



СТАБИЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ, ДОПУСКАЮЩИХ ХАОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ, ПОСРЕДСТВОМ АВТОТРАНСФОРМАЦИИ ХАОТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ В ГИСТЕРЕЗИСНОЕ

А.В. Мержвинский¹, Б.М. Попов¹

¹АО Концерн «Созвездие», Воронеж, Россия

Аннотация. Для систем с памятью, допускающих хаотическое поведение и являющихся подсистемами более сложной системы (надсистемы), предложен способ стабилизации их функциональных характеристик посредством автотрансформации хаотического поведения в поведение гистерезисное. Такая трансформация базируется на автоматическом изменении структуры системы, придающем ей логистическую гибкость, способность опережающей адаптации к вариациям потребностей надсистемы.

Ключевые слова: системы управления реального времени, системы связи, гистерезисная преемственность.

STABILIZATION OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SYSTEMS ALLOWING CHAOTIC BEHAVIOR BY MEANS OF AUTOTRANSFORMATION OF CHAOTIC BEHAVIOR INTO HYSTERESIS

A.V. Meržvinskij¹, B.M. Popov¹

¹JSC «Concern «Sozvezdie», Voronež, Russia

Abstract. For systems with memory that tolerate chaotic behavior and that are subsystems of a more complex system (super), a way to stabilize their functional characteristics by Autotransform Chaotic behavior in the behaviour of the hysteresis. Such transformation is based on automatic change of structure of system giving it logistical flexibility, ability of ahead adaptation to variations of super needs.

Keywords: real time control systems, communication systems, hysteresis continuity.

1. ВВЕДЕНИЕ

Действие предлагаемого способа стабилизации характеристик рассматривается применительно к системе связи, реализующей организацию и предоставление услуг связи для транспортных объектов системы управления, функционирующей в режиме реального времени. В этом режиме предоставление связных ресурсов должно не просто соответствовать ритму событий в системе управления, а производиться с реактивностью, превосходящей темп этих событий. Это обстоятельство неизбежно требует превентивной организации производства связных ресурсов во избежание задержки их предоставления, ведущей к сбою системы управления.

2. СТАБИЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В идеальном варианте предоставление услуг связи для системы управления, функционирующей в режиме реального времени, должно осуществляться мгновенно, без временной задержки на реализацию процесса подготовки требуемого сетевого соединения. В некоторых системах управления с детерминированным числом объектов управления для этого применяется стратегия с предварительным распределением и закреплением каналов связи за транспортными объектами системы управления. При столь жёсткой организации системы связи система управления получает канал связи мгновенно, и предоставление услуг связи здесь является по сути вневременным (безынерционным). Однако эта стратегия слишком ресурсоёмка, уязвима в плане живучести и, по понятным причинам, не может быть распространена на системы с переменным составом и большим числом объектов управления, охваченных сетью связи. Причём такой сетью, которая в общем случае не является полностью связной. Далее будет показано, что при учёте принципов построения и характера совместного функционирования систем управления и сетей связи представляется возможным нахождение иной стратегии, обеспечивающей непрерывное поддержание системы связи в алертном состоянии (high degree of alert). Иначе говоря, в состоянии готовности к незамедлительному соединению любых транспортных объектов системы управления.

В классическом системном анализе выделяют четыре типа поведения системы: броуновское – когда каждый элемент системы ведёт себя непредсказуемо, хаотически; лапласовское – детерминированное поведение, когда, зная текущее поведение каждого элемента, можно описать все прошлое и все будущее системы, чему соответствует наш пример с закреплением каналов; марковское – когда поведение системы зависит от предыдущего состояния, но не зависит от предпредыдущего, иначе говоря, при фиксированном настоящем будущее независимо от прошлого. Для марковских цепей разработан мощный математический аппарат, но применение этого аппарата к сетям связи, где процессы идут асинхронно и настоящее не фиксируется, неуместно.

Но есть самое сложное поведение – дарвиновское, которое связано с так называемой гистерезисной преемственностью. Состояние системы зависит здесь от предыдущего состояния системы, но от него оно зависит меньше, чем от более ранних состояний (предшествующих предыдущему). Это поведение называется дарвиновским, так как оно характерно для систем живого, и, учитывая, что технологии природы намного превосходят человеческие, оно является наиболее эффективным и не требует

специальных средств управления. Под этот четвертый тип поведения пытались создать внятную математическую модель такие математики, как Колмогоров [1], но задача оказалась не по силам. Методы формального описания гистерезисных преобразователей, которые развивались М.А. Красносельским и его учениками [2], основывались на развитой ими операторной трактовке этих преобразователей – представлении преобразователей как операторов, определённых на достаточно богатых функциональных пространствах, зависящих от своего начального состояния. Но мы рассматриваем функционирование систем в реальном масштабе времени, а реальное время бесконечно и, значит, начального состояния не имеет по определению. Поэтому путь в достаточно богатые функциональные пространства, указанный Красносельским для нас не актуален.

Причина низкой эффективности мониторинга и администрирования, существенно нагруженных сетей даже не в том, что они отвлекают на себя значительную часть ресурса, а потому что принципиально невозможно логическим путём справиться с проблемами физического плана. Для управления объектом необходимо иметь его модель. Модель, ориентированная на определенную группу свойств сложной системы, всегда проще самой системы. Но создание полной модели для сложной системы вообще бесполезно, так как в силу гипотезы фон Неймана, переведённой Аланом Тьюрингом в ранг теоремы, существует порог сложности выше которого любая модель сложной системы заведомо сложнее самой моделируемой системы, – минимальное описание – есть сама система. Иначе говоря, такая модель будет, как минимум, столь же сложной что и моделируемая система. Но сеть – не атом, не делится на части, она одно целое. Граничные условия задачи мониторинга сети все время меняются, и время оценки состояния больше времени изменения состояний в сетевом множестве.

Не спасают положения и попытки применения в качестве посредника между системами связи и управления средств современного искусственного интеллекта, способного к решению только узкоспециализированных задач. Применение же здесь агентов управления, построенных на принципах нейронных сетей, представляется излишним, так как сети связи сами обладают не меньшей чем нейронные сети гибкостью, пластичностью и памятью. И это не наш путь, ибо в проявлениях природной активности не замечено посредников подобных "демону Лапласа", который знает поведение каждой молекулы, её прошлое, задаёт её будущее и господствует над частицами предельной дискретности.

Впрочем, практика показывает, что математический, алгоритмический подход к построению сложных кибернетических систем излишне абсолютизирован. Явление гистерезиса, обнаруженное в различных областях естествознания (физике, механике, биологии, химии), несмотря на отсутствие здесь его строгих моделей, находит широкое практическое применение. В частности, присоединение к природной активности основано на таком основополагающем принципе действия, как принцип разделения эффектов, реализация которого обеспечивается гистерезисным механизмом. Дело в том, что протеканию процессов в природных системах свойственно сначала возникновение импульсного эффекта с выделением энергии, затем, через короткий промежуток времени и иногда в другом месте, эффекта с поглощением энергии. Если

их суметь разделить, то можно перенаправить поток природной активности (или активности надсистемы) в нужное для системы русло. Эта задача успешно решается внедрением в систему агентов-преобразователей гистерезисного типа, реализующих накопление с насыщением. В тепловых насосах эту роль выполняет хладагент, в радиоприёмных устройствах – диполь Герца и т. д.

В технике новые производительные силы выявляются отнюдь не благодаря созданию математических теорий и моделей. Так, электричество ещё в середине XVIII века считалось неким трудноуловимым флюидом, но после открытия лейденской банки в 1745 году электричество научились накапливать, далее – транспортировать из одной лейденской банки в другую и, в конце концов, использовать в промышленных целях и масштабах, и процедура его транспортирования позволила открыть способы получения механических эффектов. И, хотя физическая сущность электричества до сих пор не определена, это не мешает нам его производить и широко использовать. Мы гораздо чаще, чем думаем, применяем методы, не имеющие рационального обоснования. Здесь уместно вспомнить 11-й тезис о Фейербахе [3]: «Философы лишь различным образом объясняли мир, но дело заключается в том, чтобы изменить его». Поэтому нашей целью является не поиск абстрактной объяснительной модели, а нахождение способа автоматической трансформации (изменения) системы связи, способного без затрат дополнительного ресурса обеспечить непрерывную адаптацию сети к целям надсистемы, без выдачи со стороны надсистемы к системе каких-либо управляющих воздействий.

Особое место среди систем с гистерезисными свойствами занимают экономические системы. Формальное описание в рамках теории систем гистерезисные явления в экономике получили лишь в последние десятилетия [4,5]. Одна из основных причин этого факта – отсутствие возможности проведения экспериментов в сфере экономики. Поэтому математическое моделирование экономических систем с гистерезисными свойствами в какой-то мере является оправданным. И хотя и здесь, в силу существенной нелинейности процессов, общей модели не создано, получены частные модели функции продаж, представленные как некоторый преобразователь гистерезисного типа, учитывающий предысторию и, что еще более для нас интересно, инертность покупательского спроса. Интерес связан с тем, что система связи, рассматриваемая в качестве системы, предоставляющей необходимые системе управления услуги связи, в функциональном плане близка к экономическим системам.

Имеется немало экспериментальных результатов, показывающих, что различные нелинейные системы, допускающие хаотическое поведение, могут быть стабилизированы гармоническим внешним воздействием. Но запросы системы управления к системе связи имеют не гармонический, а спонтанный характер, что создаёт предпосылки к хаотичности функциональных характеристик системы связи. И далее будет показано, что и в нашем случае, благодаря наличию инертности в запросах системы управления и присущей системе связи структурной пластичности, система связи способна обеспечить опережающее производство и концентрацию наиболее популярного ресурса и предоставлять соединения системе управления практически мгновенно, в темпе приёма запросов на соединение, по сути – внеурочно.

Факт существования нелинейных систем, допускающих хаотическое поведение, характеристики которых могут быть стабилизированы отнюдь не гармоническим внешним воздействием, продемонстрируем на примере ассоциативного запоминающего устройства (АЗУ), быстродействующей буферной кэш-памяти ограниченного объема. В процессе работы вычислительной системы отдельные программы или блоки информации загружаются из основной (медленной) памяти в кэш-память – в принципе это может быть просто оперативная память на фоне памяти внешних устройств. При обращении к программе или за данными сначала проверяется их наличие в кэш-памяти. Если необходимая информация находится в кэш-памяти, она быстро извлекается. Это кэш-попадание. Если необходимая информация в кэш-памяти отсутствует (кэш-промах), то она выбирается из основной памяти, передается в работу и одновременно заносится в кэш-память. Повышение быстродействия вычислительной системы достигается в том случае, когда кэш-попадания реализуются намного чаще, чем кэш-промахи. Определение наиболее часто используемой информации производится не алгоритмически (это невозможно в силу спонтанности). Сохранение использованной информации в кэш-памяти позволяет «отбирать» информацию, которая чаще всего используется. Метод доказал свою эффективность по факту, так как, несмотря на спонтанность отдельных запросов, любой совокупности запросов свойственна некоторая серийность. Для исключения переполнения кэш-памяти – выбора отбрасываемой записи – используются разные стратегии вытеснения, но они просты и реализуются алгоритмически.

Понятно, что продуктивность управления в системах с броуновским поведением, где какая-либо упорядоченность отсутствует, близка к нулю. Далее будет показано, что системе связи практически без затрат может быть навязано дарвиновское поведение. Лозунг «анархия – мать порядка» имеет в кибернетике сомнительную репутацию, и мы, учитывая, что смена состояния в системе с дарвиновским поведением зависит от предыдущего состояния больше, чем от предыдущего, вправе поставить вопрос, а кто «дедушка и бабушка» порядка? Интуитивно понятно, что прапредками порядка в системах с дарвиновским поведением являются симбиоз и инерция. Анализ их действия позволит выявить основополагающий принцип, наделяющий систему «коэргитивной силой», переводящей поведение системы связи из броуновского в дарвиновский (гистерезисный) тип. Симбиоз и инерция являются теми эффектами, разделение которых создаёт условия для стабилизации функциональных характеристик системы. Инерции свойственна способность к накоплению, а облигатным признаком симбиоза является развитие используемого ресурса.

Поскольку инерционность проявляется на всех уровнях реальности, то, как показано в [6], благодаря этому обстоятельству можно организовать работу сети так, чтобы ресурс наиболее востребованных соединений в сети концентрировался в нужное время в нужном месте. И такая непрерывная «нормализация» сетевого ресурса – самоактуализация сети – может быть осуществлена без затрат, посредством синтеза без анализа, как бы по инерции, но в симбиозе с системой управления.

Сети связи, как и любые сети, состоят из узлов и соединяющих их линий, а конкретно – из узловых станций (с функциями коммутации) и многоканальных линий связи, соединяющих эти станции. К узловым станциям через оборудование доступа

абонентскими линиями подключены терминалы потребителей услуг связи. Сеть в общем случае не является полносвязной, но любой узел сети можно соединить с любым другим узлом той же сети транзитом через другие узлы этой же сети составным каналом связи, образуемым из простых каналов связи с помощью средств коммутации станций. Простой (несоставной) канал представляет собой часть пропускной способности линии связи, напрямую соединяющей два узла. Сетевые станции, имеющие общий канал сигнализации, при организации соединений оперируют не только простыми каналами, но и уже имеющимися их агрегациями (соединениями), представляя их рекурсивно: деталь для построения соединения – это 1) простой канал, а также 2) деталь для построения соединения, к которой подключён простой канал.

Созданные соединения не следует разрушать после освобождения, а по аналогии с механизмом кэш-памяти предлагается сохранять для повторного использования до тех пор, пока не понадобятся одиночные транзитные участки этих составных каналов (или совокупности, состоящие из уже соединённых одиночных участков) для образования новых составных каналов – соединений для удовлетворения новых предпочтений потребителей. В порядке соблюдения принципа дарвиновского отбора, при дефиците простых каналов, нужных для образования нового соединения, разрушению следует подвергать последние по времени образования соединения, ибо при высокой серийности все новации, влекущие реорганизацию, идут от маргинальных пользователей, а мейнстрим эксплуатирует организованные ресурсы. В результате такой стратегии, за счёт большей инерционности (активности) предпочтений тех или иных пользователей (транспортных объектов), возникает фильтрующий (вырезающий) «медленный» процесс концентрации пропускной способности на наиболее востребованных направлениях связи, обеспечивается накопление ресурса сетевых соединений между наиболее активными транспортными объектами для работы в наиболее востребованных направлениях связи. Данный «вырезающий процесс» действует как оператор гистерезисного типа и имеет консервативный характер, не требует для своей реализации какого-либо ресурса. Однако результат его действия имеет предметно-физическую специфику, поскольку, несмотря на свою медленность, он способен на опережающее приведение структуры сети связи в актуальное (алертное) для системы управления состояние. Отметим, делает он это непрерывно, поскольку актуальность изменчива, и никакая комбинация структур сети не может быть объявлена заранее окончательно актуальной. При резкой вариации предпочтений потребителей в коммутационном пространстве сети неактуальные структуры (соединения) автоматически исчезают, а актуальные – порождаются, как происходит в природе при действии дарвиновского «естественного отбора». Процесс, образно говоря, по стилю напоминает и действие «невидимой, но шустрой руки» Адама Смита, стабилизирующей спрос и предложение на рынке, и «хлопок одной рукой» дзенского каона.

Немаловажно, что для получения столь существенного эффекта, существующие принципы и методы реализации сетей связи не подлежат коренному пересмотру.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в докладе показано, что при наличии некоторой стабильности предпочтений пользователей инфокоммуникационной сети к работе в тех или иных

направлениях связи сохранение использованных соединений как следов их деятельности снимает априорную неопределённость и обеспечивает непрерывное действие механизма опережающей адаптации сетевых структур к вариациям в тематике и интенсивности пользовательских запросов.

Представляется, что данный подход может найти применение и в области проектирования устройств с приставкой «нано», ибо приставка «нано» – не простая характеристика протяженности, отражающей чисто геометрические параметры объектов. Она отражает факт проявления на нано-уровне качественно иных *организационно-функциональных-системных* свойств материалов, процессов и явлений, и здесь использование данного подхода, при невозможности внешнего управления уместно.

Предложенный подход имеет корреляцию с понятием из классического системного анализа – «телеологические механизмы», – характеризующим материальный механизм через использование понятия «циклическая причинность», наблюдаемого в системе, где новые формы поведения посредством «обратной связи» находятся под влиянием прежних форм. Элементарная кибернетическая мысль, удар топора управляется предыдущей засечкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. – 305 с.
2. Красносельский М.А., Покровский А.В. Системы с гистерезисом. М., 1983. – 271 с.
3. Маркс К. Экономическо-философские рукописи 1844 года и другие ранние философские работы. М.: Академический Проект, 2010. – С. 385-387
4. Семенов М.Е. Математическое моделирование устойчивых периодических режимов в системах с гистерезисными нелинейностями. Воронеж: Издательство ВГУ, 2002. – 104 с.
5. Абополова Е.А., Кабулова Е.Г., Мишин М.Ю., Семёнов М.Е. Динамическая модель рыночного равновесия в условиях гистерезисного поведения экономических агентов // Современная экономика: проблемы и решения. 2012. №7 (31). – С. 146–155.
6. Мерзвинский А.В., Попов Б.М. Технология самоактуализации сетей связи в режиме, опережающем режим реального времени системы управления // Теория и техника радиосвязи. 2018. № 1. – С. 27–33

REFERENCES

1. Kolmogorov A.N. Theory of information and theory of algorithms. M.: Science, 1987. – 305p.
2. Krasnoselskiy M.A., Pokrovsky A.V. System with hysteresis. M., 1983, - 271 p.
3. Marx K. Economic-Philosophical manuscripts of 1844 and other early philosophical works. M.: Academic Project, 2010. – Pp. 385-387
4. Semenov M.E. Mathematical modelling of stable periodical modes in systems with hysteresis linearities. Voronezh: VSU Publishing House, 2002. – 104 p.
5. Abopolova E.A., Kabulova E.G., Mishin M.J., Semenov M.E. Dynamic model of market equilibrium in the conditions of hysteresis behavior of economic agents// Modern economy: Problems and solutions. 2012. № 7 (31). – Pp. 146 – 155.
6. Merzhvinskij A.V., Popov B.M. Technology of self-actualization of communication networks in mode, accelerated real-time control system// Theory and technique of radio communication. 2018. № 1. – Pp. 27 – 33