

18.1 Show that the two-phase locking protocol ensures conflict serializability and that transactions can be serialized according to their lock points.

我们证明这样一个引理：

如果前驱图上  $T_i \rightarrow T_j$ ，那么  $\text{lock}_i < \text{lock}_j$ 。

证明：  $T_i \rightarrow T_j$ ，意味着两个事务存在冲突操作，不妨设先进行  $\text{write}_i$  再进行  $\text{write}_j$ ，那么  $i$  的  $\text{unlock}$  一定在  $\text{write}_j$  申请的  $\text{lock}$  之前。而这个  $\text{lock} < \text{lock}_j$ ，且还有  $\text{lock}_i < \text{unlock}$ ，所以  $\text{lock}_i < \text{unlock} < \text{lock} < \text{lock}_j$ ，得证。

有了这个引理就是显然的，因为这样的偏序关系显然是 DAG，没有环，而且按照  $\text{lock}$  来遍历一定是拓扑序，也就是串行化的。如果不是，那显然有矛盾。

18.7 Consider a database system that includes an atomic increment operation, in addition to the read and write operations. Let  $V$  be the value of data item  $X$ . The operation **increment**( $X$ ) by  $C$  sets the value of  $X$  to  $V + C$  in an atomic step. The value of  $X$  is not available to the transaction unless the latter executes a  $\text{read}(X)$ . Assume that increment operations lock the item in increment mode using the compatibility matrix in Figure 18.25.

- Show that, if all transactions lock the data that they access in the corresponding mode, then two-phase locking ensures serializability.
- Show that the inclusion of increment mode locks allows for increased concurrency.

a. 证明和上面一样，只不过这里的  $\text{lock}$  是增加了一个  $\text{increment mode}$ ，而且这个  $\text{increment mode}$  和  $\text{read}$ 、 $\text{write}$  是互斥的， $\text{increase}$  和  $\text{increase}$  之间不是互斥的。所以这个引理也是成立的。

b.  $\text{increase mode}$  和  $\text{increase mode}$  之前不是互斥的。因此，这样就可以在不同的事务之间进行并发的增加操作，相对于只有  $\text{read}$  和  $\text{write}$  的情况，这样就增加了并发性。

18.18 Most implementations of database systems use strict two-phase locking. Suggest three reasons for the popularity of this protocol.

- basic 的两阶段锁协议虽然保证了串行化，但是不是可恢复性的，而 strict 两阶段锁协议是恢复性的。
- strict 的两阶段协议可以很有效地解决脏读、不可重复读的问题。
- strict 的两阶段协议虽然增大了死锁的可能性，但是可以更轻松地检测 and 解决死锁。