

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УСКОРЕННОГО ВВОДА КЛЮЧЕВОГО СЛОВА В ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЕ С ПОШАГОВОЙ ПОДСКАЗКОЙ

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина

**Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина

***Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина

Анотація. Розглядається можливість підвищення ефективності інтерфейсу користувача інформаційно-пошукової системи за рахунок прискореного режиму вводу ключового слова. Наводяться розрахункові та експериментальні дані залежності трудомісткості інтерфейсу від кількості введених символів у прискореному режимі і параметрів словника системи підказки. Даються рекомендації щодо вибору оптимального значення кількості символів ключового слова у прискореному режимі.

Ключові слова: інтерфейс користувача, пошук за ключовим словом, покрокова підказка, трудомісткість інтерфейсу користувача.

Аннотация. Рассматривается возможность повышения эффективности интерфейса пользователя информационно-поисковой системы за счет ускоренного режима ввода ключевого слова. Приводятся расчетные и экспериментальные данные зависимости трудоемкости интерфейса от количества введенных символов в ускоренном режиме и параметров словаря системы подсказки. Даются рекомендации по выбору оптимального значения количества символов ключевого слова в ускоренном режиме.

Ключевые слова: интерфейс пользователя, поиск по ключевому слову, пошаговая подсказка, трудоемкость интерфейса пользователя.

Abstract. The possibility of increasing the efficiency of user interface of information-retrieval system by accelerating the entry mode of keyword is discussed. Calculated and experimental data of interface complexity dependence on the entered signs number in accelerated mode and parameters of vocabulary prompt are given. Some recommendations on the choice of optimal value of keyword signs in accelerated mode are given.

Keywords: user interface, keyword search, step by step prompt, complexity of user interface.

1. Введение

Количественные оценки производительности и критериев выбора параметров интерфейса пользователя поисковой системы с пошаговой подсказкой ключевого слова, приведенные в [1, 2], характеризуют неопытного пользователя, который, как предполагается, после набора каждого символа визуально анализирует очередную порцию подсказки объемом m слов. В то же время из результатов анализа [1] функции $\rho(i)$ пошагового распределения вероятностей успешного завершения процесса подсказки (т.е. обнаружения и идентификации искомого ключевого слова) да и из практического опыта вытекает, что значения $\rho(i)$ для малых i весьма малы. Таким образом, ввод начальных символов ключевого слова малорезультативен. Поэтому опытный пользователь предварительно набирает несколько (обозначим через c) символов в ускоренном режиме («вслепую»), без просмотра предлагаемых порций подсказки, и лишь затем обращается к экрану. Если значение c слишком мало, просматриваются лишние порции подсказки; если слишком велико, то вводятся лишние символы.

Статья посвящена обобщению результатов [1, 2] в направлении получения количественных оценок зависимостей, связывающих параметры базового словаря системы подсказки со значениями:

- среднего суммарного количества введенных символов $\bar{v}(c)$;
- среднего суммарного количества просмотренных слов подсказки $\bar{M}(c)$;
- ожидаемой производительности интерфейса $H(c)$ (среднего времени ввода и идентификации ключевого слова).

2. Теоретические зависимости

Определим значение c как количество шагов (введенных символов ключевого слова), предшествующих фазе визуального анализа очередных порций подсказки. Это означает, что для режима неопытного пользователя $c = 1$. С учетом приведенного уточнения, общее выражение, определяющее значение $H(c)$, может быть представлено в следующем виде:

$$H(c) \approx (c-1)\tau_1 + [v(c) - w + 1]\tau_2 + \bar{M}(c)\tau_3 + const, \quad (1)$$

где τ_1 – удельное время ввода символа в ускоренном режиме («вслепую»);

τ_2 – удельное время ввода символа с анализом введенного символа (т.е. «переключением» внимания на экран);

τ_3 – удельное время визуального анализа одного слова подсказки;

$w = \min(c, v)$;

$const = P + BV$ (операторы GOMS [3], определяющие суммарное время подтверждения выбора).

Для $c = 1$ в [2] приведены выражения, полученные в результате исследования идеализированной логико-вероятностной модели пошаговой подсказки в рамках исходных допущений:

1) о случайном характере распределения реальных значений N слов базового словаря среди q^n всевозможных значений комбинаций n символов в алфавите q ;

2) об аппроксимации функции востребованности информационных ресурсов (вероятностей обращений к словам словаря) непрерывной функцией $p(x)$.

Обобщение этих выражений на случай произвольного значения c дает следующие результаты:

$$v(c) = \begin{cases} c \cdot \sum_{i=1}^c \rho(i) + \sum_{i=c+1}^{I_m} i \cdot \rho(i) & \text{для } c \leq I_m \\ c & \text{для } c > I_m, \end{cases} \quad (2)$$

$$\bar{M}(c) = \begin{cases} \Delta M_1 \cdot \sum_{i=1}^c \rho(i) + \sum_{i=c+1}^{I_m-1} [(i-c) \cdot m + \Delta M_1] \cdot \rho(i) + [(I_m - c) \cdot m + \Delta M_2] \cdot \rho(I_m) & \text{для } c < I_m \\ \Delta M_2 & \text{для } c = I_m, \\ 1 & \text{для } c > I_m \end{cases} \quad (3)$$

где для $\frac{N}{q^i} > m-1$ и $m > 1$

$$\rho(i) = \rho_i \cdot \prod_{s=1}^{i-1} (1 - \rho_{i_s});$$

$$\rho_i = \int_0^{\xi_i} \rho(x) dx;$$

$$\xi_i = \frac{q^n \cdot m}{\frac{N}{q^i} + 1};$$

I_m – ближайшее целое, большее или равное $\log_q \frac{N}{m-1}$.

В табл. 1–3 приведены результаты расчетов значений $\bar{v}(c)$, $\bar{M}(c)$, $H(c)$ для $q = 32, 10$, $N = 10^4 - 10^8$, равномерного ($\lambda^0 = 0$) и экспоненциального (с $\lambda = 10/q^n$) вида функции $p(x)$.

Таблица 1. Текст $q = 32$, $n = 7$, $m = 10$, $\lambda^0 = 0$

N	I_m	\bar{v}, \bar{M}, H	c						
			1	2	3	4	5	6	7
10^4	3	$\bar{v}(c)$	2,04	2,07	3	4	5	6	7
		$\bar{M}(c)$	14,67	4,99	3,25	1	1	1	1
		$H(c)$	6,85	3,76	3,579	3,27	3,67	4,07	4,47
10^6	4	$\bar{v}(c)$	3,66	3,66	3,68	4	5	6	7
		$\bar{M}(c)$	30,26	20,26	10,37	3,25	1	1	1
		$H(c)$	12,5	9,3	6,13	3,98	3,67	4,07	4,47
10^8	5	$\bar{v}(c)$	4,89	4,89	4,89	4,89	5	6	7
		$\bar{M}(c)$	42,27	32,27	22,27	12,3	3,25	1	1
		$H(c)$	16,84	13,63	10,43	7,24	4,38	4,07	4,47

Таблица 2. Цифровой код $q = 10$, $n = 12$, $m = 10$, $\lambda^0 = 0$

N	I_m	\bar{v}, \bar{M}, H	c											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10^4	4	$\bar{v}(c)$	2,96	2,97	3,08	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		$\bar{M}(c)$	23,91	14,01	5,09	3,25	1	1	1	1	1	1	1	1
		$H(c)$	15,99	10,61	5,82	5,33	4,69	5,22	5,75	6,28	6,8	7,34	7,87	8,4
10^6	6	$\bar{v}(c)$	4,96	4,96	4,96	4,97	5,08	6	7	8	9	10	11	12
		$\bar{M}(c)$	43,88	33,88	23,89	14	5,09	3,25	1	1	1	1	1	1
		$H(c)$	27,9	22,46	17,04	11,67	6,88	6,39	5,75	6,28	6,81	7,34	7,87	8,4
10^8	8	$\bar{v}(c)$	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96	6,98	7,08	8	9	10	11	12
		$\bar{M}(c)$	63,88	53,88	43,88	33,88	23,9	14	5,09	3,25	1	1	1	1
		$H(c)$	39,82	34,39	28,96	23,52	18,1	12,7	7,94	7,45	6,81	7,34	7,87	8,4

Таблица 3. Текст $q = 32$, $n = 8$, $m = 10$, $\lambda^0 = 10$

N	I_m	\bar{v}, \bar{M}, H	c							
			1	2	3	4	5	6	7	8
10^4	3	$\bar{v}(c)$	1,73	2,00	3	4	5	6	7	8
		$\bar{M}(c)$	11,64	4,38	3,25	1	1	1	1	1
		$H(c)$	6,28	3,73	3,73	3,315	3,715	4,115	4,515	4,915
10^6	4	$\bar{v}(c)$	2,93	2,94	3,04	4	5	6	7	8
		$\bar{M}(c)$	23,68	13,71	4,71	3,25	1	1	1	1
		$H(c)$	11,16	7,52	4,27	4,125	3,715	4,115	4,515	4,915
10^8	5	$\bar{v}(c)$	4,31	4,31	4,31	4,34	5	6	7	8
		$\bar{M}(c)$	37,07	27,07	17,08	7,41	3,25	1	1	1
		$H(c)$	16,61	12,95	9,3	5,78	4,525	4,115	4,515	4,915

При определении $H(c)$ для τ_1, τ_2, τ_3 приняты следующие выражения и экспериментально установленные [4] значения:

$$\tau_1 = k + \mu_2,$$

$$\tau_2 = k + \mu_2 + \mu_3,$$

$$\tau_3 = n \cdot \mu_5,$$

где $k = 0,15$, $\mu_2 = 0,25$, $\mu_3 = 0,055$, $\mu_5 = 0,045$ (сек/симв.).

Определение значений ΔM_1 и ΔM_2 основано на следующих упрощающих допущениях.

1. Если процесс завершается на шаге $i < I_m$, то порция подсказки на этом шаге может с равной вероятностью быть полной (содержать m слов) или условно неполной (содержать с равной вероятностью 1, 2, ..., $m-1$ слов). При этом в обоих случаях искомым может быть любое слово порции.

2. Если процесс завершается на шаге $i = I_m$, то соответствующая порция подсказки может с равной вероятностью содержать 1, ..., m слов, и искомым может быть любое из них.

Из выражений (1), (2), (3) и приведенных в таблицах данных вытекает, что независимо от N, q и других параметров базового словаря зависимости $H(c)$ монотонно убывают от значения $c = 1$ до значения $c = I_m + 1$, а затем монотонно возрастают по мере увеличения c . Иными словами, теоретическое оптимальное значение $c = c_0$ равно

$$c_0 = \log_q \frac{N}{m-1} + 1.$$

3. Экспериментальные данные

С целью сопоставления теоретических зависимостей и расчетных данных с реальными данными было проведено натурное моделирование процесса ввода слов русского языка в ИПС GOOGLE.

В табл. 4 представлены фрагменты экспериментальных данных и усредненные значения, отражающие суть проведенных экспериментов и характер реальных зависимостей $\bar{v}(c)$, $\bar{M}(c)$, $H(c)$.

Таблица 4. Экспериментальные данные

№	Слово	n	V	m(1)	H(1)	m(v)	H(v)	C ₀	M(c ₀)	H(c ₀)	$\frac{H(c_0)}{H(1)}$	$\frac{H(c_0)}{H(v)}$
1	Абсолют	7	2	18	7,83	8	4,68	3	3	3,5	0,45	0,75
2	Абсцисса	8	4	32	14,45	2	3,66	4	2	3,68	0,25	1
3	Акциз	5	3	24	7,96	4	3,46	4	2	3,41	0,43	0,99
4	Акционер	8	5	45	19,56	5	5,16	5	5	5,16	0,26	1
...
...
27	Дедуция	8	3	26	11,52	6	4,32	4	2	3,68	0,32	0,85
28	Дисконт	7	3	25	10,43	5	4,13	3	5	4,13	0,4	1
29	Дифтонг	7	4	33	13,35	3	3,9	5	1	3,67	0,27	0,94
30	Дебаггер	8	4	33	14,84	3	4,04	5	1	3,72	0,25	0,92
Средние значения		6,86	3,87	31,8	12,79	3,14	3,79	4,31	2,14	3,65	0,3	0,97
Теоретические значения												
$\lambda_0 = 0, N = 10^6$		7,0	3,7	30,3	12,5	-	-	5,0	1	3,67	0,29	~0,92
$\lambda_0 = 10, N = 10^8$		8,0	4,31	27,07	16,6	-	-	6,0	1	4,1	0,25	~0,79

Приведенные данные подтверждают порядок снижения трудоемкости интерфейса при оптимальном выборе значения c . Так, отношение $\frac{H(c_0)}{H(1)} = 0,30$ для экспериментальных данных и 0,25–0,29 для теоретических расчетов. Что касается значения c_0 , то здесь экспериментальные и теоретические данные тоже вполне сопоставимы (4–5 в эксперименте и 5–6 – в теоретических расчетах).

4. Заключение

В реальности при вводе в поисковике конкретного ключевого слова заранее не известно (и не предсказуемо) значение c_0 . Так, в проведенном эксперименте для различных слов c_0 принимало значения от 3 до 6. Отдельные наблюдения за пользователями GOOGLE показали, что обычно выбираемые ими значения $c = 2 \div 3$. В то же время приведенные выше теоретические и экспериментальные данные свидетельствуют о целесообразности выбора больших значений c_0 – порядка 5. В пользу таких решений говорит и тот факт, вытекающий из расчетов (табл. 1–3) и подтверждающийся экспериментально, что $H(c_0 + x) \ll H(c_0 - x)$, где $x = 1, 2, \dots$. Это означает, что, интуитивно выбирая значение c , пользователю лучше «перебрать», чем «недобрать».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуализованный интерфейс пользователя информационно-поисковой системы в задаче поиска по ключевому слову («образцу») с упреждающей подсказкой / Г.Е. Кузьменко, В.А. Литвинов, С.Я. Майстренко [и др.] // Математичні машини і системи. – 2011. – № 1. – С. 61 – 71.
2. Литвинов В.А. Логико-вероятностная модель пошаговой подсказки в интерфейсе пользователя поисковой системы по ключевому слову / В.А. Литвинов, С.Я. Майстренко, И.Н. Оксанич // Математичні машини і системи. – 2011. – № 2. – С. 41 – 49.
3. Kieras D. Using the Keystroke-Level Model to Estimate Execution Times, University of Michigan [Электронный ресурс] / D. Kieras. – Режим доступа: <ftp://www.eecs.umich.edu/people/rchong/kieras/GOMS/KLM.pdf>.
4. Оксанич И.Н. Модель декомпозиции ментальных операторов в проблемно-ориентированном интерфейсе пользователя и ее экспериментальное исследование / И.Н. Оксанич // Математичні машини і системи. – 2010. – № 1. – С. 105 – 112.

Стаття надійшла до редакції 27.12.2012