Распределенные алгоритмы и системы

mk.cs.msu.ru → Лекционные курсы → Распределенные алгоритмы и системы

Блок 9

Симметричный протокол раздвижного окна

Лектор:
Подымов Владислав Васильевич
E-mail:
valdus@yandex.ru

ВМК МГУ, 2022/2023, весенний семестр

Коммуникационные протоколы

Основное назначение коммуникационного протокола (или, по-другому, — протокола передачи данных) — получение информации от одного узла сети и доставка её другому узлу сети

При передаче данных возможны коммуникационные неисправности, которые следует обнаруживать и исправлять

Для отслеживания и обработки ошибок используется управление соединением:

- Установление соединения с инициализацией необходимой служебной информации
- Поддержка служебной информации для корректной передачи данных
- Завершение соединения с удалением информации о соединении

Симметричный протокол раздвижного окна

Англ. Balanced Sliding Window Protocol

Будем для краткости называть этот протокол BSWP

BSWP предназначен для передачи данных между двумя узлами по физическому соединению и относится ко второму уровню модели OSI (канальному)

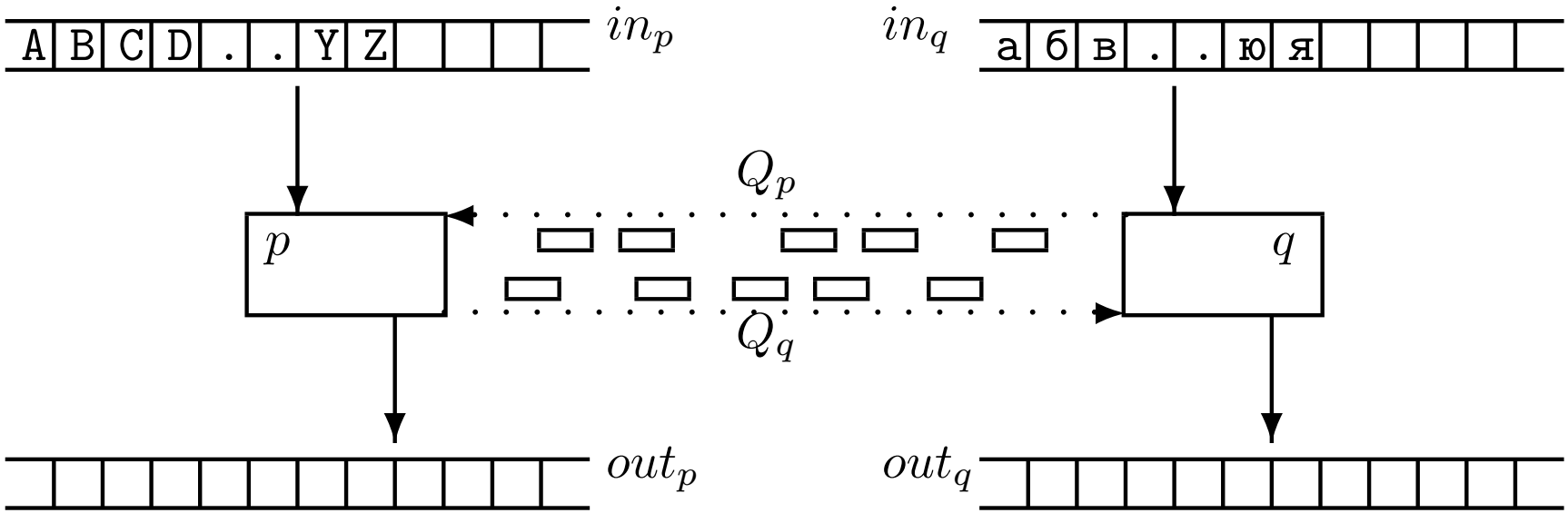
В протоколе используется асинхронный обмен сообщениями

В описании и анализе протокола не рассматривается управление соединением: полагаем, что соединение непрерывно установлено на время всего выполнения протокола

Будем считать, что канал представляет собой очередь, допускающую потерю сообщений, а в остальном надёжную

Чуть более точно, в канале допускаются искажения сообщений, однако считается, что адресат способен обнаруживать ошибки этого вида (например, с использованием счётчиков чётности или специальных кодов, исправляющих ошибки)

BSWP: постановка задачи



Узлам p и q требуется передать друг другу *потоки* данных in_p, in_q, записав их в массивы out_q и out_p соответственно

BSWP: идея алгоритма

Поток данных разбивается на блоки данных одинакового размера

Каждый блок w пересылается в виде пакета $(\mathbf{pack}, \langle w, i \rangle)$ типа **pack**, содержащего этот блок и его порядковый номер, $i \in \mathbb{N}_0$

Для синхронизации доставки сообщений в коммуникационных протоколах нередко используются служебные подтверждающие сообщения

В BSWP такие сообщения в явном виде не пересылаются, и их роль играют пересылаемые пакеты

Обоим узлам p, q известны особые заранее заданные параметры протокола (константы опережения): ℓ_p, ℓ_q

BSWP: идея алгоритма

Пакет $(\textbf{pack}, \langle w, i \rangle)$, отправленный узлом A узлу B, обозначает

- отправленный блок данных $w = in_A[i]$ и
- подтверждение получения узлом A пакетов от B с номерами $0, 1, \ldots, (i - \ell_A)$

Таким двойным назначением пакетов определяются текущие границы «окна» номеров пакетов, пересылаемых узлами:

- Если узел A получил пакет $(\textbf{pack}, \langle w, i \rangle)$, то он уверяется в том, что все пакеты с номерами $0, 1, \ldots, (i - \ell_B)$ успешно доставлены, и далее отправляет пакеты только с номерами k: $k > i - \ell_B$
- Если j — это наименьший номер пакета, ещё не полученного от B, то A может отправлять только пакеты с номерами k: $k < j + \ell_A$

BSWP: устройство узла

Симметричность протокола означает, что узлы p и q идентичны, единственное различие определяется константами ℓ_p и ℓ_q

Поэтому достаточно описать только устройство узла p

В узле p содержится три процедуры (семейства действий):

- **S**$_p$: отправка очередного пакета узлу q
- **R**$_p$: приём пакета от узла q
- **L**$_p$: действие, обозначающее потерю пакета, предназначенного для доставки в узел p

Переменные узла:

var $s_p : \mathbb{N}_0 = 0$;
var $a_p : \mathbb{N}_0 = 0$;
var in_p : **array of word** = все данные для отправки;
var out_p : **array of word** $= (\perp, \perp, \dots)$;

word — тип пересылаемых блоков данных, дополненный особым значением $\perp$, обозначающим, что значение отсутствует

array of T — массив элементов типа T

BSWP: устройство узла

Процедура S_p:

1. Произвольно справедливо выбрать $i \in \mathbb{N}_0$: $a_p \le i < s_p + \ell_p$
2. $send(\mathbf{pack}, \langle in_p[i], i \rangle)$

Номера блоков для отправки выбираются из окна

$$a_p \le i < s_p + \ell_p$$

Створки (границы) этого окна способны изменяться (двигаться вперёд) по ходу получения пакетов от q

BSWP: устройство узла

Q_p — так обозначим (*надёжную*) очередь сообщений в коммуникационной подсистеме, адресованных узлу p

Процедура $\mathbf{R}_p$:

Предусловие: очередь Q_p непуста

1. *receive*(**pack**, $\langle w, i \rangle$)
2. Если $out_p[i] = \perp$:
   - 2.1 $out_p[i] := w$;
   - 2.2 $a_p := \mathsf{max}(a + p, i - \ell_q + 1)$;
   - 2.3 $s_p := \mathsf{min}(j \mid out_p[j] = \perp)$;

Получив сообщение из очереди, узел проверяет, не получал ли он уже блок с этим номером раньше

Если не получал, то этот блок записывается в out_p и створки окна обновляются согласно

- пакету как подтверждению (левая створка a_p) и
- новому неполученному блоку с наименьшим номером (правая створка $s_p + \ell$)

BSWP: устройство узла

Процедура $\mathbf{L}_p$:

Предусловие: очередь Q_p непуста

1. *receive*(**pack**, $\langle w, i \rangle$)

Потеря сообщения в канале равносильна его чтению из канала без обновления состояния узла

BSWP: спектр возможных проблем выполнения

1. Створки окон обоих процессов могут «захлопнуться» ($a_p \geq s_p + \ell_p$), что приведёт к блокировке (deadlock)
2. Створки могут вечно оставаться неизменными, и процессы будут вечно передавать блоки одного ограниченного диапазона — активный тупик (livelock)
3. Створки могут неограниченно отдаляться друг от друга, приводя к неэффективности передачи
4. Узел может не отправить блок данных с некоторым номером из-за расширения створок или по другим причинам
5. Узел может принять данные, не уверив партнёра в том, что они приняты
6. Узел может быть уверен, что данные успешно доставлены, хотя это не так

И как же сформулировать и доказать правильность работы протокола?