

Распределённые алгоритмы

mk.cs.msu.ru → Лекционные курсы → Распределённые алгоритмы

Блок 12

Особенности реализации
симметричного протокола раздвижного окна

Протокол альтернирующих битов

Лектор:

Подымов Владислав Васильевич

E-mail:

valdus@yandex.ru

- ▶ $\ell_p : \mathbb{N}_0 = 0$
- ▶ $r_p : \mathbb{N}_0 = 0$
- ▶ $in_p : ARR[\mathcal{T}]$
- ▶ $out_p : ARR[\mathcal{T}] = (\perp, \perp, \perp, \dots)$;

Действие S_p : $\{\ell_p < r_p + c_p\}$

1. Выбрать $i \in \mathbb{N}_0$: $\ell_p \leq i < r_p + c_p$
2. $send(\mathbf{pack}, in_p[i], i)$

Действие R_p : $\{\text{очередь } Q_p \text{ не пуста}\}$

1. $receive(\mathbf{pack}, w, i)$
2. Если $out_p[i] = \perp$:
 - 2.1 $out_p[i] := w$;
 - 2.2 $\ell_p := \max(\ell_p, i - c_q + 1)$;
 - 2.3 $r_p := \min(j \mid out_p[j] = \perp)$;

Действие L_p $\{\text{очередь } Q_p \text{ не пуста}\}$

1. $receive(\mathbf{pack}, w, i)$

BSWP «в чистом виде» непригоден для реализации: в узле используются бесконечные массивы in_p , out_p и используются неограниченно возрастающие порядковые номера блоков данных

$$c_{pq} = c_p + c_q$$

Лемма. Если действие отправки пакета (pack, w, i) узлом $x \in \{p, q\}$ допустимо в **BSWP***, то $i < l_x + c_{pq}$

В S_p номер i блока данных для отправки выбирается так: $l_x \leq i < r_x + c_x$

Согласно последней лемме, этот диапазон (окно передачи) покрывается диапазоном $l_x \leq i < l_x + c_{pq}$

Следовательно, в узле достаточно хранить одновременно не более c_{pq} блоков данных для отправки

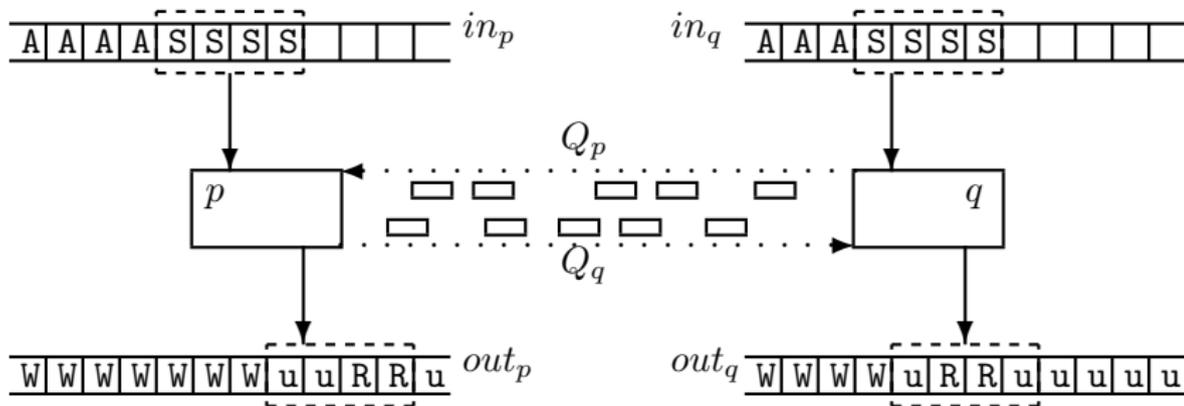
Лемма. Если $out_x[i] \neq \perp$ в узле $x \in \{p, q\}$ **BSWP***, то $i < r_x + c_{pq}$

По устройству протокола, узел может не хранить блоки $out_x[i]$ для $i < r_x$: эти значения могут быть переданы как окончательно полученные на верхний уровень и удалены из узла без ущерба его работе

Согласно последней лемме, тогда в узле достаточно хранить блоки $out_x[i]$ диапазона $r_x \leq i < r_x + c_{pq}$ (окна приёма)

И окно передачи, и окно приёма имеют ширину не более c_{pq}

Д.з. 1. Доказать две леммы выше



A = Сброшенный вход

S = Окно передачи

W = Записанные слова

R = Принятые слова

u = Неопределенные значения

[] = Окна передачи/приема

До сих пор нигде не использовалось существенно то, что передача сообщений между узлами устроена по принципу очереди

Очерёдность сообщений позволяет ограничить порядковые номера блоков

Теорема. Инвариантом BSWP (с поддержкой очерёдности сообщений в канале) является формула $P_{BSWP} \& p^4 \& q^4 \& p^5 \& q^5$, где:

$$p^4: ((\text{pack}, w, i) \text{ следует за } (\text{pack}, w', i') \text{ в } Q_p) \Rightarrow i > i' - c_{pq}$$

$$p^5: (\text{pack}, w, i) \in Q_p \Rightarrow i > \ell_p - c_p$$

$$q^4: ((\text{pack}, w, i) \text{ следует за } (\text{pack}, w', i') \text{ в } Q_q) \Rightarrow i > i' - c_{pq}$$

$$q^5: (\text{pack}, w, i) \in Q_q \Rightarrow i > \ell_q - c_q$$

Д.з. 2. Доказать эту теорему

Утверждение. Из $P_{BSWP} \& p^4 \& q^4 \& p^5 \& q^5$ следуют утверждения

- ▶ $(\text{pack}, w, i) \in Q_p \Rightarrow r_p - c_{pq} \leq i \leq r_p + c_{pq}$ и
- ▶ $(\text{pack}, w, i) \in Q_q \Rightarrow r_q - c_{pq} \leq i \leq r_q + c_{pq}$

Доказательство.

Рассмотрим пакет $(\text{pack}, w, i) \in Q_p$

Из p^1 ($\forall i \in \mathbb{N}_0 : (\text{pack}, w, i) \in Q_p \Rightarrow w = in_q[i] \& (i < r_q + c_q)$) следует $i < r_q + c_q$

По лемме об узости окна, из последнего неравенства следует $i < r_p + c_{pq}$

Из p^5 ($(\text{pack}, w, i) \in Q_p \Rightarrow i > l_p - c_p$) следует $i \geq l_p - c_p$

По лемме об узости окна, из последнего неравенства следует $i \geq r_p - c_{pq}$

Аналогично доказывается часть утверждения про Q_q ▼

Согласно последней теореме и неравенствам из этого утверждения, в каждой конфигурации в очереди Q_p возможны только пакеты с номерами i интервала ширины $2c_{pq}$ с центром в r_p

Это означает, что в условиях очерёдности в реализации протокола достаточно нумеровать пакеты по модулю $2c_{pq}$

В «экстремальном» случае, когда $c_{pq} = 1$ (то есть когда $c_p = 1$ и $c_q = 0$ или наоборот) и используются все изложенные детали реализации, BSWP «вырождается» в **протокол альтернирующих (чередующихся) битов** (alternating bit protocol, **ABP**)

С единственной технической поправкой — начальные значения ℓ_p и ℓ_q (левых створок окон) в ABP равны соответственно $-c_p$ и $-c_q$

В сообщениях ABP возможны всего два номера: 0 и 1

Сменой номера отмечается конец передачи текущего блока данных и начало передачи следующего, блоки передаются поочерёдно, и в рамках передачи очередного блока отправляются сообщения только с этим блоком

Д.з. 3. Опишите ABP (переменные и код узлов), основываясь на коде BSWP и удалив из узла переменные r_p и r_q с заменой их на подходящие выражения

Д.з. 4. Опишите вычисление ABP (последовательность изменений переменных узлов и очередей сообщений), в котором от p к q и от q к p передаётся по 3 блока данных: соответственно (a, b, c) и (A, B, C)