

Распределенные алгоритмы и системы

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

Блок 12

Особенности реализации
симметричного протокола раздвижного окна

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

```
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 = ( $\perp$ ,  $\perp$ , ...);
```

Процедура S_p (предусловие: $a_p < s_p + \ell_p$)

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

Процедура R_p (предусловие: очередь Q_p не пуста)

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

Процедура L_p (предусловие: очередь Q_p не пуста)

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

BSWP в таком виде, как сейчас, непригоден для реализации: в узле используются бесконечные массивы in_p , out_p и используются неограниченно возрастающие порядковые номера блоков данных

$$\ell_{pq} = \ell_p + \ell_q$$

Лемма. Если действие отправки пакета $(\text{pack}, \langle w, i \rangle)$ узлом $x \in \{p, q\}$ допустимо в BSWP^* , то $i < a_x + \ell_{pq}$

В \mathbf{S}_p номер i блока данных для отправки выбирается так:

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

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

То есть в узле p достаточно хранить одновременно не более ℓ_{pq} блоков данных для отправки

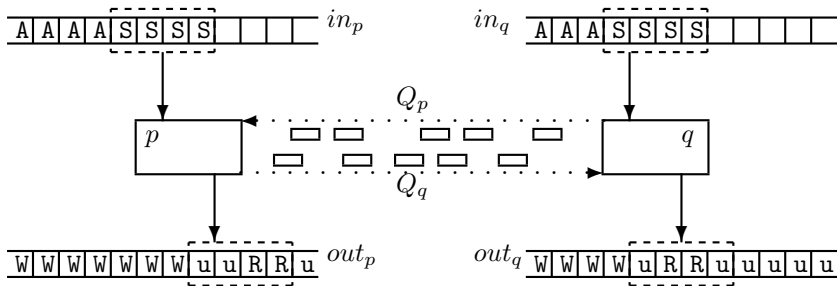
Лемма. Если $\text{out}_x[i] \neq \perp$ в узле $x \in \{p, q\}$, то $i < s_x + \ell_{pq}$

По устройству протокола, узел может не хранить блоки $\text{out}_p[i]$ для $i < s_p$: эти значения могут быть переданы как окончательно полученные на верхний уровень и удалены из узла

Согласно последней лемме, тогда в узле достаточно хранить блоки $\text{out}_p[i]$ диапазона $s_p \leq i < s_p + \ell_{pq}$ (окна приёма)

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

Доказательство (этих двух лемм). Это **Задача 1**



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. Если в каналах между узлами поддерживается очерёдность сообщений, то инвариантом BSWP является формула

$P_{BSWP} \& p^4 \& q^4 \& p^5 \& q^5$, где:

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

p^5 : (pack, $\langle w, i \rangle$) $\in Q_p \Rightarrow i > a_p - \ell_p$

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

q^5 : (pack, $\langle w, i \rangle$) $\in Q_q \Rightarrow i > a_q - \ell_q$

Доказательство. Это **задача 2**

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

- ▶ $(\text{pack}, w, i) \in Q_p \Rightarrow s_p - \ell_{pq} \leq i \leq s_p + \ell_{pq}$ и
- ▶ $(\text{pack}, w, i) \in Q_q \Rightarrow s_q - \ell_{pq} \leq i \leq s_q + \ell_{pq}$ и

Доказательство.

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

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

По лемме об узости окна, из последнего неравенства следует $i < s_p + \ell_{pq}$

Из p^5 ($(\text{pack}, \langle w, i \rangle) \in Q_p \Rightarrow i > a_p - \ell_p$) следует $i \geq a_p - \ell_p$

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

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 $2\ell_{pq}$ с центром в s_p

Это означает, что в условиях очередности в реализации протокола достаточно нумеровать пакеты по модулю $2\ell_{pq}$

В «экстремальном» случае, когда $\ell_{pq} = 1$ (то есть когда $\ell_p = 1$ и $\ell_q = 0$ 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 a_p и a_q (левых створок окон) в ABP равны соответственно $-\ell_p$ и $-\ell_q$

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

Задача 3. Покажите, что из ABP можно удалить переменные s_p и s_q , заменив их на подходящие выражения над оставшимися переменными