

ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ

Лосанова М.А.¹, Костюшина Д.С.², Мержуева Е.Т.³, Шомахова А.Г.⁴,
Миронова С.А.⁵, Борзиева З.М.⁶

¹Лосанова Марианна Арсеновна – магистр,
кафедра социальной работы,

Институт социальной работы, сервиса и туризма
Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик;

²Костюшина Дарья Сергеевна – студент,
кафедра систем автоматизированного проектирования,
Институт пути, строительства и сооружений

Российский университет транспорта, г. Москва;

³Мержуева Елизавета Тамерлановна – студент,
кафедра русского языка и литературы, филологический факультет,
Ингушский государственный университет, г. Магас;

⁴Шомахова Айза Геннадиевна – студент,
кафедра биологии клетки,
Институт химии и биологии

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик;

⁵Миронова Светлана Александровна – студент,
кафедра технологии сахаристых продуктов,

Институт технологии пищевых продуктов и технологического менеджмента
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, г. Москва;

⁶Борзиева Заира Магомедовна – студент,
кафедра педагогики и методики начального образования, педагогический факультет,
Ингушский государственный университет, г. Магас

Аннотация: история телефонии — это рассказ о столетии впечатляющих технических достижений и социальных последствий, и в этой статье важная роль принадлежит математике не только из-за ее вклада в теорию телефонии, но и вследствие обратного влияния, которое привело к появлению новых математических методов. Классическая работа Эрланга (Erlang), например, не только легла в основу теории телесообщений, но и способствовала развитию прикладной теории вероятностей как новой области математики. Успехи последних лет в техническом оснащении телекоммуникаций требуют теперь новых математических методов. Применение некоторых из них к задачам телефонных сетей мы и рассмотрим.

Соединять каждого телефонного абонента отдельной линией с каждым другим абонентом было бы неэкономично, вместо этого связи осуществляются через коммутатор, где переключения выполняются вручную или автоматически. Поэтому телефонная сеть — это неполная сеть, ее структура более или менее похожа на структуру дерева, показанную на рис. 1.

Ключевые слова: математика. сети, телефон.

Телефония

История телефонии — это рассказ о столетии впечатляющих технических достижений и социальных последствий, и в этой статье важная роль принадлежит математике не только из-за ее вклада в теорию телефонии, но и вследствие обратного влияния, которое привело к появлению новых математических методов. Классическая работа Эрланга (Erlang), например, не только легла в основу теории телесообщений, но и способствовала развитию прикладной теории вероятностей как новой области математики. Успехи последних лет в техническом оснащении телекоммуникаций требуют теперь новых математических методов. Применение некоторых из них к задачам телефонных сетей мы и рассмотрим [1].

Соединять каждого телефонного абонента отдельной линией с каждым другим абонентом было бы неэкономично, вместо этого связи осуществляются через коммутатор, где переключения выполняются вручную или автоматически. Поэтому телефонная сеть — это неполная сеть, ее структура более или менее похожа на структуру дерева, показанную на рис. 1. Хотя терминология в разных странах различна, общей практикой считается разбиение всей обслуживаемой области на небольшое число районов, в каждом из которых имеется центральный районный коммутатор; далее каждый район подразделяется на ряд групповых зон, каждая из них обслуживается центральным групповым коммутатором, а в каждой групповой зоне может быть несколько главных коммутаторов, и, наконец, абоненты связаны непосредственно с зависимыми коммутаторами. Телефонный вызов к некоему удаленному абоненту идет от «вызывающего» абонента к зависимому коммутатору, затем главному, групповому центральному и районному центральному, потом в нужный районный центральный коммутатор, через групповой центральный, главный и зависимый коммутатор и, наконец, к «вызываемому» абоненту [2].

Линии, или цепи, соединяющие абонентов с коммутаторами и коммутаторы с другими коммутаторами, называются соединительными или магистральными, правда, последний термин сохраняется обычно для дальних линий. Межкоммутаторные линии могут быть «двусторонними», т. е. устроенными как ненаправленные «исходящие» и «входящие» линии. [3]

Телефонная сеть лучше всего моделируется при помощи иерархии, похожей на иерархию транспортных сетей. В телефонной магистральной сети (аналогичной магистральной дорожной сети) вершинами служат районные центры, а межрайонные соединения или магистральные линии ребрами (соединение здесь не вершина, а ребро). Для каждого района можно составить более подробную сеть с групповым центральным, главными и зависимыми коммутаторами в виде вершин и межкоммутаторными линиями в виде ребер. Это иерархическое описание сети можно продолжать вплоть до представления единичного переключателя в коммутаторе как сети, обеспечивающей связь между входящими и исходящими линиями [4].

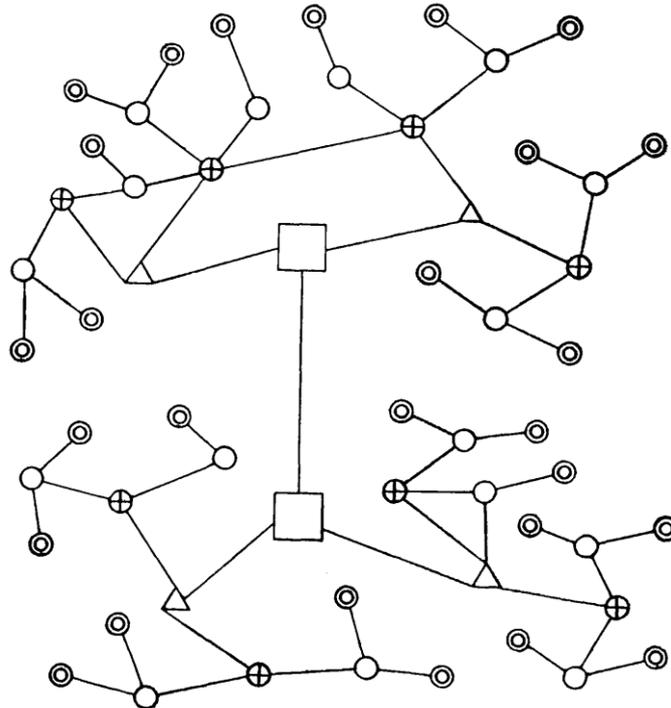


Рис. 1. Телефонная сеть.

⊙ - Абонент; ○ - зависимый коммутатор; ⊕ - главный коммутатор; Δ - групповой центральный коммутатор; □ - районный центральный коммутатор

Телефонные сети — это в принципе сети с ограниченной пропускной способностью, поскольку максимальное число одновременно идущих вызовов из физических соображений ограничено. Соседние коммутаторы обычно связаны пучком соединений, и каждое соединение, будучи единичным проводом, способно нести один вызов. Если все соединения пучка заняты, то всякий дополнительный вызов, пытающийся «пробраться» в этот пучок, должен пойти по другому пути, т.е. потеряться. Сигнал «занято», который слышит вызывающий абонент, не обязательно означает, что вызываемый абонент занят другим разговором: может быть и так, что все возможные пути между этими двумя абонентами заблокированы другими людьми, пользующимися той же сетью. Часть таким образом заблокированных, а потому потерянных вызовов, скажем 1 на 500, называется классом обслуживания и является мерой уровня перегруженности сети. Главная задача в проектировании телефонных сетей—дать наиболее экономичную сеть с приемлемым классом обслуживания, и, как читатель уже догадался, ее можно сформулировать как задачу о минимальной сетевой цене [5].

Природа телефонных связей, которые должна обслуживать сеть, давно понятна, а основное предположение о «чистой случайности» оказывается в большинстве случаев вполне подходящим. Из этого предположения следует, что поток связей между двумя пунктами можно описать одной величиной, скажем A , которая называется интенсивностью связей и равна среднему числу вызовов, осуществляемых в настоящее время. Более точно число соединений, используемых (или занятых) в каждый момент, имеет пуассоновское распределение со средним, равным A . Эта величина измеряется в единицах, их называют эрлангами. Так что $A=10$ эрлангам означает, что характер связей таков, что среднее число производимых в любой момент вызовов равно 10.

Эрланг оставил после себя не только эту единицу интенсивности телефонных связей, в его честь названа также наиболее известная в теории телекоммуникаций формула потерь Эрланга

$$E = \frac{A^N/N!}{1+A+\frac{A^2}{2!}+\dots+(A^N/N!)} \quad (1)$$

Здесь N — число соединений в пучке, которые заняты в модели случайных связей, со средним значением A эрланг, а E — доля времени, когда заняты все соединения, или доля потерянных вызовов, т. е. класс обслуживания. Некоторые читатели узнают в знаменателе $1+A+\frac{A^2}{2!}+\dots+\frac{A^N}{N!}$ — отрезок бесконечного ряда для e^A , и часто знаменатель с достаточной точностью можно заменить на e^A .

Не останавливаясь на выводе этой формулы, проиллюстрируем ее применение в двух простых случаях:

N	A	A/N	E (приближенно)
5	0,9	0,18	0,002
20	10	0,5	0,002

При одном и том же классе обслуживания $E = 0,002$, т. е. потере одного вызова из 500, пучок из 5 соединений будет нести 0,9 эрланга, тогда как пучок из 20 соединений будет нести 10 эрлангов связи. Отношение A/N , которое иногда называют эффективностью связи, равно числу эрлангов на одно соединение. В этом смысле большой пучок соединений эффективнее, чем малый, при том же классе обслуживания. Это важное следствие случайности телефонных связей. Оказывается, более эффективно объединить малые потоки связей с малым числом соединений в большие потоки с большими пучками соединений.

Другое важное следствие случайности связей позволяет нам не вдаваться слишком глубоко в теорию вероятностей. Если два потока независимых случайных связей объединяются, то результирующий поток также оказывается случайным с интенсивностью, равной сумме их интенсивностей. Поэтому в сетевых расчетах с интенсивностями связей можно обращаться так, как если бы телефонные связи образовывали стационарный поток, подобный потоку жидкости. Наша предшествующая работа по потокам в транспортных сетях может быть непосредственно перенесена в эту область и положена в основу анализа связей в телефонных сетях. Диапазон применения новых рассмотренных нами методов становится значительно шире. Специалист по транспортным сетям может быстро сделаться специалистом по телефонным сетям, ему нужно только выучить новую терминологию.

Список литературы

1. *Афанасьев Л.Л. и др.* Единая транспортная система и автомобильные перевозки. М.: Транспорт, 1984. 465 с.
2. *Аникин Б.А., Тяпухин А.П.* Коммерческая логистика: Учеб. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. 432 с.
3. *Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж.* Логистика: интегрированная цепь поставок. М: Олимп-Бизнес, 2001. 640 с.
4. *Безуголова М.А.* Транспортные услуги в международной торговле: Учебн. пособие. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2001. 91 с.
5. *Беленький А.С.* Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования. М.: Мир, 1992. 582 с.