Античный водяной телеграф: уточнение скорости передачи данных в Древней Греции с помощью эксперимента и математической модели

Куликова Милена Андреевна
ЧУ СОШ «Столичный–КИТ»
E-mail: 3345dsafgh@gmail.com

1. Введение

Античный водяной телеграф (далее — АВТ) — устройство для передачи данных, придуманное в древней Греции в IV до н.э. Его описание найдено у древнегреческого автора Полибия [1] со ссылкой на Энея Тактика (но описание от самого Энея Тактика не сохранилось).

АВТ — это сосуд с краном внизу, в который наливают воду и вставляют стержень на поплавке с 24 отметками (в греческом алфавите 24 буквы). Станции АВТ располагались на возвышенностях. В состав станции АВТ входили также сигнальщики с факелами. Они работали по технологии, изложенной в таблице 1.

Таблица 1. Технология работы АВТ по описанию Полибия (1 цикл)

№ сигнала	Станция 1 (передающая)	Станция 2 (принимающая)	Условное значение сигнала
1	Поднятие факела		Есть сообщение
2		Поднятие факела	Готовы принять
3	Опускание факела, открытие крана для слива воды из сосуда до нужной отметки	Вслед за станцией 1 – опускание факела и открытие крана для слива воды из сосуда	Сливаем воду
4	Поднятие факела, закрытие крана	Вслед за станцией 1 – закрытие крана	Закрывай кран, читай букву
5	Опускание факела, залив воды	Залив воды	Заливаем воду

На принимающей станции при сигнале 4 смотрели отметку, до которой опустился стержень, и записывали ее. Цикл повторялся до передачи всех букв сообщения.

В 2016 году автор произвел эксперимент по измерению скорости передачи данных АВТ, в результате получилось 50 букв в час [2].

2. Перегруппировка букв и новый эксперимент

По итогам указанного эксперимента были обнаружены следующие возможности для повышения скорости работы АВТ:

1) На стержне АВТ перегруппировать буквы не по алфавиту, а по частоте их встречаемости в греческих текстах. В прошлом эксперименте 100-буквенное сообщение включало 4 комплекта алфавита (по 24 буквы случайном порядке, т.е. 96) плюс еще 4 случайных буквы. Однако, буквы имеют разную частотность в реальных текстах. Поэтому передача данных будет быстрее, если на первых отметках будут стоять буквы с наибольшей встречаемостью. Древние греки вполне могли догадаться до такого способа, т.к. у них было развито шифрование разными методами (напр., шифр Спарты (скитала), книжный шифр Энея, квадрат Полибия и др. [3]).

Для оценки такой перегруппировки нужны данные о частотах букв в греческих текстах, они были любезно предоставлены Штефаном Тростом [4].

2) Добавить еще одного человека и сосуд на каждую станцию так, чтобы пока идет заливка воды в один, можно было делать передачу сообщений на другом. Например, по схеме из таблицы 2:

Таблица 2. Усовершенствованная технология работы АВТ (2 цикла)

№ сигнала	Станция 1 (передающая)	Станция 2 (принимающая)	Условное значение сигнала
1	Поднятие факела		Есть сообщение
2		Поднятие факела	Готовы принять
3	Опускание факела, открытие крана для слива воды из **1-го сосуда** до нужной отметки	Вслед за станцией 1 – опускание факела и открытие крана для слива воды из **1-го сосуда**	Сливаем воду
4	Поднятие факела, закрытие крана **1-го сосуда**	Вслед за станцией 1 – закрытие крана **1-го сосуда**	Закрывай кран, читай букву
5	Факел вверху, старт залива воды в **1-й сосуд**	Старт залива воды в **1-й сосуд**	Есть сообщение
6	Продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Поднятие факела, продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Готовы принять
7	Опускание факела, открытие крана для слива воды из **2-го сосуда** до нужной отметки, продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Вслед за станцией 1 – опускание факела и открытие крана для слива воды из **2-го сосуда,** продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Сливаем воду
8	Поднятие факела, закрытие крана **2-го сосуда,** продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Вслед за станцией 1 – закрытие крана **2-го сосуда,** продолжение залива воды в **1-й сосуд**	Закрывай кран, читай букву

То есть цикл из 4 шагов для первого сосуда остается, но потом стартует цикл для второго сосуда, а в первый в это время заливается вода. Другими словами, сосуды работают попеременно, и за счет этого устраняется потеря времени на заливку воды: она производится в фоновом режиме.

Единственная возможная проблема — будет ли достаточно резерва времени для залива воды? Он будет минимальным в случае, когда вода заливается в 1-й сосуд после передачи им 24-й отметки («пси») в то время, как на 2-м сосуде передается только одна буква, соответствующая первой отметке («альфа»). Тогда лимит будет определяться длительностью подачи 6 сигналов:

— сигнал 4 для 1-го сосуда;

— сигналы 1, 2, 3 и 4 для 2-сосуда;

— сигнал 1 снова для 1-го сосуда.

При длительности каждого сигнала в 3 сек. — лимит равен 18 сек.

Чтобы проверить, можно ли уложиться в такой лимит, автором был организован эксперимент, в котором измерялось время для залива воды в сосуд после спуска воды до 24-й отметки. Было произведено 25 замеров, т.е. погрешность оценивается в 20%. Результат замера: 13,3 ± 2,7 сек., т.е. в лимит 18 сек. уложиться можно.

3. Математическая модель АВТ

Исходя из вышеуказанных данных — была составлена математическая модель АВТ (таблица 3). Отметкам были присвоены буквы согласно их частотности [4], от наибольшей к наименьшей. Из частотности было подсчитано среднее ожидаемое количество букв в 100-буквенном сообщении.

Таблица 3. Математическая модель АВТ на 100 букв

№ отметки	Буква	Среднее количество букв в сообщении на 100 букв, шт.	Время на передачу 1 буквы, сек.					Всего время на передачу букв, сек.
			Сигнал 1	Сигнал 2	Сигнал 3 и слив воды	Сигнал 4	Сумма	
1	А	13,25	3	3	3	3	12	159,0
2	О	9,68			5		14	135,5
3	Е	9,40			7		16	150,4
4	І	9,24			9		18	166,3
5	Т	7,99			11		20	159,8
6	Σ	7,00			13		22	154,0
7	N	6,19			15		24	148,6
8	Н	4,79			17		26	124,5
9	Р	4,32			19		28	121,0
10	П	4,15			21		30	124,5
11	Y	4,11			23		32	131,5
12	К	3,77			25		34	128,2
13	М	3,43			27		36	123,5
14	Λ	2,66			29		38	101,1
15	Ω	1,84			31		40	73,6
16	Г	1,70			33		42	71,4
17	Δ	1,63			35		44	71,7
18	Х	1,29			37		46	59,3
19	Θ	1,22			39		48	58,6
20	Ф	0,75			41		50	37,5
21	В	0,67			43		52	34,8
22	Ξ	0,44			45		54	23,8
23	Z	0,33			47		56	18,5
24	Ψ	0,15			49		58	8,7
Итого:		**100**	**Время передачи сообщения:**					**2385,8**

Время на передачу букв (сигналы 1-4) рассчитано следующим образом:

— Сигналы 1, 2 и 4 — по 3 сек. каждый;

— Сигнал 3 и слив воды — по формуле 2n+1 сек., где n — номер отметки.

Их обоснованность подтверждается экспериментом 2016 года.

4. Результаты и выводы

Согласно расчету по математической модели, для передачи сообщения из 100 букв по усовершенствованной технологии АВТ понадобились бы в среднем 2385,8 сек., т.е. скорость передачи данных составила бы

100 : (2385,8 / 3600) ≈ 151 букв/час.

Для сравнения: в линии оптического телеграфа братьев Шапп в 1794 году Париж-Лилль

первый символ (буква) прошел через 15 станций за 9 минут [5]. Поскольку каждая из них повторяла его, то получается, что время на передачу одного символа от станции к станции составляло (9×60) / 15 = 36 сек. Таким образом, скорость передачи данных оптического телеграфа Шапп можно оценить в 100 букв/час, т.е. АВТ мог быть быстрее его.

На основании этого, можно сделать выводы:

— АВТ по скорости передачи данных мог превосходить самую мощную аналогичную систему конца XVIII — начала XIX века;

— Скорость передачи данных эпохи Наполеона Бонапарта (около 200 лет от нашего времени) все еще отставала от уровня античности (при этом разница между ними — более 2000 лет), и только изобретение электрического телеграфа и азбуки Морзе в 1840-х годах смогло повысить ее на порядок (свыше 1000 букв/час);

— Связь была и остается одним из основных факторов, которые определяют развитие той или иной цивилизации;

— Скорость передачи данных — количественный параметр, по которому можно сравнивать уровень развития общества в настоящем и в исторической ретроспективе.

Список литературы:

1. Полибий. Всеобщая история/ Книга X, 44.

2. Куликова, М.А. Античный водяной телеграф: экспериментальное исследование скорости передачи данных // Евразийский научный журнал. — 2016. — № 8. — С. 97.

3. Военное искусство античности : сб. ст. / сост. К. Королев. — М.: Эксмо, 2003.

4. Trost, Stefan. Letter Frequencies of the language Greek [Электронный ресурс], — (https://www.sttmedia.com/characterfrequency-greek).

5. Viennot, Laurent. Une brève histoire des réseaux de télécommunications [Электронный ресурс] — (https://interstices.info/une-breve-histoire-des-reseaux-de-telecommunications/).