Лекция 11
РИС, III курс, ИСиТ

Распределенное подтверждение

1. **Постановка задачи:** распределенная транзакция (двухфазная блокировка); как организовать распределенный COMMIT (distributed commit – распределенное подтверждение)? на одном из узлов РИС, может быть отказ, откатиться должны операции на всех узлах; как организовать распределенный ROLLBACK (distributed rollback – распределенный откат)?

2. **Координатор** – один из узлов распределенной системы, участвующих в распределенном подтверждении и управляющий этим процессом; как правило, координатором является инициатор распределенного подтверждения (узел, выполняющий распределенную транзакцию).

3. **Протокол однофазного подтверждения:** координатор выдал commit и сообщил всем участникам распределенной транзакции, что надо выполнить commit; если участник не может выполнить локальный commit, он не имеет механизма сообщить об этом.

4. **Протокол двухфазного подтверждения (2PC):**
   1) координатор перед выполнением локального COMMIT, рассылает всем участникам сообщение **vote_request** и переходит в состояние ожидания;
   2) участник получив **vote_request** проверяет может ли он выполнить COMMIT, если да, то возвращает **vote_commit** координатору, если не может возвращает **vote_rollback**;
   3) координатор собирает ответы участников, если все **vote_commit**, то рассылает всем участникам **global_commit**; если есть хотя бы один участник ответил **vote_rollback**, то рассылает всем участникам **global_ rollback**;

4) каждый из проголосовавших участников ждет итогового сообщения координатора; если **global_commit**, то выполняет COMMIT, если **global_rollback**, то выполняет ROLLBACK.

5. Основное преимущество 2PC: участник может попробовать выполнить действие предусмотренное распределенной транзакцией. Например, участник может проверить соответствие операции констрейнтам, если соответствует, то **vote_commit**, иначе **vote_rollback**.

6. **Проблема 1:** участник выполнил операцию и ждет от координатора **vote_request**, а его нет. Устанавливается timeout, после которого отсылается координатору **vote_rollback** и выполняется локальный ROLLBACK.

7. **Проблема 2:** координатор не получает ответов **vote_commit/vote_rollback** от всех участников. Устанавливается timeout, после которого отсылается всем участникам **global_ rollback** и выполняется локальный ROLLBACK.

8. **Проблема 3:** участник не получает ответ **global_commit/global_rollback** от координатора. Устанавливается timeout, после которого осуществляется опрос других участников (если они есть) если, кто-то получил **global_commit**, то выполняется локальный COMMIT, иначе ROLLBACK.

9. **Процесс восстановления участника:** если на узле был сбой после отправки координатору **vote_commit**, то после восстановления работоспособности узел должен решить, что делать COMMIT/ROLLACK; один из вариантов связаться с другим участником или координатором выяснить; для полноценного процесса восстановления требуется сохранение информации в журналах.
10. **Проблема 4:** координатор всем отравил **vote_request** и сам сломался, то участники никак не смогут определить, что им дальше делать; обычно ждут восстановление

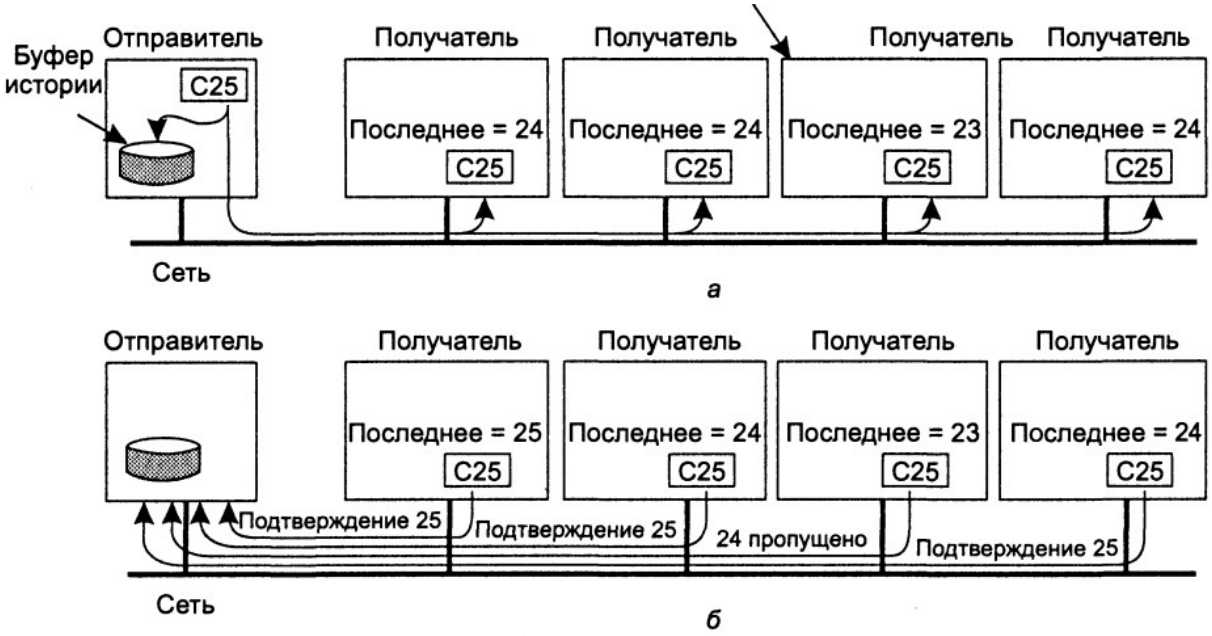
координатора. Поэтому 2PC – протокол блокирующего подтверждения.

11. **Протокол трехфазного подтверждения (3PC):** используется редко. Суть протокола: состояние координатора и любого из участников удовлетворяет следующим 2м условиям:
    1) нет такого состояния, при котором возможен прямой переход в состояния COMMIT или ROLLBACK;
    2) нет такого состояния, в котором невозможно принять итоговое решение, но возможен переход в COMMIT.
12. **Протокол трехфазного подтверждения (3PC):**
13.
14. **О**

15. **сновная особенность обеспечения надежности распределенных систем:** отсутствие достоверной информации о реальном состоянии удаленных компонент системы.
16. **Надежность распределенной системы:** можно рассматривать как надежность распределенных серверных процессов плюс надежности связи между ними (клиент-сервер).
17. **Типичные ошибки связи между клиентом и сервером:** 1)поломка; 2) пропуски; 4) ошибки синхронизации (в т. ч. дублирование). Все усилия направлены на маскировку ошибок.
18. **Сквозная передача данных:** P2P(Point to Point), например TCP – надежный канал: маскирует потери сообщений путем подтверждения о получении данных и повторной передачи, для пользователя ошибки прозрачны, поломка (обрыв связи) – не маскируется: формируется исключение.
19. **RPC (Remote Procedure Call):** 1) не найден сервер (исключение, обычно не маскируется, иногда указывается несколько серверов или failover-сервер сообщает о причине); 2) потерян запрос от клиента к серверу (timeout на подтверждение, повторная отправка, нумерация, чтобы сервер обнаружил дублирование); 3) поломка сервера после получения запроса (timeout и думает, что потерян запрос; повторный запрос, потом увеличивается timeout и повторяет несколько раз, потом решает, что сервер поломался и ждет от него уведомления

о возобновлении работы; серверы печати – часто не могут распознать дублирование); 4) потеря ответного сообщения от сервера клиенту (timeout, клиент не знает: потерялся запрос или сломался сервер, банковский запрос на перевод денег – запрос выполнен?; сервер: повтор запроса или новый запрос?); 5) поломка клиента (клиентские сообщения-сироты, а) журнал на стороне клиента, истребление сирот; б) реинкарнация: при перезапуске сообщение о новой эпохе, все старые вычисления прекращаются; в) мягкая реинкарнация: после получения сообщения о новой эпохе сервер связывается с клиентом и пытается довыполнить начатые вычисления; г) каждому запросу – срок исполнения, если не уложится сервер требует повтора).

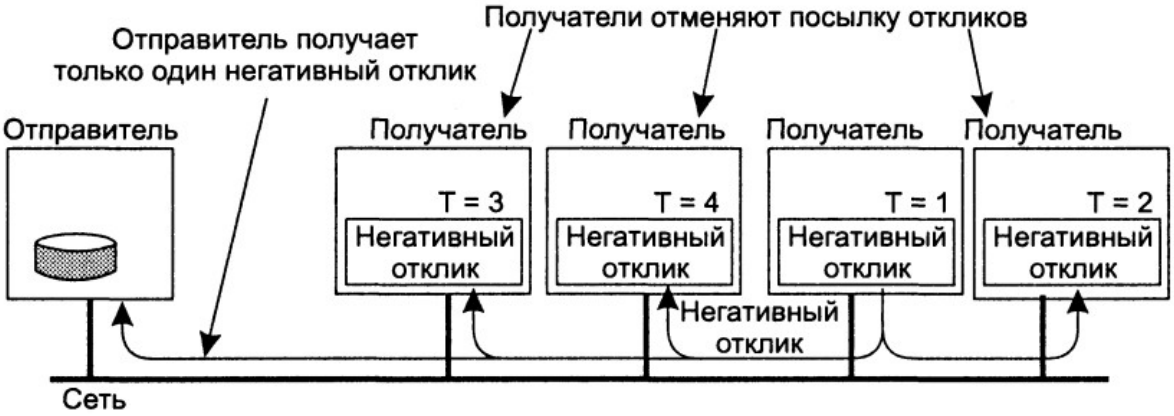
20. **Надежная групповая рассылка:** использовать отдельный надежный (например, TCP) канал для каждого получателя возможно только, если получателей мало.
21. **Надежная групповая рассылка:** протокол, который гарантировано доставляет сообщения всем работающим в группе серверам; если считать, что группа получателей не изменяется (серверы не входят и не выходят из группы), то все просто.



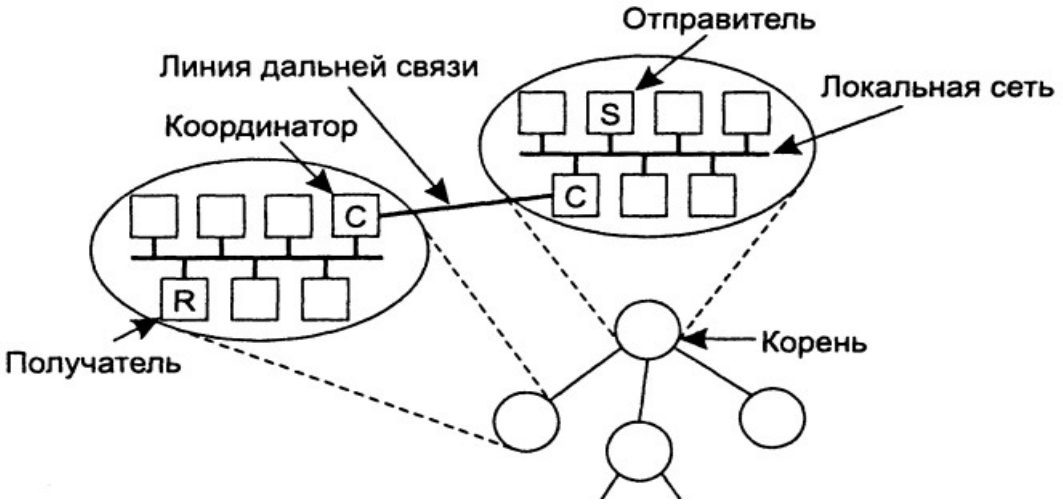
22. **Проблемы масштабируемости надежной групповой рассылки:** если много получателей, то много ответов – все необходимо обработать (обратный удар); можно снизить

обратный удар - получатель отправляет только сообщения об ошибках, увеличивается буфер сообщений на отправителе;

23. **Неиерархическое управление обратной связью:** SRM (Scalable Reliable Multicasting) – протокол надежной групповой рассылки: нет подтверждения о успешного приема; широковещательный групповой отклик в случае потери – другие, если потеряли, не посылают сообщения, в идеальном случае до первичного отправителя дойдет только одно сообщение об потере, но в этом случае – очень много служебных сообщений, которые требуются для обработки.



24. **Неиерархическое управление обратной связью:** статистика и перегруппировка получателей – получатели, часто имеющие ошибки в отдельную группу. Пример: групповое телевещание по истечении некоторого времени, работает лучше.
25. **Иерархическое управление обратной связью:** группа получателей разбита на множество подгрупп, организованных в виде дерева, внутри группы любая схема рассылки; у каждой группы – локальный координатор, который отвечает за обработку запросов на повторную передачу и поддерживает буфер истории.

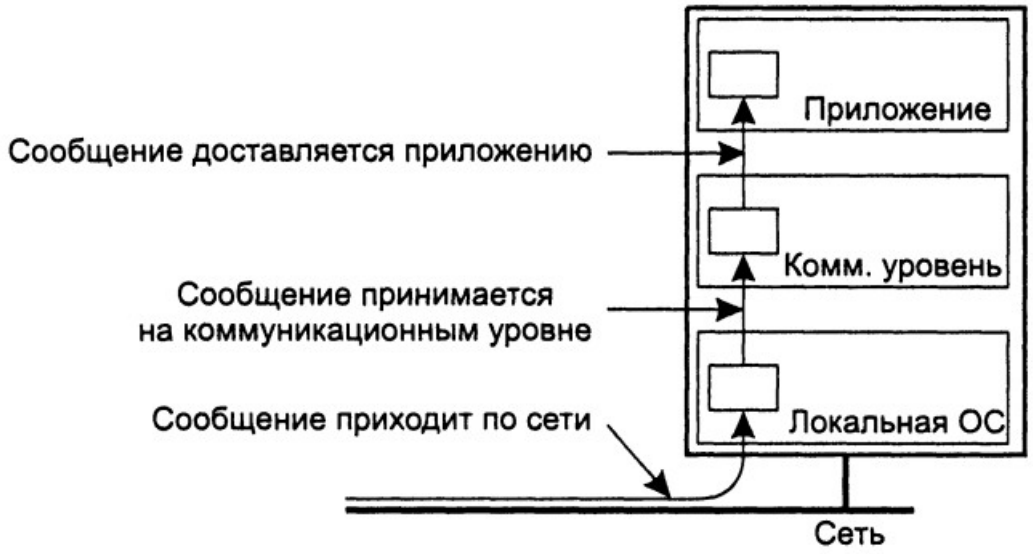


26. **Иерархическое управление обратной связью:** если координатор потерял сообщение, то запрашивает его у другого координатора; если кто-то в группе потерял сообщение – запрашивает его у своего координатора. Декомпозиция – способ решения сложных задач: сами координаторы образуют группу.

27. **Атомарная групповая рассылка:** 1) доставка сообщения либо всем, либо никому; 2) доставка сообщений получателям в определенном порядке.

28. **Атомарная групповая рассылка:** репликация - один издатель, группа подписчиков; выполнилось изменение на издателе, одна реплика сломалась, она исключается из группы, условие вхождения после восстановления в группу – синхронизация с группой.

29. **Виртуальная синхронность:** есть группа процессов получателей; снимок состава группы – представление группы в данный момент; надежная групповая рассылка внутри группы, сломанный получатель исключается из группы (не получает групповую рассылку, все члены группы уведомляются); исправленный процесс входит в группу и синхронизируется; все это реализуется специальной надстройкой над уровнем ОС



30. **Порядок сообщений:** хронологическая последовательность их отправки.
31. **Упорядочивание сообщений:** 1) неупорядоченные групповые рассылки; 2) FIFO-порядок; 3) причинно упорядоченные групповые рассылки; 4) полностью упорядоченные рассылки.
32. **Надежная неупорядоченная рассылка:** сообщения доходят, но порядок не гарантируется.

Процесс P1	Процесс P2	Процесс P3
Отправка m1	Получение m1	Получение m2
Отправка m2	Получение m2	Получение m1

33. **Надежная FIFO-рассылка:** сообщения доходят в порядке их оправки.

Процесс P1	Процесс P2	Процесс P3	Процесс P4
Отправка m1	Получение m1	Получение m3	Отправка m3
Отправка m2	Получение m2	Получение m1	Отправка m4
	Получение m3	Получение m2	
	Получение m4	Получение m4	

34. **Надежная причинно упорядоченная рассылка:** если в группе серверов сообщение M является следствием сообщения S, то порядок их получения S, M.

35. **Полностью упорядоченная групповая рассылка:** не зависимо от порядка получения, все члены группы получают в одном порядке.
36. **Виды надежной групповой рассылки**

Групповая рассылка	Базовая упорядоченность сообщений	Полная упорядоченность доставки
Надежная групповая рассылка	Отсутствует	Нет
Групповая рассылка в порядке FIFO	Доставка в порядке FIFO	Нет
Причинно упорядоченная групповая рассылка	Причинно упорядоченная доставка	Нет
Атомарная групповая рассылка	Отсутствует	Да
Атомарная рассылка в порядке FIFO	Доставка в порядке FIFO	Да
Атомарная причинно упорядоченная рассылка	Причинно упорядоченная доставка	Да

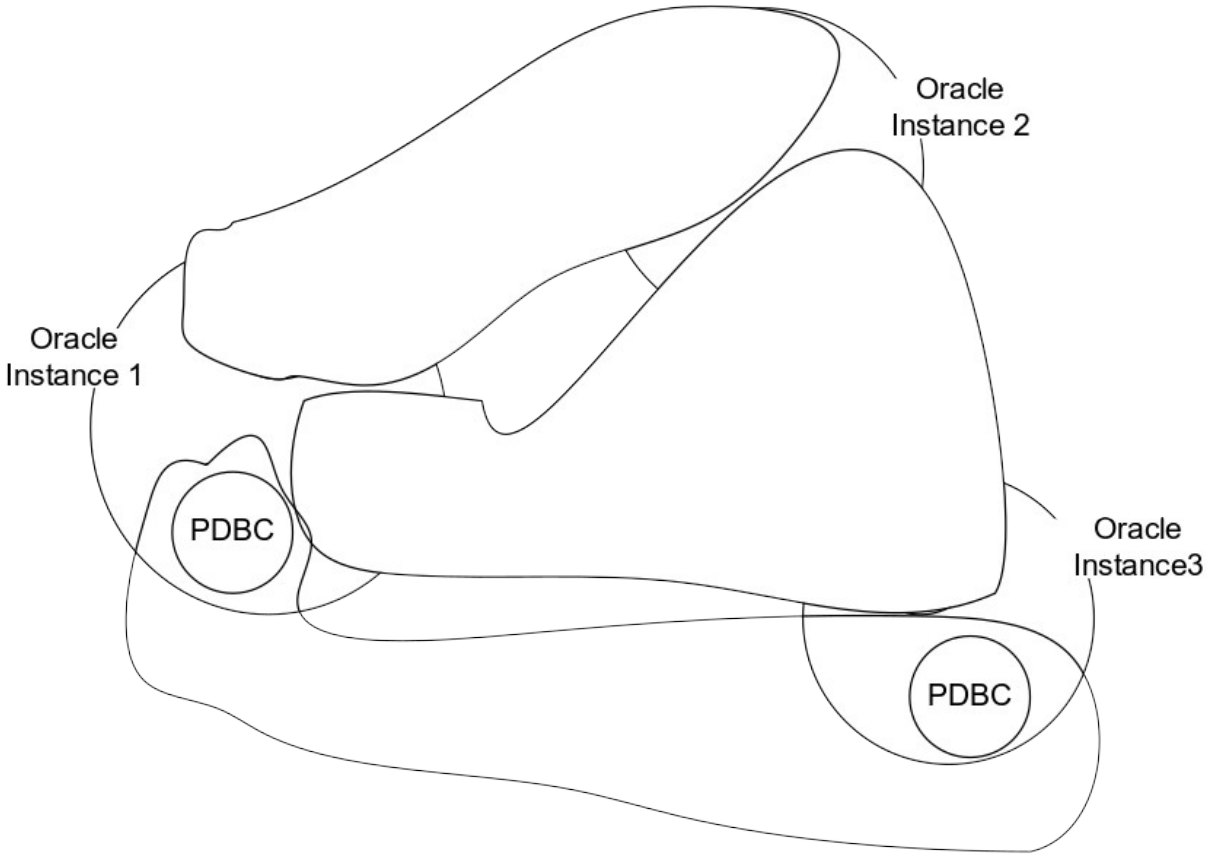
37.
38.
39. **Отказ информационной системы:** поведение информационной системы, не удовлетворяющее ее спецификации.
40. **Отказы:**
    - проходные отказы – однократные;
    - перемежающиеся отказы – появляются, пропадают и снова появляются с непредсказуемой периодичностью;
    - постоянные отказы – появился и существует, пока не исправят.
41. **Ошибка информационной системы:** состояние информационной системы, которое может привести к отказу.
42. **Маскирование ошибок:** сокрытие ошибок в процессе от других процессов распределенной системы. Основной метод – применение избыточности: информационная

избыточность, временная избыточность, физическая избыточность.

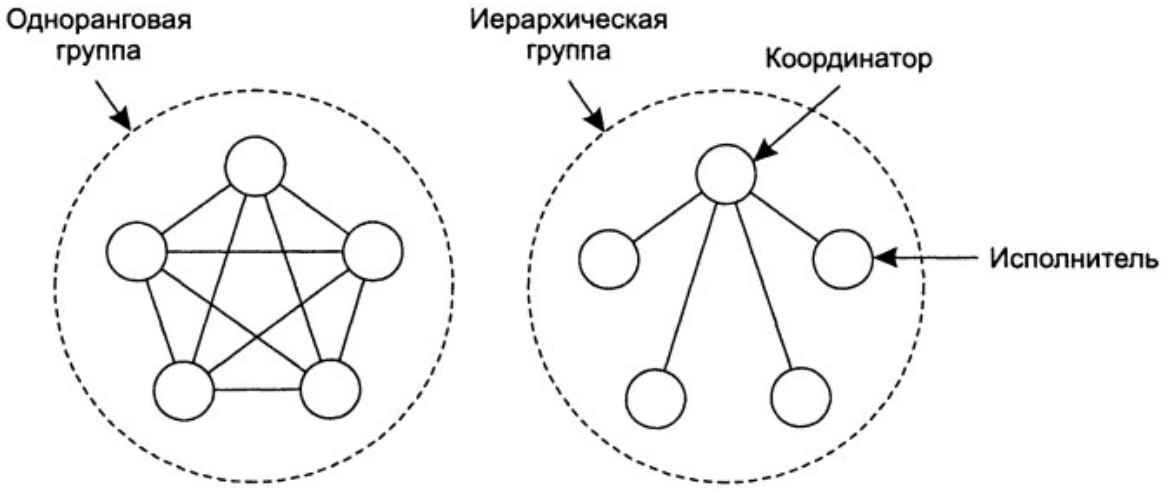
43. **Маскирование ошибок информационной избыточностью:** помехоустойчивое кодирование данных.
44. **Маскирование ошибок временной избыточностью:** повторение действия в случае ошибки.
45. **Маскирование ошибок физической избыточностью:** резервирование элементов системы (резервирование в авиации, кластеры - резервирование в информационных системах).

46. **Особенности отказа распределенной системы:** отказ в распределенной системе может быть частичным, отдельные ее компоненты могут утратить свою работоспособность, в то время, как другие могут полностью сохранить свою функциональность.
47. **Типы отказов в распределенной системе:**
    - поломка - сервер перестал работать; остановка сервера; зависание ОС, требующее перезагрузку;
    - пропуск данных – сервер неправильно реагирует на входные запросы (например, переполнение буферов соединений или данных, превышение timeout и пр.);
    - ошибка синхронизации – реакция сервера происходит не в определенный интервал времени (например, на сервере взаимная блокировка процессов);
    - ошибка отклика – в ответе сервера ошибка;
    - произвольная ошибка сервера – сервер отправляет непредсказуемые сообщения в непредсказуемые моменты времени;
48. **Отказоустойчивость информационной системы:** свойство технической системы сохранять свою работоспособность после отказа одного или нескольких составных компонентов.
49. **Надежность информационной системы:**
    - доступность (availability);
    - безотказность (reliability);
    - безопасность (safety);
    - ремонтопригодность (maintainability).

50. **Доступность:** свойство системы находится в состоянии готовности к работе. Система с высокой степенью доступности – это система, которая в произвольный момент времени, вероятнее всего, находится в работоспособном состоянии.
51. **Безотказность:** свойство системы длительное время работать без отказов. Системы с высокой безотказностью – это системы, которая вероятнее всего, будет непрерывно работать в течении относительно (зависит от системы, авиационные пушки живут 3-4 секунды) долгого времени. Система может иметь высокую безотказность, но низкую доступность (снабжение горячей водой, редко отказывает, но отключают на длительное время на ремонт).
52. **Безопасность:** свойство системы, определяющее последствие отказа (отказ авиационной техники, отказ почтового сервера общего назначения).
53. **Ремонтопригодность:** свойство системы, определяющее сложность (продолжительность) восстановления работоспособности системы. Большинство отказов – монотонные процессы. Системы с обслуживанием по состоянию, системы с обслуживанием по регламенту.
54. **Отказоустойчивость процессов:** достигается объединением нескольких идентичных процессов в группу (кластер). Сообщение получают все члены группы, если один из процессов перестает работать, то его место занимает другой. Группы могут быть динамическими и статическими, один и тот же процесс может входить в несколько групп одновременно.



55. **Отказоустойчивость процессов: группы процессов** – одноранговые, иерархические. В иерархических группах присутствует координатор распределяющий запросы (во многих системах называется балансировщиком),в случае отказа координатора – выбирается другой координатор из исполнителей.



56. **Отказоустойчивость процессов: группы процессов:** при централизованном управлении группами, требуется специальный сервер – сервер групп, следящий за членством процессов входящих в группы. Такой подход прост в реализации, но уменьшает надежность - отказ сервера групп, приведет к отказу всей группы.
57. **Отказоустойчивость процессов: группы процессов:** при распределенном управлении, все процессы хранят список членов группы; требуется надежная групповая рассылка (широкополосная); процесс извещает все процессы группы о своем желании вступить в группу или покинуть ее; нужен механизм позволяющий определить аварийный отказ одного из членов группы (постоянный опрос друг друга); при включении в группу необходим механизм синхронизации (реплицирования) нового члена группы с другими членами (пример, grid Oracle).
58. **Отказоустойчивость процессов: группы процессов:** группа процессов позволяет замаскировать отказы одного или более процессов; другими словами можно реплицировать процессы, заменяя одиночный процесс **отказоустойчивой группой (failover group/cluster –** понятие в Microsoft, в Oracle и др.**)**
59. **Отказоустойчивость процессов: группы процессов:** соглашения в системах с ошибками; процесс посылающий, какое-то уведомление другому процессу не знает точно дошло ли сообщение до адресата; при подтверждении получения запроса, не ясно дошло ли подтверждение, …, дошло ли подтверждение на подтверждение; требуется специальные протоколы.