای یکپارچه منطقی داشتند. خوشبختانه اکثر DBMS های امروزی این مفهوم مهم را پشتیبانی می کنند و نیازی به نگرانی در مورد پیاده سازی آن نیست. تنها کاری که لازم است انجام گیرد کسب مهارت در زمینه استفاده از آنهاست.

تعریف تراکنش ها و مشخص کردن عملیات موجود در آنها اغلب توسط خود توسعه دهنده برنامه صورت می گیرد. اوست که تعیین می کند تراکنشش باید چه عملیاتی را با چه ترتیبی انجام دهد. اما در کنار این قسم از تراکنش ها که توسط کاربران تعریف می شود، تراکنش های دیگری نیز وجود دارند که توسط خود سیستم مدیریت پایگاه داده تعریف می شوند. به این قبیل تراکنش ها که واحدهای کاری بسیار کوچک و عموما تجزیه ناپذیری هستند تراکنش های خودکار یا auto transactions گفته می شود. بعنوان مثال اگر ما تراکنشی را تعریف کرده باشیم که شامل یک عمل خواندن و یک عمل درج باشد، در هنگام اجرا سیستم این تراکنش را به دو تراکنش کوچکتر می شکند که در یکی عمل خواندن و در دیگری عملی نوشتن و درج را انجام می دهد. البته توجه داشته باشید که اگر چه این دو عملیات جدا و مستقل از هم اجرا می شوند اما رابطه منطقی آنها با یکدیگر حفظ می شود و در صورت خللی در یکی از آنها اثر دیگری نیز بازگردانده شده و پایگاه داده دوباره به حالت قبل از اجرا برگردانده می شود. به این کار عمل undo شدن تراکنش گفته می شود.

گفتیم که تعریف تراکنش توسط کاربر صورت می پذیرد و مدیریت آن بر عهده پایگاه داده قرار می گیرد. در این میان نکته حائز اهمیتی وجود دارد که در اینجا باید به آن اشاره شود. اندازه تراکنش نقشی بسیار موثر در کارایی پایگاه داده ایفا می کند. توجه داشته باشید که اندازه تراکنش ها نباید خیلی بزرگ باشد. چراکه منجر به بزرگ شدن بیرویه فایل مربوط به ثبت وقایع پایگاه داده (log file) می گردد. تمامی عملیات تاثیر گذار بر روی پایگاه داده در این فایل ثبت می شوند تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از عمل بازیابی و ترمیم پایگاه داده (recovery) را انجام داد. بزرگ بودن این فایل در هنگام ترمیم می تواند بر روی کارایی تاثیر گذار باشد. علاوه بر این موضوع اندازه تراکنش ها اثر سوء دیگری نیز می تواند در پی داشته باشد و آن محدود نمودن درجه همروندی است. یعنی اگر اندازه تراکنش بیش از حد معمول باشد ممکن است بر روی تعداد تراکنش هایی که می توانند بطور موازی و همزمان اجرا شوند تاثیر منفی بگذارد. چرا که معمولا در آغاز تراکنش بر روی منابعی که مورد استفاده تراکنش قرار می گیرد قفل گذاری می شود تا بگونه ای مسئله نواحی بحرانی حل شود. این قفل ها زمانی آزاد می شوند که تمامی عملیات داخل تراکنش بطور کامل اجرا شده باشند یا اینکه مشکلی در حین اجرا بوجود آید. در این صورت هرچه تراکنش بزرگتر باشد اجرای آن بیشتر طول خواهد کشید و در نتیجه قفل های آن نیز دیرتر آزاد می شوند. بدین ترتیب سایر تراکنش هایی که می خواهند از منابع مشترک استفاده کنند باید تا پایان اجرای تراکنش بزرگ ما منتظر بمانند. این مسئله یعنی کاهش درجه اجرای موازی با همروندی که اگر در سیستم های بزرگ به آن دقت نشود به گلوگاهی تبدیل خواهد شد و کارایی را به نحو قابل توجهی کاهش می دهد. **تعریف تراکنش ها** :

بدنه اصلی هر تراکنش را چهار کلمه کلیدی تشکیل می دهند که البته ممکن است صریحا در تعریف توسط کاربر لحاظ نشوند اما این چهار کلمه کلیدی باید در تمامی تراکنش ها چه بصورت صریح و چه بصورت ضمنی آورده شوند. این کلمات عبارتند از BEGIN TRANSACTION، END TRANSACTION، ROLLBACK و COMMIT. کلمات کلیدی BEGIN TRANSACTION و END TRANSACTION همانطور که از نامشان پیداست آغاز و پایان یک تراکنش را نشان می دهد. اینکه تراکنش از چه نقطه ای آغاز و در چه نقطه ای به پایان رسیده است برای مدیریت آن بسیار مهم و حیاتی است بخصوص در مواقعی که در حین انجام مشکلی پیش بیاید. از کلمه کلیدی

ROLLBACK هنگامی استفاده می‌کنیم که بخواهیم تغییری که تا این لحظه بر روی پایگاه داده صورت گرفته است را مجدداً بی اثر کنیم و پایگاه داده را به حالت پیش از شروع تراکنش بازگردانیم. توجه داشته باشید که در برخی از مواقع ممکن است این کلمه را خودمان در بدنه تراکنش مستقیماً قرار دهیم. بعنوان مثال یک خطای منطقی را در بخشی از روال انجام تراکنش با یک عبارت شرطی تشخیص می‌دهیم و با استفاده از ROLLBACK به مدیریت پایگاه داده اعلام می‌کنیم که عملیات بازگردانی را انجام بده. گاهی ممکن است ما صریحاً این کلمه را در تراکنش نیاورده باشیم اما درحین انجام تراکنش خطایی رخ دهد، در این صورت خود سیستم مدیریت پایگاه داده خطا را شناسایی کرده و عملیات مربوط به ROLLBACK را انجام می‌دهد تا صحت و سازگاری پایگاه داده حفظ گردد. کلمه کلیدی COMMIT نیز باید در انتهای تراکنش آورده شود تا به مدیریت پایگاه داده اعلام شود که عملیات کامل شده است و تغییرات باید در پایگاه داده بطور فیزیکی اعمال شوند. توجه داشته باشید که تا زمانی که مدیریت پایگاه داده به دستور COMMIT نرسیده باشد، تغییرات را جهت اعمال بر روی حافظه فیزیکی به واحد مدیریت حافظه نمی‌دهد و بنابراین این تغییرات تا پیش از COMMIT از چشم سایر کاربران مخفی خواهد ماند.

نکته ای که در اینجا وجود دارد این است که فرمان COMMIT به معنی این نیست که بلافاصله تغییرات بر روی دیسک و حافظه جانبی نوشته می‌شود. بلکه به این معنی است که تمامی عملیات تراکنش با موفقیت انجام شده است و سیستم مدیریت پایگاه می‌تواند آنها را برای نوشته شدن در حافظه جانبی به واحد مدیریت حافظه تحویل دهد. در اینجا است که یکی دیگر از پیچیدگی‌های طراحی سیستم مدیریت پایگاه داده روشن می‌شود و آن اینست که این سیستم باید بنحوی این داده‌ها را در فاصله بین COMMIT و نوشته شدن در حافظه برای سایر کاربران قابل مشاهده نماید. در ادامه نمونه ای از یک تراکنش را مشاهده می‌کنید :

```
BEGIN TRANSACTION;
INSERT INTO SP RELATION {S# S#('S5'), P# P#('P1'),
                        QTY QTY(1000)}};
IF any error occurred THEN GOTO UNDO; END IF;
UPDATE P WHERE P# = P#('P1')
      TOTAL:=TOTAL + QTY(1000);
IF any error occurred THEN GOTO UNDO; END IF;
COMMIT;
GOTO FINISH;
UNDO: ROLLBACK;
FINISH: RETURN;
```

همانطور که مشاهده می‌کنید تراکنش بالا دارای تمامی بخش‌های اصلی تراکنش که ذکر شد می‌باشد. البته این امکان وجود دارد که صراحتاً این کلمات را در تعریف بدنه تراکنش نیاوریم. بعنوان مثال می‌توان از آوردن COMMIT صرف نظر کرد. در این صورت خود سیستم مدیریت پایگاه داده پس از اجرای آخرین دستور تراکنش در صورتی که هیچ خطایی رخ نداده باشد بطور خودکار عمل COMMIT را انجام می‌دهد. این امر در مورد ROLLBACK و END نیز صادق است. اما در مورد BEGIN TRANSACTION نکته ای وجود دارد و آن اینست که ما باید به پایگاه داده اعلام کنیم که بطور خودکار در پایان یک تراکنش برای شروع تراکنش بعدی BEGIN TRANSACTION را لحاظ کند. این کار را باید با دستور SET IMPLICIT TRANSACTION ON انجام دهیم.

گفتیم که وقوع خطا می‌تواند توسط برنامه نویس شناسایی شود و یا توسط سیستم. یک نمونه از تشخیص خطا توسط برنامه نویس را در مثال بالا مشاهده می‌کنید. عموماً در این قبیل خطاها پس از انجام عمل ROLLBACK تراکنش UNDO شده و اجرای آن متوقف می‌شود که اصطلاحاً می‌گوییم تراکنش ABORT می‌شود. اما در مورد خطاهایی که خود سیستم تشخیص می‌دهد وضع به این منوال نیست. در شرایط خطا، سیستم پس از UNDO کردن تراکنش عموماً آن را ABORT نمی‌کند بلکه مجدداً اجرا می‌کند که به این عمل REDO گفته می‌شود. در بخش‌های بعدی بطور کامل در مورد دو عمل REDO و UNDO بحث خواهیم کرد. **ویژگی‌های تراکنش‌ها :** هر تراکنشی که در سیستم اجرا می‌شود باید دارای چهار ویژگی باشد. در حقیقت این ویژگی‌ها باید به نحوی تامین شوند تا مقصود و هدف کلی تراکنش‌ها که بردن پایگاه داده از یک وضعیت صحیح به وضعیت صحیح دیگری است برآورده شود. در ادامه هر کدام را یک به یک شرح می‌دهیم : **Atomicity:**

اولین ویژگی ای که یک تراکنش باید داشته باشد اینست که اثری که بر روی پایگاه داده ما می‌گذارد اثری کامل و بدون نقص باشد. به این معنا که اگر قرار است مجموعه از عملیات تغییری را اعمال کنند باید تمامی آن تغییرات بر روی جداول اعمال شوند. در صورتی که حتی یکی از عملیات با مشکل مواجه شود باید تاثیرات عملیات قبلی بازگردانده شوند. به بیانی ساده‌تر در تراکنش یا تمامی عملیات باید بطور کامل انجام شوند و یا هیچ یک از آنها نباید اجرا شده و اثرگذار باشند. به این ویژگی Atomicity گفته می‌شود.

توجه داشته باشید که در حین اجرای یک تراکنش احتمالاً پایگاه داده به وضعیت غیر سازگار و نادرست خواهد رفت. یکی از وظایف سیستم مدیریت پایگاه داده اینست که این وضعیت ناسازگار را از دید سایر تراکنش‌ها مخفی بسازد تا زمانی که تراکنش

COMMIT شود.

در مورد Atomicity در برخی مقالات و مطالب آموزشی گفته می شود که این مفهوم یعنی تراکنش نباید قابل شکسته شدن باشد که این تعریف چندان صحیحی از Atomicity نمی باشد. چراکه یک تراکنش در حین اجرا ممکن است بارها و بارها شکسته شود و یا از یک تراکنش بر روی تراکنش دیگری سوئیچ شود. بنابراین مراد از Atomicity همان واحد کاری کامل است نه واحد کاری غیر قابل شکسته شدن. **Consistency** :

تراکنش باید تغییرات را به گونه ای اعمال کند که پایگاه داده را از وضعیت صحیح به وضعیت صحیح دیگری ببرد. از آنجا که صحت پایگاه داده را قوانین جامعیت پایگاه داده (integrity rules) تضمین می کنند بنابراین تراکنش باید تغییرات را بگونه ای اعمال کند که این قوانین نقض نشوند. به این خاصیت از تراکنش ها Consistency گفته می شود. **Isolation**:

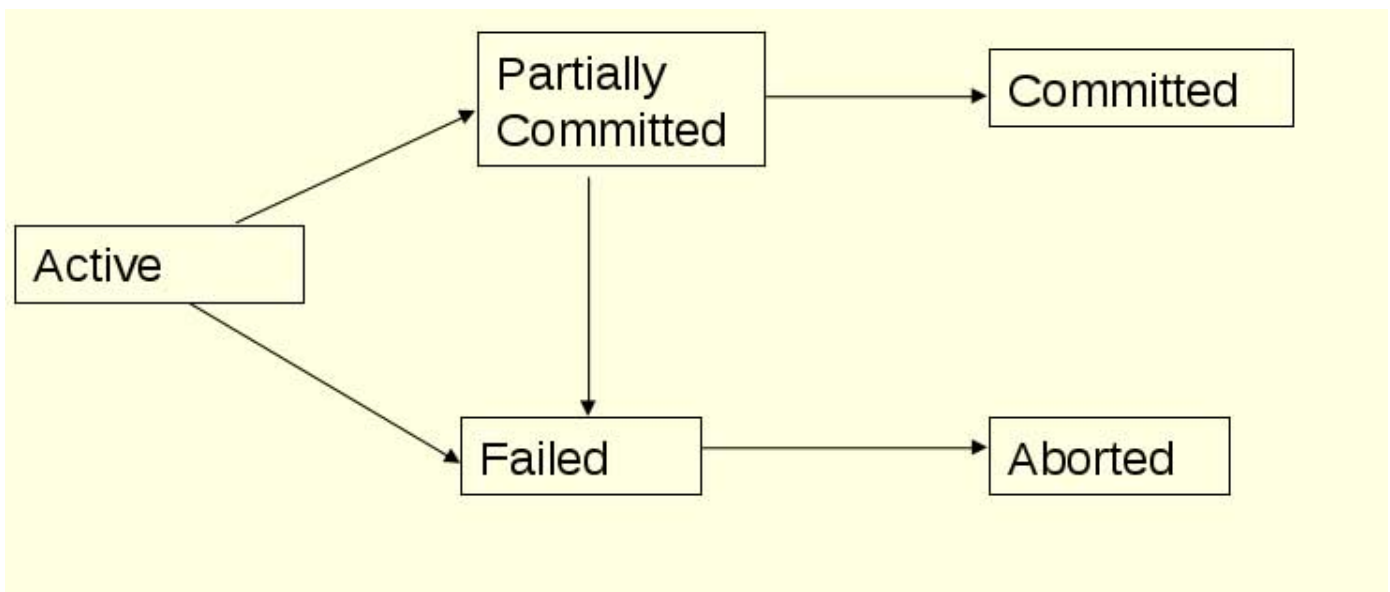
عموما برنامه های مبتنی بر پایگاه در دنیای واقعی برنامه هایی چند کاربره هستند که در برخی از آنها ممکن است میلیون ها تراکنش بطور همزمان با یکدیگر در حال اجرا باشند. در چنین حجم بالایی یکی از مسائلی که مطرح می شود اینست که تراکنش های موازی تاثیر سوئی بر روی یکدیگر نداشته باشند. بعنوان مثال یکی از مشکلاتی که در اجرای همروند و موازی تراکنش ها ممکن است رخ دهد مشکل lost update می باشد. بر همین اساس یکی دیگر از ویژگی هایی که یک تراکنش باید داشته باشد که اینست که اثر سوئی بر روی تراکنش های همروند دیگر نداشته باشد. به این ویژگی Isolation گفته می شود.

در مورد ایزولاسیون (isolation) تراکنش ها باید گفت که ایزولاسیون سطوح و درجه بندی هایی دارد که هر کدام از این سطوح مشخص می کنند که تراکنش ها تا چه حدی اجازه دارند بر روی هم تاثیر گذار باشند. در واقع این سطوح، میزان عایق بندی تراکنش ها را نسبت به یکدیگر مشخص می کنند. هرچه درجه ایزولاسیون بالاتر باشند به این معنی است که تراکنش ها تاثیر کمتری بر روی یکدیگر خواهند داشت. خوب در ظاهر ممکن است این قضیه بسیار خوب در نظر بیاید چرا که به ما اطمینان می دهد که اثر ناخواسته ای بر روی یکدیگر نخواهند داشت. اما باید این نکته را نیز در نظر بگیریم که هر چه درجه ایزولاسیون بالاتر باشد درجه همروندی (concurrency) پایین می آید و این به معنای کاهش امکان پردازش موازی تراکنش ها می باشد. این مسئله در مورد پایگاه های داده بسیار بزرگ که میلیون ها تراکنش همزمان در خواست اجرا داده می شوند به یک مسئله بحرانی و یک گلوگاه می تواند تبدیل شود. بنابراین تعیین درجه ایزولاسیون بسیار مهم است و باید با در نظر گرفته شرایط پروژه انجام گیرد. اینکه پایگاه داده ما در چه سطحی از ایزولاسیون باید عمل نماید توسط کاربر تعیین می شود. البته بحث در مورد ارجای موازی تراکنش ها و ایزولاسیون آنها بسیار مفصل است و انشاءالله در مطلبی دیگر به آن خواهیم پرداخت. **Durability** :

تغییراتی که تراکنش ها بر روی پایگاه داده می گذارند باید بعد از COMMIT شدن آن پایدار و قابل مشاهده باشند. به این خاصیت durability گفته می شود. **وضعیت های یک تراکنش** :

تراکنش ها در سیستم همانند یک موجودیت (entity) فعال است هستند. همانطور که می دانید ساده ترین موجودیت فعال در سیستم فرآیندها (process) می باشند که cpu را بعنوان یک ابزار در اختیار گرفته و وظایفی را انجام می دهند. تراکنش نیز یک موجودیت فعال می باشد و همانند سایر موجودیت های فعال دارای وضعیت هایی (state) می باشند که در ادامه هریک شرح داده شده اند :

- فعال (Active) : تراکنشی که در حالت اجرا است در وضعیت فعال می باشد.
 - کامیت جزئی (Partially Committed): پس از اجرای آخرین دستور تراکنش به وضعیت کامیت جزئی می رود.
 - شکست (Failed): در این وضعیت، در روند اجرا خطایی رخ داده و اجرای ادامه تراکنش امکان پذیر نمی باشد.
 - خاتمه (Aborted): پس از تشخیص خطا تراکنش می تواند به وضعیت Aborted که در انجا اجرا متوقف شده و تغییرات ROLLBACK می شوند.
 - Committed: در این وضعیت اجرای تراکنش با موفقیت انجام شده و تراکنش پایان می پذیرد.
- در ادامه نمودار حالت تراکنش ها نشاد داده شده است :



نکته ای که در اینجا لازم به ذکر است اینست که در حالت پس از حالت شکست به دو شکل امکان ادامه کار وجود دارد. در صورتی که خطای منطقی در تراکنش دیده شود که عموماً توسط کاربر تشخیص داده می‌شود تراکنش پس از شکست به حالت خاتمه برده می‌شود و کار تمام است. اما در برخی از شرایط خطایی سیستم توسط خود سیستم رخ می‌دهد. که در چنین حالاتی پس از شکست تراکنش مجدداً تراکنش ممکن است به حالت فعال برگردانده شود و اجرای آن دوباره از ابتدای تراکنش شروع شود. به این وضعیت اصطلاحاً REDO شدن تراکنش گفته می‌شود که در بخش RECOVERY و ترمیم پایگاه داده باید به آن پرداخته شود. **اعمال زمان COMMIT:**

در زمان COMMIT (بصورت صریح و یا ضمنی) باید اعمالی انجام شود که در اینجا به آن می‌پردازیم. اولین کاری که صورت می‌گیرد اینست که سیگنالی به DBMS ارسال می‌شود مبنی بر اینکه تراکنش با موفقیت به پایان رسیده است. پس از اینکار سیستم مدیریت پایگاه داده شروع به آزاد کردن قفل‌هایی می‌کند که در طول اجرای تراکنش بر روی منابع مختلف پایگاه داده زده شده است تا از تاثیر سوء تراکنش‌ها بر روی یکدیگر جلوگیری به عمل آید. علاوه بر کار ذکر شده تغییراتی که توسط تراکنش داده شده است باید پایدار و قابل رویت توسط سایر تراکنش‌ها گردد.

همانطور که در بخش ابتدایی این مطلب آموزشی اشاره کردیم COMMIT به معنی نوشته شدن تغییرات بر روی دیسک سخت نیست. سیستم مدیریت پایگاه داده تنها درخواست نوشتن داده‌ها را به سیستم مدیریت حافظه می‌دهد و نوشتن آن بر عهده مدیریت حافظه می‌باشد. سیستم مدیریت پایگاه داده باید اطلاع داشته باشد که چه تغییراتی نوشته شده است و چه تغییراتی هنوز در حافظه نوشته نشده است. بنابراین یکی دیگر از پیچیدگی‌های طراحی سیستم‌های مدیریت پایگاه داده اینست که تغییراتی را برای سایرین قابل رویت کند که هنوز در حافظه سخت نوشته نشده است. **اعمال زمان ROLLBACK:**

در زمان ROLLBACK ناموفق بودن تراکنش باید به DBMS اطلاع داده شود. پس از آنکه سیستم مدیریت پایگاه داده مطلع شد تمامی تغییرات اعمال شده تا آن لحظه را UNDO می‌کند. البته توجه داشته باشید که در این زمان همانند زمان COMMIT قفل‌ها نیز آزاد می‌شوند تا سایر تراکنش‌ها بتوانند از منابع در اختیار این تراکنش استفاده کنند و درجه همروندی پایین نیاید. **پردازش پیام‌ها در**

زمان اجرای تراکنش‌ها :

به مثال زیر توجه کنید.

```

Read Sav_Amt
Sav_Amt := Sav_Amt - 500
if Sav_Amt < 0 then do
  put ("insufficient fund")
  rollback
end
else do
  Write Sav_Amt
  Read Chk_Amt
  Chk_Amt := Chk_Amt + 500
  Write Chk_Amt
  put ("transfer complete")
End transaction
  
```

در تراکنش بالا مبلغ 500 دلار از حساب فردی برداشته شده و به حساب دیگر او منتقل می‌شود. همانطور که مشاهده می‌کنید در خلال اجرای یک تراکنش ممکن است پیام هایی را به کاربر نمایش دهیم. حال در نظر بگیرید که در حین اجرا ما پیامی را در خروجی نمایش می‌دهیم و پس از آن تراکنش با شکست مواجه شده و ROLLBACK می‌گردد. در این شرایط پیامی به کاربر مبنی بر انتقال موفق نمایش داده شده است در حالی که در عمل تراکنش با شکست رو به رو شده است. برای حل این مشکل در ضمن کار پیام‌های مختلفی که در خروجی باید نمایش داده شوند بافر می‌شوند تا پس از COMMIT یا ROLLBACK شدن به کاربر نمایش داده شوند. توجه داشته باشید که در زمان بافر کردن پیام ها، آنها در دو گره پیام‌های مربوط به COMMIT و پیام‌های زمان ROLLBACK تقسیم می‌شوند تا هر کدام در شرایط خود نمایش داد شوند. این عمل توسط زیر سیستمی از DBMS بنام سیستم مدیریت ارتباطات داده ای (Data Communication Manager) انجام می‌گیرد. **انواع تراکنش‌ها :**

تراکنش‌ها انواع و اقسام مختلفی دارند که به سبب پیچیدگی بعضی از آنها به لحاظ پیاده سازی ممکن است آنها را در برخی از پایگاه داده‌ها نداشته باشیم. **Flat Transactions:**

ساده‌ترین نوع تراکنش‌ها می‌باشند که در تمامی پایگاه‌های داده پشتیبانی می‌شوند و مثال هایی که تا کنون در این مقاله زده شد از این دست می‌باشند. **Distributed Transactions:**

این قبیل تراکنش‌ها مربوط به پایگاه داده‌های توزیع شده می‌باشند که داده‌های آنها بر روی ماشین‌های مختلفی قرار دارند. بر روی هریک از این ماشین‌ها ممکن است DBMS های مختلفی نیز نصب شده باشد که هر یک سیستم مدیریتی مربوط به خود را دارند. از آنجایی که هر یک از این ماشین‌ها یک سیستم مدیریت پایگاه داده مستقل دارند بنابراین قوانین جامعیتی محلی ای را نیز باید لحاظ نمایند. البته باید توجه داشت که علاوه بر این قوانین محلی یک سری قوانین سراسری نیز وجود خواهد داشت که مربوط به کل پایگاه داده توزیع شده می‌باشد. بعنوان مثال سیستم در یکی سیستم دانشگاهی که در شهرهای مختلفی توزیع شده است، ممکن است بخواهیم تعداد کل دانشجویان ثبت نام شده در سیستم از هزار نفر بیشتر نباشد. عموماً در چنین سیستم هایی یک DBMS مدیریت کننده نیز وجود دارد که مسئول برقراری هماهنگی بین سایر DBMS ها و نیز اعمال اینگونه قوانین جامعیتی سراسری می‌باشد.

تراکنش‌های توزیع شده یک یا چند تراکنش جزئی تشکیل شده اند که ممکن است هریک از آنها مربوط به یکی از DBMS های سیستم باشد. چنین تراکنش هایی معمولاً ابتدا توسط سیستم مدیریتی مرکزی دریافت می‌شوند و سپس هر کدام از پرس و جوهای داخلی آن به DBMS مربوطه ارسال می‌گردد. اجرای هر کدام از پرس و جوهای جزئی (که خود می‌توانند تراکنشی مستقل نیز باشند) بطور مستقل و محلی بر روی ماشین مربوطه اجرا شده و در انتها نیز نتیجه اجرا به سیستم مدیریتی باز گردانده می‌شود. سیستم مدیریتی مرکزی منتظر می‌ماند که تمامی تراکنش‌ها اعلام COMMIT کنند تا از انجام موفقیت آمیز همه آنها اطمینان حاصل نماید. پس از کسب اطمینان کل تراکنش توسط این سیستم مرکزی COMMIT شده و در نتیجه تغییرات بر روی پایگاه داده توزیع شده اعمال می‌شوند. به این سیاست COMMIT کردن، کامیت دو مرحله ای یا Two-phase Commit گفته می‌شود. توجه داشته باشید که در صورتی که هریک از DBMS ها اعلام شکست نمایند تمامی تراکنش توزیع شده ROLLBACK می‌گردد.

```
tx_begin();
    execute T1 //at site D
    execute T2 //at site C
    Execute T3 //at site B
    ...
tx_commit ();
```

همانطور که در مثال بالا مشاهده می‌کنید تراکنش اصلی از سه تراکنش T1، T2 و T3 تشکیل شده که مربوط به سه سایت متفاوت می‌باشند. در زمانی تراکنش اصلی COMMIT خواهد شد که هر سه سایت اعلام موفقیت کنند. **تراکنش‌های تو در تو (Nested Transaction):**

این نوع از تراکنش نسبت به دو نوع تراکنش قبلی پیچیدگی بیشتری به لحاظ پیاده سازی و مدیریت دارند. این گونه تراکنش‌ها عموماً واحدهای کاری بزرگی هستند که در داخل آنها درختی از تراکنش‌های تو در تو را داریم که مجموعه تمامی آنها در نهایت یک کار واحد بلحاظ منطقی را انجام می‌دهند. هر یک از تراکنش‌های داخلی بعنوان یک گره در این ساختار درختی قرار دارند که می‌توانند پدر و یا فرزندی داشته باشند.

- در تراکنش‌های تو در تو شرایطی حاکم است.
- هر گره در ساختار درختی تراکنش تنها قادر به دیدن برادرهای خود می‌باشد. به بیان دیگر فرزندان برادران خود را نمی‌بیند و نسبت به آنها هیچ اطلاعی ندارد.
- در تراکنش‌های تو در تو امکان اجرای موازی فرزندان یک گره وجود دارد.

- امکان اجرای موازی تراکنش ها منجر می شود به این که تراکنش های داخلی قادر به دیدن خروجی حاصل از اجرا همدیگر نباشند.
- هر تراکنشی به طور مستقل ویژگی atomicity را دارد اما پایداری (durability) و کامیت شدن آنها وابسته به پدرانشان می باشد.

- در صورتی که پدیری تصمیم بگیرد می تواند تمامی زیر تراکنش هایش را خاتمه (abort) دهد.

در تراکنش های موازی COMMIT شدن یک گره پدر به دو صورت امکان پذیر است. **حالت AND** : در این حالت یک تراکنش در صورتی کامیت خواهد شده که تمامی فرزندان آن با موفقیت اجرا و COMMIT شده باشند. **حالت OR**: در این حالت اگر حتی یکی از تراکنش های فرزند نیز موفق به COMMIT شده باشد تراکنش پدر نیز COMMIT خواهد شد. **تراکنش های چند سطحی (Multi-level Transactions) :**

این نوع نیز همانند تراکنش های تو در تو پیچیده است. از نظر ساختاری تراکنش های چند سطحی مشابه تراکنش های تو در تو می باشند ولی به لحاظ مفهومی با یکدیگر متفاوت هستند. اولین تفاوت موجود بین این دو نوع اینست که هر زیر تراکنشی قادر است خروجی زیر تراکنش های دیگر را ببیند. این مسئله باعث می شود که نتوانیم زیر تراکنش ها را بصورت همروند و موازی اجرا کنیم که این دومین تفاوت مفهومی بین این دو می باشد. هنگامی که زیر تراکنش کامل شد (COMMIT) تمامی قفل های مربوط به خود را آزاد می کند که این مورد نیز در مورد تراکنش های تو در تو صادق نمی باشد. یکی از مهمترین تفاوت های دیگر بین این دو نوع در اینست که در تراکنش های چند سطحی تمامی برگ ها در یک سطح از درخت قرار دارند و تنها تراکنش های برگ هستند که مستقیماً به پایگاه داده مراجعه می کنند. در مورد کایت شدن نیز شروط مربوط به تراکنش های تو در تو در اینجا وجود ندارند و زیر تراکنش ها می توانند بدون هیچ شرطی کامیت شوند. **تراکنش های زنجیره ای (Chained Transaction):**

همانطور که از نام این نوع از تراکنش ها پیداست، این تراکنش ها از زنجیره ای از زیر تراکنش های پی در پی تشکیل شده اند. تا زمانی که تمامی حلقه های این زنجیر با موفقیت اجرا نشوند سیستم به حالت سازگاری نخواهد رفت. در این نوع از تراکنش های COMMIT هر حلقه باعث پایداری شدن (durable) داده های در پایگاه داده خواهد شد. این مسئله ممکن است پایگاه داده را به وضعیت ناسازگاری ببرد. در هنگام کامیت شدن هر حلقه قفل های مربوط به آن نیز آزاد می شود.

حلقه های مختلف زنجیره تراکنشی می توانند با یکدیگر تبادل اطلاعات کنند. البته توجه داشته باشید که منابعی که هر کدام از آنها بر روی آن کار می کنند با دیگری متفاوت می باشد. بعنوان نمونه تراکنشی را نظر بگیرید که قصد دارد متوسط مبلغ مکالمه تلفن همراه مشترکان یک مخابرات را محاسبه کند. دلیل تعداد بالای مشترکان ممکن است این تراکنش را در قالب یک تراکنش زنجیره ای پیاده سازی کنیم که هر حلقه از آن مسئول محاسبه این مبلغ برای ده هزار نفر از کاربران باشد. توجه داشته باشید که برای بدست آوردن مقدار متوسط نیاز داریم که هر زیر تراکنش ها قادر به تبادل اطلاعات باشند. از طرفی منابع مورد استفاده آنها (رکورد ها) با یکدیگر متفاوت خواهد بود و نمی توانند تغییرات یکدیگر را ببینند. سوالی که مطرح می شود اینست که مبادله اطلاعات بین حلقه های تراکنش به چه صورت باید انجام شود؟ در جواب این سوال باید گفت که مبادله اطلاعات بین تراکنش ها از طریق متغیرهای رابطه ای که هما متغیرهای پایگاه داده هستند انجام می گیرد. **SavePoint:**

در برخی شرایط ممکن است بخواهیم در هنگام ROLLBACK مجدداً به ابتدای تراکنش باز نگردیم تا مجبور باشیم دوباره کار را از ابتدا از سر بگیریم. بعنوان مثال تا قسمتی از تراکنش پیش رفتیم، به خطایی برخورد می کنیم و می خواهیم از نقطه ای خاص از تراکنش کا را از سر بگیریم. در چنین کاربردهایی از ابزاری بنام SavePoint استفاده می کنیم. برای روشن تر شدن مفهوم SavePoint فرض کنید قصد داریم بلیطی از تهران به سیدنی رزرو کنیم. برای این منظور ابتدا عمل رزرواسیون را از تهران به دوبی انجام می دهیم و سپس از دوبی به سنگاپور و در نهایت از سنگاپور به سیدنی. حال در این بین می توانیم در نقطه تهران - دوبی SavePoint قرار دهیم تا در صورت بروز هرگونه خطا مجدداً رزرواسیون را از ابتدا آغاز نکنیم. اگر در هنگام رزرو بلیط دوبی - سنگاپور خطایی بروز دهد می توانیم به نقطه تهران - دوبی ROLLBACK کنیم و از آنجا مسیر دیگری را انتخاب کنیم. توجه داشته باشید که ROLLBACK به SavePoint وضعیت پایگاه داده به همان نقطه بازگردانده می شود.

```
begin transaction();
s1;
sp1:= create savepoint(0);
s2;
sp2:= create savepoint(0);
if (condition)
rollback (spi);
...
commit
```

:Auto Transaction

این قبیل تراکنش ها تراکنش های کوچکی هستند که توسط سیستم تعریف می شوند. بعنوان مثال سیستم برای انجام دستورات زیر تراکنش تعریف می کند :

Alter table, Create, delete, insert, open, drop, fetch, grant, revoke, select, truncate table, update

یکی از علت‌های این امر اینست که در صورت بروز خطا در حین این تراکنش‌های خود کار امکان اجرای مجدد هر کدام فراهم گردد. **شروع تراکنش‌ها :**

همانطور که گفته شد برای شروع تراکنش‌ها می‌توانیم صراحتاً از BEGIN TRANSACTION استفاده کنیم. البته راهکار دیگری نیز وجود دارد که در آن می‌توانیم به DBMS اعلام کنیم که با پایان یک تراکنش پیش از شروع تراکنش بعدی BEGIN TRANSACTION را قرار بده. برای این منظور از دستور زیر استفاده می‌کنیم :

Set implicit_transaction on

برخی از ویژگی‌های تراکنش‌ها را می‌توان تغییر داد. بعنوان مثال می‌توان گفت که تراکنش جاری تنها اجازه خواندن از پایگاه داده را دارد. در این حالت از دستور زیر می‌توان استفاده نمود :

SET TRANSACTION READ ONLY

همچنین میتوان اجازه تغییر را به آن داد :

SET TRANSACTION READ WRITE

علاوه بر موارد بالا می‌توان سطح ایزولاسیون تراکنش را با دستور SET تغییر داد. این سطوح در زیر آورده شده اند که بحث در مورد آنها را به مقاله دیگر در مقوله همروندی موکول می‌کنیم.

READ UNCOMMITTED, READ COMMITTED, REPEATABLE READ, SERIALIZABLE

موفق و پیروز باشید