ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Покажите, что в «наивном» протоколе передачи данных с 4 сообщениями (Лекция 1) возможно дублирование или потеря сообщений ввиду того, что NCP A вынуждена считаться с возможностью выхода из строя NCP B.

2. Постройте простой протокол с двумя обменами сообщениями, который никогда не допускает потери сообщений (хотя может дублировать сообщения). Докажите корректность этого протокола (т.е., что построенный протокол никогда не теряет ни одного сообщения).

3. Докажите теорему.

   Теорема.

   Пусть γ — конфигурация распределенной системы (с асинхронным обменом сообщениями), и пусть e_p и e_q — события, которые происходят в разных процессах p и q, и при этом оба события допустимы в конфигурации γ. Тогда событие e_p допустимо в конфигурации $e_q(\gamma)$, а событие e_q — в конфигурации $e_p(\gamma)$, и при этом $e_p(e_q(\gamma)) = e_q(e_p(\gamma))$.

4. Докажите, что отношение причинно-следственной зависимости между событиями выполнения $\prec$ является отношением частичного порядка? При каких условиях это отношение будет являться отношением полного (линейного) порядка?

5. Докажите, что существуют такие распределенные системы, которые не способны вычислять функцию глобальных часов Θ_g.

6. Покажите, что функция Лэмпорта Θ_L действительно является часами.

7. Можно ли построить такую функцию часов Θ, которая

   (a) могла быть вычислена распределенным алгоритмом;

   (b) для любого вычисления и для любых двух событий a и b в этом вычислении обладала свойством
   $$a \prec b \iff \Theta(a) < \Theta(b).$$

8. Верно ли, что утверждение, которое является истинным в каждой конфигурации любого выполнения, обязательно является инвариантом?

9. Приведите пример такой системы переходов S и такого утверждения P, что P всегда истинно в системе S, но при этом не является инвариантом S.

10. Предположим, что P_1 и P_2 — это инварианты системы S. Докажите, что $(P_1 \vee P_2)$ и $(P_1 \wedge P_2)$ также являются инвариантами.

11. Покажите, что симметричный протокол раздвижного окна не удовлетворяет требованию неизбежной доставки сообщения, если из двух допущений справедливости F1 и F2 выполняется только допущение F2.

12. Будет ли симметричный протокол раздвижного окна удовлетворять требованию неизбежной доставки сообщения, если будет выполняться только допущение F1?

13. Докажите, что если в симметричном протоколе раздвижного окна $l_p + l_q = 1$ и начальные значения переменных a_p и a_q равны $-l_q$ и $-l_p$, то равенства $a_p + l_q = s_p$ и $a_q + l_p = s_q$ всегда выполняются.

14. Докажите следующее утверждение.

    Лемма 3.3.

    Отправление пакета $\langle \mathbf{pack}, w, i \rangle$ процессом p в протоколе раздвижного окна допустимо только тогда, когда $i < a_p + L$.

15. Докажите следующее утверждение.

    Лемма 3.4.

    Если $out_p[i] \neq udef$, то выполняется неравенство $i < s_p + L$.

16. Докажите следующее утверждение.

    Теорема 3.7.

    Утверждение P', определяемое следующее формулой

$$
\begin{array}{rll}
P' \equiv & P & \\
\wedge & \langle \mathbf{pack}, w, i \rangle \text{ следует за } \langle \mathbf{pack}, w', i' \rangle \text{ в } Q_p \Rightarrow i > i' - L & (4p) \\
\wedge & \langle \mathbf{pack}, w, i \rangle \text{ следует за } \langle \mathbf{pack}, w', i' \rangle \text{ в } Q_q \Rightarrow i > i' - L & (4q) \\
\wedge & \langle \mathbf{pack}, w, i \rangle \in Q_p \Rightarrow i \geq a_p - l_p & (5p) \\
\wedge & \langle \mathbf{pack}, w, i \rangle \in Q_q \Rightarrow \geq a_q - l_q & (5q)
\end{array}
$$

    является инвариантом протокола раздвижного окна при условии, что в каналах связи поддерживается очередность передавемых сообщений.

17. Покажите, что в случае $L = 1$ в протоколе раздвижного окна достаточно использовать только одну из двух переменных a_p или s_p (и только одну из переменных a_q или s_q).

18. Почему никакой протокол не может предоставить гарантии того, что слово будет доставлено по назначению за ограниченный срок времени?

19. Докажите следующее утверждение.

    Теорема 4.2.

    Следующее утверждение является инвариантом протокола с таймерами.

$$
\begin{array}{rlll}
P_1 \equiv & & P_0 & \\
& \wedge & \neg\, cs \Rightarrow \forall i < B :\ Ok(i) & (9) \\
& \wedge & cs \Rightarrow \forall i < B + Low :\ Ok(i) & (10) \\
& \wedge & \langle \mathbf{data}, true, I, w, \rho \rangle \in M_q \Rightarrow \forall i < B + I :\ Ok(i) & (11) \\
& \wedge & cr \Rightarrow \forall i < B + Exp :\ Ok(i) & (12) \\
& \wedge & \langle \mathbf{ack}, I, \rho \rangle \in M_p \Rightarrow \forall i < B + I :\ Ok(i) & (13)
\end{array}
$$

20. Докажите следующее утверждение.

    Теорема 4.4. Следующее утверждение является инвариантом протокола с таймерами.

$$
\begin{array}{rll}
P_2 \equiv & P_1 & \\
\wedge & \langle \mathbf{data}, s, i, w, \rho\rangle \in M_q \Rightarrow Ut[B+i] > \rho - \mu & (14)\\
\wedge & i_1 \le i_2 < B + High \Rightarrow Ut[i_1] \le Ut[i_2] & (15)\\
\wedge & cr \Rightarrow Rt \ge Ut[pr] + \mu & (16)\\
\wedge & pr < B + High \wedge (Ut[pr] > -\mu \Rightarrow cr) & (17)\\
\wedge & cr \Rightarrow B + Exp = pr + 1 & (18)
\end{array}
$$

21. В протоколе с таймерами отправитель может занести в отчет слово как возможно утраченное, в то время как это слово было благополучно доставлено получателю. Опишите выполнение этого протокола, в ходе которого происходит подобный эффект.

22. Предположим, что в связи с выходом из строя часового механизма, получатель не может закрыть сеанс связи вовремя. Опишите вычисление протокола с таймерами, в ходе которого слово будет утрачено, но отправитель не сможет отметить это в отчете.tem

23. Опишите такое вычисление протокола с таймерами, в ходе которого получатель открывает сеанс связи после получения пакета с порядковым номером большим нуля.

24. Допустим, что таблицы маршрутизации так обновляются после каждого изменения топологической структуры сети, что они остаются ациклическими по ходу обновления. Может ли это служить гарантией того, что пакеты всегда доставляются по адресу даже в том случае, когда сеть претерпевает бесконечно большое количество топологических изменений?

25. Докажите, что ни один алгоритм маршрутизации не способен обеспечить доставку пакетов по адресу, если сеть испытывает непрерывные изменения топологии.

26. Зачем в алгоритме маршрутизации Туэга нужно передавать в каждом сообщении имя текущей опорной вершины w?

27. Можно ли исключить из алгоритма Туэга отправление сообщений $\langle \mathbf{nys}, w\rangle$? Будет ли модифицированный таким образом алгоритм корректным?

28. Докажите, что приведенная ниже формула задает инвариант алгоритма Чанди-Мисры вычисления путей, ведущих в вершину v_0.

$$
\begin{array}{rl}
 & \forall u,\, w : \langle \mathbf{mydist}, v_0, d\rangle \in M_{wu} \quad \Rightarrow \quad d(w,\, v_0) \le d \\
\wedge & \forall u : d(u,\, v_0) \le D_u[v_0]
\end{array}
$$

29. В описании алгоритма Чанди–Мисры не указывается, до каких пор должно проводиться вычисление маршрутов в каждом процессе. Докажите, в любой

конфигурации любого выполнения алгоритма Чанди–Мисры промежуточные таблицы маршрутизации являются ациклическими. Что нужно добавить к алгоритму Чанди–Мисры, для того чтобы каждый процесс мог узнать, что построение таблиц маршрутизации в сети завершено.

30. Привести пример PIF алгоритма для систем с *синхронным* обменом сообщениями, который не позволяет проводить вычисление точных нижних граней

31. Покажите, что в каждом вычислении древесного алгоритма (Алгоритм **??**) в точности два процесса принимают решение.

32. Предположим, что есть желание использовать волновой алгоритм в сети, в которой возможно дублирование сообщений.

    - Какие изменения нужно внести в алгоритм эха?
    - Какие изменения нужно внести в алгоритм Финна?

33. Адаптируйте алгоритм эха для вычисления суммы входных данных всех процессов.

34. Покажите, что взаимосвязь, которая проявляется в лемме 7.1. (о выполнимости соотношения $f_{pq}^{(i)} \preceq g_{pq}^{(i)}$ в фазовом алгоритме), сохраняется и в том случае, когда сообщения могут утеряны в канале pq, но не сохраняется, когда сообщения могут дублироваться. Какой из этапов доказательства утратит силу, если сообщения могут дублироваться?

35. Докажите, что каждое вычисление алгоритма Тарри задает в сети остовное дерево.

36. Приведите пример сети, для которой остовное дерево, построенное алгоритмом Тарри, не является деревом поиска в глубину.

37. Почему наименьший отличительный признак может быть вычислен процессами по ходу одной волны

38. Доказать, что алгоритм избрания лидера на основе задачи отыскания экстремумов является волновым алгоритмом, если событие избрания процесса лидером рассматривать как событие решения.

39. Как можно провести выборы лидера в произвольной сети при помощи фазового алгоритма?

40. Как можно ли провести выборы лидера в произвольной сети при помощи алгоритма Финна?

41. Зависит ли корректность алгоритма Ченя–Робертса от очередности передачи сообщений в каналах?

42. Приведите начальную конфигурацию для алгоритма Петерсона/Долева–Клейва–Роде, при которой алгоритму действительно потребуется провести $\lfloor \log N \rfloor + 1$ туров.

43. Приведите также начальную конфигурацию, при которой этому алгоритму Петерсона/Долева–Клейва–Роде потребуется всего два тура, независимо от числа инициаторов.

44. Может ли алгоритм Петерсона/Долева–Клейва–Роде завершить работу за один тур?

45. Докажите следующее утверждение.

    Теорема 8.7.

    Всякий алгоритм избрания лидера на основе сравнения для произвольных сетей имеет сложность (и в среднем, и в наихудшем случае) не меньшую, чем $\Omega(|E| + N \log N)$.

46. Докажите следующее утверждение.

    Следствие теоремы 8.7.

    Всякий децентрализованный волновой алгоритм для произвольных сетей без предварительной осведомленности о соседях имеет сложность по числу обменов сообщениями, не меньшую чем $\Omega(|E| + N \log N)$.

47. Разработайте алгоритм избрания лидера в произвольной сети на основе эффекта угасания, примененного к волновому алгоритму эха.

48. Разработайте алгоритм избрания лидера в кольцевой сети сети на основе эффекта угасания, примененного к волновому алгоритму в колцах. Сравните построенный Вами алгоритм с алгоритмом Ченя–Робертса. В чем состоит сходство и отличие этих двух алгоритмов?

49. Докажите следующее утверждение.

    Утверждение 9.2.

    Если F является фрагментом минимального дерева, и e — ребро наименьшего веса, исходящее из F, то $F \cup \{e\}$ также является фрагментом минимального дерева.

50. Сколько сообщений каждого типа отправляется процессами по ходу работы алгоритма Галладжера–Хамблета–Спиры в сети с N узлами и $|E|$ ребрами.