

## Електронна техніка та прилади – Телекомунікації

**Автоматизована система структурного синтезу систем масового обслуговування**

Базовые алгоритмы, интерфейс, теория телетрафика, программное обеспечение, системы массового обслуживания.

В наш век системы массового обслуживания давно вошли в нашу жизнь. И целые отрасли современного бизнеса, технологий и жизни просто не возможны без систем массового обслуживания. Особенно эти вопросы актуальны в современных системах коммуникаций и связи.

Основы теории были заложены еще в начале 20 века, и за 100 лет смогли сформироваться в отдельную отрасль знаний. Теория решает вопросы создания call-центров, расчет необходимого числа линий, вероятность потерь, допустимо возможную нагрузку при заданном уровне потерь и линий и т.д. Но для применения теории необходимо провести довольно емкие расчеты, вот например 2-ая формула Эрланга:

$$P_V = \frac{\Lambda^V / V!}{\sum_{j=0}^{V-1} \Lambda^j / j! + \Lambda^V / [(V - \Lambda)(V - 1)!]},$$

Кроме того, при применение той или иной формулы необходимо учитывать специфические ограничения и тип исследуемой системы, что требует большой теоретической работы. Но на практике решать подобные задачи часто приходится «на лету», в самые короткие сроки или проводить подобные расчеты людям далеким от связи, например экономистам – при составлении бизнес-плана. В таких случаях хорошо бы иметь под рукой средство автоматического синтеза структур систем массового обслуживания, которая давала бы максимум полезной информации при минимуме затрат на аналитическую и расчетную часть.

Сейчас для решения задач синтеза систем массового обслуживания применяется несколько методов:<sup>4)</sup>

(\*) Непосредственный расчет вручную по формулам:

+ : точен, для любых входных значений

- : трудоёмок, занимает много времени, необходимо знание ограничений.

(\*) Расчет с помощью таблиц Кенделла-Башарина:

+ : быстро, нетрудоёмок

- : точен только для табличных значений, для не табличных надо применять специальные интерполирующие формулы, ограничены входные значения

(\*) Использование средств Excel, on-line средств и подобных программ:

+ : быстро, точно

- : необходимость вручную задавать базу и проводить решение, отличный компромисс, но требует хорошего знания теории.

Исходя из этого можно сделать вывод: на практике требуются средства расчета, работающие быстро, с большим уровнем точности, с интерфейсом, требующим от пользователя минимум работы по заданию данных, с расширенной сетью функций для решения самых различных задач данного профиля и, конечно, база ограничений, которая проверяла бы корректность вводимых значений.

Кроме того на практике часто встречаются задачи моделирования систем массового обслуживания, расчет отклонения практических значений от теоретических, а так же расчет вероятностных характеристик различных состояний систем в зависимости от внешних условий.

Так же стоит учитывать что при моделировании того же call-центра приходится применять подобные алгоритмы к разным проблемам, при чем для качественного анализа надо применять расчеты большое количество раз в определенном диапазоне значений.

Подобные рабочие программы, конечно, существуют и применяются на практике, но они решают отдельно взятые задачи; пакета же содержащего весь спектр подобных программ, который можно применять для создания самых различных систем, с учетом всех современных реалий – пока нет. Также современный мир телекоммуникаций очень быстро развивается и появляются новые структуры, которые также требуют анализа трафика и еще не имеют систем автоматизированного синтеза, например транковые сети.

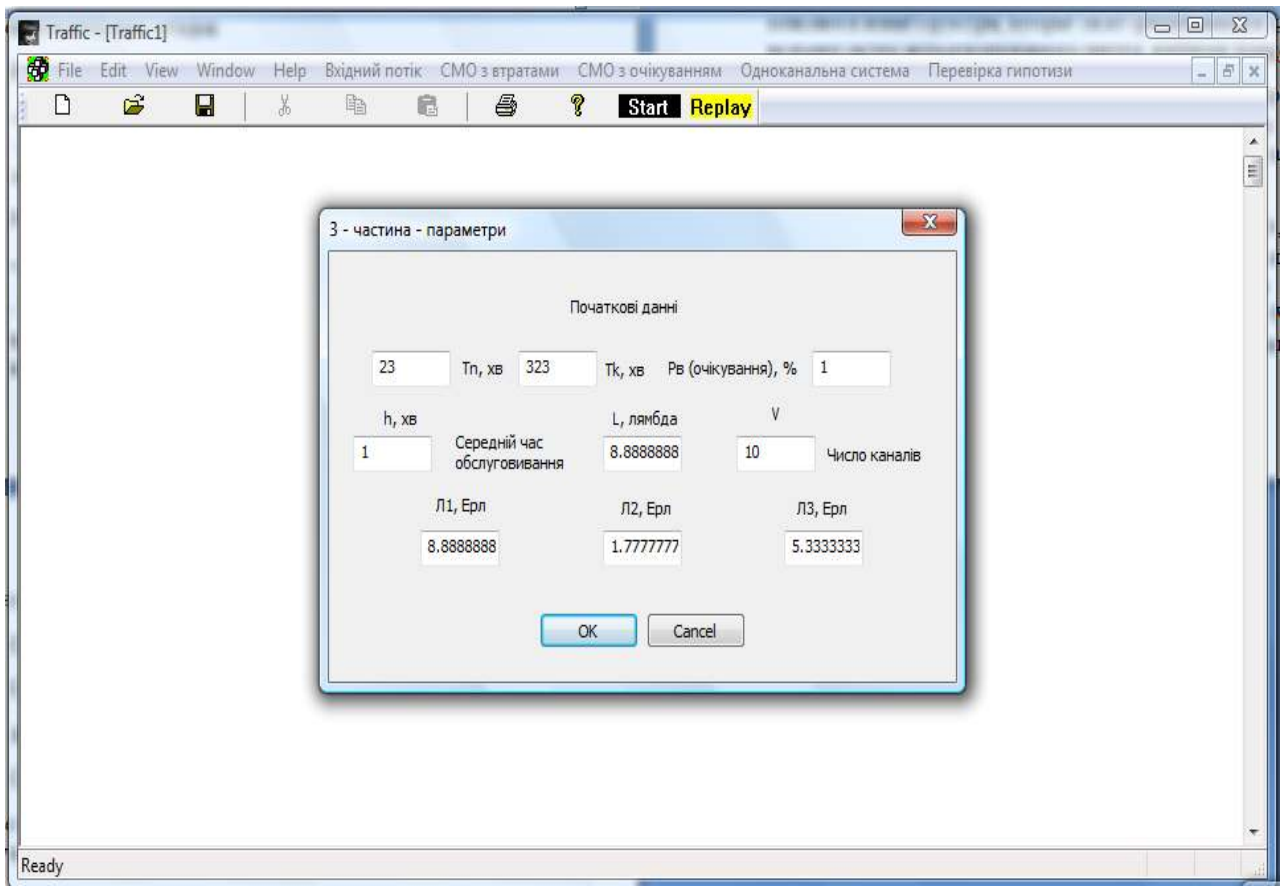
Исходя из этого передо мной встала задача создать подобную программу. Основной целью было создание рабочего «скелета» программы: базовых алгоритмов и интерфейса. Для этого были взяты классические задачи из теории трафика и предприняты пути их решения.

За основу языка программирования были взяты языки C++<sup>1)</sup> и C#<sup>5)</sup>, и применялась платформа .NET . Причина выбора очень проста: это 2 из самых распространенных и быстродействующих современных языков программирования. За базовый интерфейс был взят интерфейс Windows, в связи с его широкой распространенностью и интуитивно привычным видом.

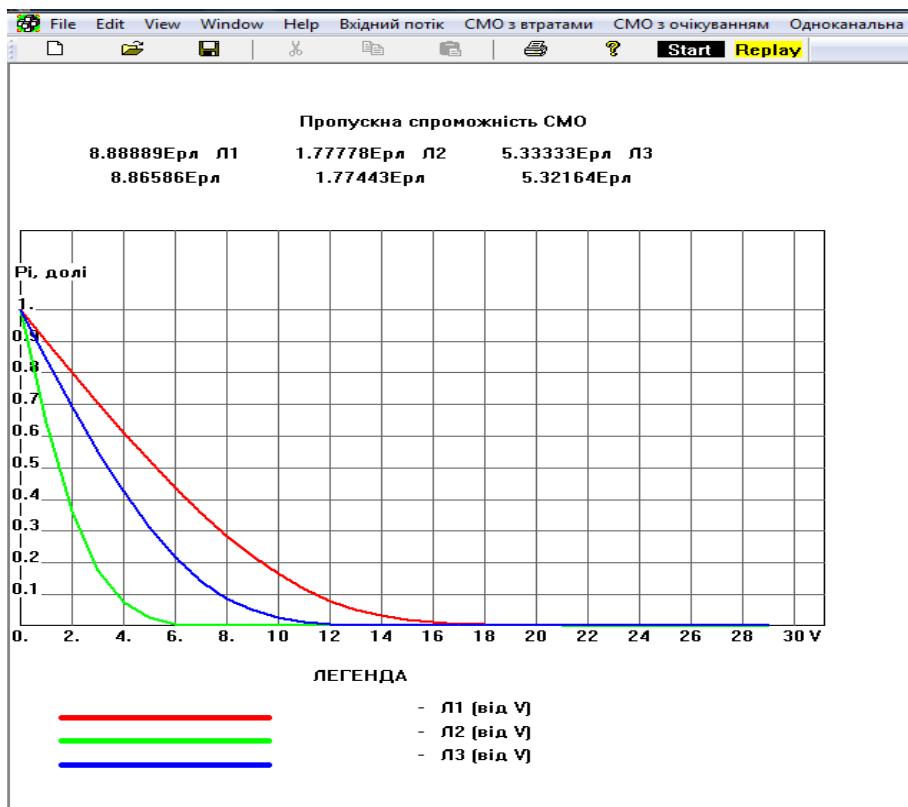
Решались такие классические задачи:<sup>2)</sup>

- (\*) Синтез, анализ и моделирование СМО с потерями.
- (\*) Синтез, анализ и моделирование СМО с ожиданием.
- (\*) Анализ и моделирование простейшего потока.
- (\*) Синтез и анализ СМО с ожиданием при ограниченном буфере.

Кроме того программа должна была решать задачи для диапазона входящей нагрузки (min, max, среднее значение) и проводить задачу оптимизации.



### Пример интерфейса



### Пример выводимых графиков и анализа системы

100.0%	100.0%	100.0%	0. V
89.8876%	64.0%	84.2105%	1. V
79.98%	36.2606%	69.1892%	2. V
70.3245%	17.6872%	55.1576%	3. V
60.9797%	7.28806%	42.3775%	4. V
52.0173%	2.52586%	31.1308%	5. V
43.5228%	0.742843%	21.6742%	6. V
35.5948%	0.188303%	14.1731%	7. V
28.341%	4.18277e-002%	8.63304%	8. V
21.8696%	8.26157e-003%	4.86689%	9. V
16.2757%	1.4687e-003%	2.53001%	10. V
11.6234%	2.37366e-004%	1.2118%	11. V
7.92736%	3.51652e-005%	0.535695%	12. V
5.14171%	4.80892e-006%	0.21929%	13. V
3.16137%	6.10657e-007%	8.34694e-002%	14. V
1.83896%	7.23741e-008%	2.96692e-002%	15. V
1.01131%	8.04157e-009%	9.88876e-003%	16. V
0.526008%	8.40949e-010%	3.10226e-003%	17. V
0.259084%	8.30567e-011%	9.1918e-004%	18. V
0.121062%	7.77138e-012%	2.58015e-004%	19. V
5.37765e-002%	6.9079e-013%	6.88039e-005%	20. V
2.27574e-002%	5.84795e-014%	1.7474e-005%	21. V
9.19405e-003%	4.72562e-015%	4.23612e-006%	22. V
3.55313e-003%	3.65265e-016%	9.82289e-007%	23. V
1.31596e-003%	2.70567e-017%	2.18286e-007%	24. V
4.67893e-004%	1.92403e-018%	4.65678e-008%	25. V
1.59963e-004%	1.31558e-019%	9.55236e-009%	26. V
5.26628e-005%	8.66223e-021%	1.88689e-009%	27. V
1.67183e-005%	5.49983e-022%	3.59407e-010%	28. V
5.1244e-006%	3.37154e-023%	6.60978e-011%	29. V

Залежність V від якості

8.88889Ерл П1	1.77778Ерл П2	5.33333Ерл П3
18. V	7. V	13. V

### ***Пример синтеза СМО, при указанном уровне качества и нагрузке.***

Z[i]	M[i]	T	V	# 1	# 2	# 3	# 4
0.0659	0.5984	23.0659	1	23.6643	23.0000	23.0000	23.0000
0.2963	1.3256	23.3622	2	23.6643	24.6878	23.0000	23.0000
0.1068	1.0060	23.4690	3	23.6643	24.6878	24.4750	23.0000
0.0174	0.0069	23.4864	4	23.6643	24.6878	24.4750	23.4933
0.8609	0.2058	24.3473	1	24.5531	24.6878	24.4750	23.4933
0.0199	1.2579	24.3672	4	24.5531	24.6878	24.4750	25.6251
0.3232	0.8041	24.6904	1	25.4944	24.6878	24.4750	25.6251
0.0588	0.4810	24.7492	2	25.4944	25.2302	24.4750	25.6251
0.0098	0.7385	24.7590	3	25.4944	25.2302	25.4975	25.6251
0.1915	1.4928	24.9505	L	25.4944	25.2302	25.4975	25.6251
0.7275	1.6944	25.6781	1	27.1709	25.2302	25.4975	25.6251

.....

### ***Пример моделирования системы с потерями***

На этом этапе была полностью создана рабочая среда, «скелет» будущей программы системы автоматического синтеза СМО.

Передо мной стоят вопросы дальнейшего развития программы.

Во-первых, я вижу 4 направления развития подобного программного продукта:

- 1) Применение в образовательных целях в учебных заведениях, т.к. программа наглядно демонстрирует многие теоретические выкладки и понятия.
- 2) Для расчета бизнес-планов и применения в деловой сфере. Переход от технического содержания программ к экономическим понятиям и расчетам, с соответствующим изменением интерфейса
- 3) Использование в научно-технической сфере, дальнейшее развитие алгоритмов для расчета более сложных систем массового обслуживания, при нестандартных типах трафика.
- 4) Моделирование на компьютере практических СМО с целью выявления некоторых закономерностей их работы и т.д.

В зависимости от выбранного направления необходимо изменять и улучшать интерфейс, выбирать дальнейший круг вопросов и алгоритмов, ставить акцент на определенных деталях процесса программирования. Но уже созданный «скелет» предоставляет возможность развития любого из направлений. Развивать все направления я не вижу смысла, так как такая программа просто не будет актуальна. Стоит добавить, что пока в ней реализуемы и решены самые простые задачи синтеза СМО (хотя и достаточно их широкий спектр), поэтому требуется добавить расчет трафика и синтеза СМО для систем работающих с примитивным потоком или с потоком-пакетов (IP-телефония) и т.д.<sup>3)</sup>

К тому же сейчас происходит бурное развитие пакетных сетей (пример р2р или Netsukuku) для которых еще не составлены программы синтеза СМО обслуживающие эти сети, и неприменимы классические методы теории

телетрафика (надо учитывать свойство фрактальности пакетного трафика). Данные сети обладают большим потенциалом, более надежны, прогрессивны и независимы чем IP сети, следовательно, очень респектабельны в будущем, хотя и очень слабо развиты сейчас. Для их полной реализации требуется полное изменение 3-ого уровня модели OSI, что неизбежно повлечет за собой спрос на программы, решающие проблемы маршрутизации и синтеза подобных сетей и СМО на их основе. Я считаю именно это направление самым актуальным, и хочу приложить усилия для решения этой проблематики, используя за основу уже созданный мной «скелет» программного обеспечения для автоматического синтеза СМО при заданных начальных параметрах.

## Литература

- 1) MSDN библиотека Windows;
- 2) Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложение – СПб.: БХВ Петербург, 2005 – 288с;
- 3) Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей М.: Техносфера, 2003 – 512с;
- 4) Ю. Н. Корньшев и др. Теория телетрафика – М.: Радио и связь, 1996 – 272с;
- 5) Дж. Якобс, Основы программирования на С# - СПб.: Питер, 2007 – 1230с.