

ПРИРОДОПОДОБНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ САМОАКТУАЛИЗАЦИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ В РЕЖИМЕ, ОПЕРЕЖАЮЩЕМ РЕЖИМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Попов Б.М.

Для обеспечения функционирования системы управления в режиме реального времени, система связи должно работать в режиме, опережающем режим реального времени системы управления, что достигается непрерывно действующим механизмом преадаптации сетевых структур к вариациям в тематике и интенсивности пользовательских запросов, их самоактуализации. Предложена технология создания подобного природоподобного механизма, базирующегося на фундаментальном природном явления инертности и симбиотическом взаимодействии, отличительным признаком которого является наращивание (развитие) используемого ресурса.

NATURE-LIKE TECHNOLOGY FOR COMMUNICATION NETWORK SELF-ACTUALIZATION IN THE MODE ADVANCING REAL-TIME

Popov B.M.

In order to provide control system operation in real-time mode, communication system should operate in the mode advancing real-time that can be achieved only by means of providing the communication system with mechanism for network structure forward adaptation to the variations in the user query topics and rates as well as their self-actualization. A technique for developing such nature-like technology that is based on fundamental natural inertia phenomenon and widespread symbiotic cooperation, distinguished by building-up (developing) resources being used, is proposed.

Организационно современные системы связи, используемые системами управления, состоят из служб и сетей связи. Построение их таково, что возможно независимое друг от друга развитие и, соответственно, независимое рассмотрение. Причём, в функциональном аспекте службы связи образуют надсистему по отношению к сетям, и их целесообразно считать принадлежностью системы управления. Поэтому далее, в соответствии с [1] под системой связи будем понимать сети связи. А именно, их логистически-материальную составляющую, к которой относятся системы передачи, конечные средства, линии связи, узлы и всё, что касается организации производства и предоставления связных ресурсов, и виртуальную (логическую) составляющую, всё, что связано с транспортировкой сообщений и коммутацией пакетов (метаболизм).

Организация и предоставление услуг связи для системы управления, функционирующей в режиме реального времени, должны не просто соответствовать ритму событий в системе управления, а производиться с реактивностью превосходящей ритм событий системы управления. Но утверждать, что на каждом уровне управления свой масштаб времени, можно только в отношении моделей уровней управления, а в реальности реальное время единственно. Управление в режиме реального времени, характеризуется не только реактивностью выполнения процедур принятия и исполнения решений, сопоставимой с темпом смены событий в объекте управления, но и способностью сохранять это качество неопределённо долго, поскольку реальное время бесконечно. То есть, в плане подобия природе возникает необходимость решения «проблемы бессмертия», которая в природе решена применительно к популяциям, а не к отдельным особям. Обратим внимание, популяции «приспособились к смерти» за счёт разных форм избыточности. Требование по «бессмертию» ещё больше ужесточает требования к системе связи и фактически принуждает её к функционированию в режиме, опережающем реальное время. При традиционном подходе преадаптация обеспечивается

алгоритмически - методом прогнозирования с применением соответствующих математических моделей. Но опережая реальное время, мы не можем в тоже время апеллировать к текущим параметрам состояния, поэтому для наделения сетей связью свойством и механизмом опережающей адаптации (актуализации), то есть свойством выполнять спонтанные запросы системы управления без подготовки – без реализации процедур анализа и синтеза, - необходим иной, неалгоритмический подход. И он необходим неизбежно, потому что в самих современных телекоммуникационных сетях низкая предсказуемость связана не с их логистическо-материальной составляющей, а с виртуальной.

Как показано в [2], виртуальной составляющей сетей связи – сетей с коммутацией пакетов - характерна множественность и текучесть состояний, причём изменение этих состояний не связано друг с другом не только причинно-следственными, но и закономерными связями. Поэтому здесь проблематично обеспечение предсказуемости их поведения в реальном масштабе времени методами, которые основаны на теории автоматического управления и на методах традиционного системного анализа. 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. Невозможно уследить за пространственно распределёнными спонтанно возникающими событиями. В соответствии с теоремой Поппера, если в системе действует предсказывающее устройство, то её поведение непредсказуемо, как непредсказуемы предсказания. Кроме того, чтобы в логическом смысле «было» перешло в «стало» не требуется времени, и потому логическое описание непригодно для описания возможностей, реализуемых из способности к «превосходству», пример, Ахиллес и черепаха. В результате такого неуместного мониторинга и администрирования сеть начинает вести себя как человек, поражённый болезнью Паркинсона, когда мозг пытается отправлять мышцам команды на расслабление и напряжение, но часть команд теряется или запаздывает. В результате мышцы постоянно пытаются то сократиться чуть сильнее, то наоборот расслабиться, в результате – тремор.

Применение к управлению сетями регламентов, основанных на теории автоматического управления и на методах теории массового обслуживания невозможно ещё и потому, что для описания сетевой динамики до сих пор нет адекватного языка. Например, в [3] отмечено, что такое понятие как пропускная способность, применяемое для характеристики отдельных линий и каналов связи, в общем случае никак не характеризует сеть связи. На качественные и количественные характеристики сетей передачи данных значительно большее влияние оказывает скорость логической обработки сообщений в узлах сети связи, чем чисто физическая характеристика - пропускная способность линий связи, соединяющих узлы сети. В этих сетях кроме пользовательского (профильного) трафика имеют место быть значительные объёмы трафика служебного. То есть трафика, порождаемого процессами реализации протоколов взаимодействия. В некоторых ситуациях интенсивность потоков служебного трафика в сети достигает объёмов, сопоставимых по объёму с потоками пользовательского трафика, а обработка служебного трафика более затратная, чем пользовательского. Более того, при определённом развитии событий в сети, служебный трафик, в отличие от пользовательского, начинает неограниченно расти, что вызывает поглощение служебным трафиком всего ресурса сети и её блокировку. Негативные тенденции имеют врождённую способность к росту и самоорганизации, поэтому их нужно подавлять в зародыше. Для описания этих сетевых явлений нет адекватного языка, и, соответственно, отсутствуют математические модели.

На важность наличия адекватного языка для появления возможности математически адекватного описания процессов в определённой сфере, указывал знаменитый математик Гельфанд И.М. В [4] он пишет: «Мы часто не думаем об отсутствии адекватно

описывающего ситуацию языка. Логика прекрасно работает, когда опытом человечества, интуицией и т. д. установлен адекватный язык, и беспомощна, когда есть потребность в самом этом языке. Выработка такого языка не есть логическая операция». Представление сетевого языка не является целью настоящего доклада, его выработка – весьма масштабный проект, но отдельные попытки привнесения в сферу сетевых организаций терминов и понятий из других, более освоенных сфер, в частности из физики и биологии, сделаны. Ввиду отсутствия собственных понятий, следует проявить толерантность к терминам, привлечённых из иных сфер, чтобы можно было не только осмысленно говорить о сетевых процессах на интуитивно понятном языке, но искать пути их логического осмысления. Как-то нужно выходить из ситуации «Ни в сказке сказать, ни пером описать».

Впрочем, сказанное выше относительно проблематичности управления сложными системами не ново. Ещё Эшби и Тьюринг своими принципами и теоремами теоретически обрекали сложные системы на неуправляемость. Так принцип необходимого разнообразия Эшби, утверждает, что «Эффективное функционирование системы может быть обеспечено только в том случае, когда разнообразие (неопределенность) системы управления не меньше разнообразия (неопределенности) управляемого объекта, разнообразие системы не менее разнообразия внешней среды». В соответствии с теоремой Тьюринга существует порог сложности системы, за которым любое ее (системы) описание (т.е. любая ее модель) будет сложнее самой системы – минимальное описание и есть сама система. Совмещая принцип с теоремой, приходим к выводу – управление сложной системой – утопия.

То есть проблема недостаточной предсказуемости в сетях с коммутацией пакетов не является новой, она возникла одновременно с появлением этих сетей, и современные телекоммуникационные технологии, несмотря на отсутствие общего решения, имеют ряд частных решений природоподобного типа по нейтрализации данного негативного сетевого свойства. Так создатели современных коммерческих сетей связи, базируясь на учёте достаточного очевидного обстоятельства, своеобразно обошли проблему недостаточной предсказуемости, включая проблему служебного трафика. Суть названного обстоятельства состоит в том, что не существует управления самого по себе. И, как сказано выше, управление и контроль функционирования любых объектов, в конечном счете, сводится к выполнению процедур перераспределения (концентрации) ресурсов, перераспределения, которое способствует интенсификации процессов, ведущих к достижению цели (повышению степени организованности) в результате данного перераспределения. Однако известно, что управление при отсутствии ресурсов или их избытии – не актуально, а при значительном избытке ресурсов – не критично. Поэтому приемлемое качество функционирования современных коммерческих телекоммуникационных сетей обеспечивается за счёт большой избыточности пропускной способности линий связи и скорости обработки в узлах сети связи по отношению к циркулирующим в них потокам трафика. Негативный фактор отсутствия предсказуемости здесь в значительной степени элиминируется избыточностью ресурса или, иначе говоря, непредсказуемость поглощается избыточностью.

Казалось бы, решение проблемы найдено, пусть и ломовым путём, без интеллекта, и теперь наука, как тот скрипач, тут уже не нужна. Это общее место, Г. Бейтсон [5] по аналогичному поводу замечает: «Как только они открывали эффективное "лечение" для чего-либо, исследования в этой области прекращались, и внимание направлялось на что-то другое. Сейчас мы можем предотвратить полиомиелит, но никто почти ничего не знает о системных аспектах этой поразительной болезни. Исследования по ней прекратились или, в лучшем случае, ограничиваются совершенствованием вакцин». Однако, во-первых, решение найдено не для тех сетей, которые обеспечивают функционирование систем в реальном времени, во-вторых, природа не терпит пустоты, и не только природа. Поэтому любой избыток должен быть как-то задействован, не должен

лежать мёртвым грузом, должен быть нормализован, актуализирован. И, в-третьих, сети самоценны сами по себе, как инструмент исследования интеллектуальных процессов.

Далее выявим основополагающий принцип, который можно положить в основу решения проблемы опережения реального времени. Логика не позволяет выявить в отдельных проявлениях наличия глобального принципа действия. Только интуитивно, через отдельные примеры проявления можно выявить тот основополагающий принцип, следуя которому может быть задействован избыточный ресурс, как на реализацию преадаптации (самоактуализацию) сети связи, так и на её интеллектуализацию.

На недавней сессии Intel Developer Forum была продемонстрирована действующая реализация крупной mesh-сети. По сути, это стандартная беспроводная сеть 802.11, в дополнение к системе базовых точек доступа способная «дообраивать» себя за счет подключенных в нее клиентских устройств — персональных компьютеров, КПК, сотовых телефонов. Таким образом, все клиенты в ее рамках становились узлами сети и могли принимать участие в передаче данных, что, естественно, сделало всю структуру более гибкой, надежной и производительной за счет появления дополнительных путей прохождения информации. То есть, когда вы используете ресурсы интернета в своих целях, интернет использует ваши ресурсы в собственных целях, к взаимной выгоде. Здесь, в факте экспансии интернета на ресурсы своих пользователей, легко усмотреть широко распространенное в природе явление симбиоза, облигатным признаком которого является наращивание (развитие) используемого ресурса.

Более тонкий пример проявления симбиоза в технических системах, обеспечивающий уже не просто предсказуемость поведения, а самоактуализацию в режиме опережения реального времени, можно усмотреть на примере кэш-памяти - ассоциативного запоминающего устройства (АЗУ), быстродействующей буферной 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, спонтанность), 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, определяемая наличием интеллекта у пользователей. Интеллекту свойственен консерватизм, он сторонится губительной новизны. Для исключения переполнения кэш-памяти - выбора отбрасываемой записи - используются разные стратегии вытеснения, но они просты и реализуются алгоритмически, без приложения интеллекта. В качестве симбионтов здесь выступают интеллект пользователей вычислительной системы и механизм кэш-памяти. В данном случае, интеллект, не прилагая каких-либо специальных направленных усилий, при сохранении инерции в характере и типе запросов к вычислительной системе, проявляет себя в составе и содержании кэш-памяти, проявляет в форме, релевантной своим текущим установкам. В результате наращивается не только ресурс возможностей кэш-памяти – её преадаптация (актуализация), но и сам интеллект популяции пользователей, осуществляя экспансию на используемую среду, получает свои бонусы развития. А, как известно, к продуктивному взаимодействию способны только системы (организации) имеющие общий инвариант. Фактически, интеллект пользователей, в результате своей экспансии, в определенном аспекте организует в кэш-

памяти свой «филиал», с которым у него общий инвариант, безусловно, есть, и симбиотическое взаимодействие здесь становится формой проявления его экспансии.

В [6] рассматривается модель симбиотических объединений систем естественного и искусственного интеллектов, включенных в организованные и организуемые технические среды, в которой интеллектуальные симбионты являются проявлением различных форм межсистемных объединений различной материальной природы, где проявляется активная форма преобразования и структурирования среды. Там же, в [6] введено понятие диффузного интеллекта как синергетического взаимного объединения искусственного и естественного интеллектов в организованной среде. Введение автором понятия диффузного интеллекта представляется нам наиболее ценным результатом, поскольку процесс диффузии инерционен, а, значит, консервативен, не требует внешней поддержки. Далее автор отмечает, что естественный интеллект активен и избирателен по своей природе; он упрощает среду деятельности до уровня, позволяющего ее операционализировать и тем самым активно преобразовывать в нужном направлении. Проще, чем автор, говоря, - интеллект индуктивен и экспансивен по своей природе, как электричество. Представляется реальным создать уравнения экспансии интеллекта по аналогии с уравнениями Максвелла.

Но по нашему мнению, делить интеллект на интеллект естественный и искусственный неправомерно. С тем же основанием можно было бы делить электрический ток на естественный и искусственный, но ток – есть ток, нет смысла его дифференцировать. То же электричество ещё середине XVIII века считалось неким трудноуловимым флюидом, каким сейчас является интеллект. После открытия лейденской банки в 1745 году электричество научились сохранять, а далее и транспортировать из одной лейденской банки в другую, в конце концов, использовать в промышленных целях и масштабах, и процедура его транспортирования позволила обнаружить способы получения механических эффектов. И хотя физическая сущность электричества до сих пор не определена, это не мешает нам его производить и широко использовать. Конечно, приятно знать истину, но для создания технологии достаточно знания основополагающего принципа действия (синицы в руках). Мы гораздо чаще, чем думаем, применяем методы, которые нельзя рационально обосновать. Следует отметить, если бы электричество не имело планетарного масштаба, то никаких его закономерных проявлений не наблюдалось бы. Неопределённость нейтрализуется избыточностью, закономерность обеспечивается запредельной избыточностью. Такова логистика природы и механизма любой природной закономерности. И мы, предположив планетарный масштаб интеллекта, не будем мучить себя вопросом, что это такое. Пусть этим занимаются метафизики и метаматематики. Пойдём по испытанному пути инженеров-электриков, научимся его накапливать, распространять, короче – использовать. Для развития идеи рассмотрим ещё несколько случаев накопления и экспансии интеллекта.

Подход к благоустройству английского парка. Англичане не прокладывают дорожки в новых парках, пока по газонам не походят люди. Потому что люди всё равно ходить будут там, где удобней всего, самым оптимальным по их разумению маршрутам. В результате дорожки не только хранят следы отдельных путников и информацию об их типичных передвижениях, но несут и информацию о характере их интеллектуальных решений по передвижению. Причём эта информация, как проявление общего инварианта, содержит в себе и инструкцию по её применению для следующих путников. Элементарная кибернетическая мысль, удар топора управляется предыдущей засечкой. В результате экспансии интеллекта путников, в исходно ничем не обусловленной субстанции газонов, образуется филиал интеллекта путников в форме структур актуальных для действия, превращающиеся в действующие структуры при появлении на них очередных путников.

Яркий пример применения техники для экспансии интеллекта приведён в [7]. «Тележка на колесах со спицами служит не только для перевозки зерна или других грузов;

эта тележка «перевозит» замечательную идею «тележки на колесах со спицами» — из одного сознания в другое». Так «идея овладевает массами». В [8] убедительно доказано, что практически все знания человек получает из коллективного сознания.

В биологии принято считать, что организмы сами организуют себя, - но источником организации, вопреки тому, что утверждает синергетика, отталкивающаяся от неравновесной термодинамики, выступает не хаос, а интеллект. То есть, вопреки общепризнанным предубеждениям, корректнее будет сказать, что не растение организует себя, а интеллект, осуществляя экспансию, обременяет (осеняет) собой вещество. В результате этой экспансии он проявляет (обнаруживает, манифестирует) себя в структурах растения. Интеллект, диффундируя, наращивает базу предсказуемости, «портит статистику» и, тем самым, реализует существование организма.

Теперь, когда для осознания (манифестации) идеи преадаптации посредством трансляции интеллекта сделано всё возможное, покажем её применение к достижению поставленной нами цели, к самоактуализации сетей связи в режиме, опережающем реальное время. Делаем это с учётом, что избыточность всегда будет сопутствовать сетям, обеспечивающим работу системы управления в режиме реального времени, избыток здесь не запас, а «средство нанесения главного удара». Поскольку инерционность проявляется на всех уровнях реальности, то, как будет показано далее, благодаря этому обстоятельству можно организовать работу сети так, чтобы в сети избыток ресурса действительно был «средством нанесения главного удара», то есть концентрировался в нужное время в нужном месте сети. И такая непрерывная «нормализация» сетевого ресурса – самоактуализация сети - может быть осуществлена без затрат, посредством синтеза без анализа, как бы по инерции.

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 полностью связной, 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 применения (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, – каналов для удовлетворения новых предпочтений потребителей. 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 актуальных направлениях связи. Причём, данный «вырезающий процесс» имеет консервативный характер, не требует для своей реализации какого-либо ресурса и реализации процедур анализа, но результат его действия имеет предметно физическую специфику, поскольку, несмотря на свою медленность, он опережает реальное время в части приведения структуры сети в актуальное состояние. Отметим, делает он это непрерывно, поскольку актуальность

системы находится за её пределами, и никакая её внутренняя комбинация структур не может быть объявлена заранее окончательно актуальной. Понятно, что не имеет смысла говорить об актуальности в отсутствие какой-либо стабильности, но в отсутствие стабильности предпочтений потребителей предлагаемый способ, по крайней мере, безвреден. При полной же стабильности – актуализироваться не актуально.

В синергетике и биологии популяций симбиотические взаимодействия описываются уравнениями Лотки–Вольтерра. Решение этого уравнения, применительно к симбиотическому взаимодействию системы с надсистемой создает в среде системы устойчивый динамический ландшафт, называемый в синергетике аттрактором. Но какой-либо практической ценности данные решения в нашем случае не представляют. Аттрактор устойчиво проявляется, но не имеет фиксированной формы. Синтез возможен, если есть фактор, который итожит процесс становления. Фактором, обеспечивающим синтез аттрактора, является стабильность в предпочтениях пользователей, их серийность. Изменяется серийность, меняется и аттрактор. Более ценным для конкретного технологического воплощения является понимание того, что, фактически, здесь происходит экспансия (трансляция) интеллекта пользователя на структуры сети. То есть, самый ценный продукт – интеллект пользователя, который поступает в сеть в результате её симбиотического взаимодействия с потребителями услуг, не «вылетают в трубу» после разового использования. Он накапливается (наследуется, воплощается) в структурах сети, наращивая интеллект сети до уровня интеллекта потребителей, в аспекте готовности к немедленному предоставлению запрашиваемых услуг. Причём, интеллектуализация сети в форме её актуализации, основываясь на инерционности предпочтений потребителей, происходит непрерывно с опережением реального времени, без затрат каких-либо ресурсов, экологически, без отходов в форме служебного трафика, поскольку необходимый синтез производится без реализации процедур анализа. Такая технология актуализация является явно природоподобной, то есть истинной стелс-технологией, поскольку диффузионные явления относятся к классу первичных природных явлений. В какой-то мере здесь можно обнаружить проявление синхроничности Юнга [9] в смысле совпадения во времени двух или более причинно не связанных между собой событий, которые имеют одно и то же или сходное значение. Важно отметить, что для получения столь существенного преимущества, имеющиеся принципы и методы реализации сетей связи не подлежат коренному пересмотру.

Литература

1. Попов Б.М., Учение о системах и структурах организаций. – Воронеж: Концерн «Созвездие», 2009
2. Мерзвинский А.В., Попов Б.М. Сети, самоактуализирующиеся в процессе функционирования// Материалы X международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. Том 1, стр. 84-93. – М.: РАН МСМНТ, 2015.
3. Мерзвинский А.В., Попов Б.М. Природоподобные технологии в сетях связи// Сборник докладов XXII МНТК «Радиолокация, навигация, связь». 19 - 21 апреля 2016, Том 2, стр. 699-705. Воронеж: НПФ «САКВОЕЕ» ООО
4. Гельфанд И.М. Два архетипа в психологии человечества // [«Экология и жизнь»](#). –2010, №2
5. Бейтсон Г. Экология разума, – М.: Смысл, 2000
6. Сергеев С.Ф. Интеллектуальные симбионты в эргатических системах // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2013, № 2 (84). – С. 149–154.
7. Броуди Ричард, Психические вирусы. Как программируют ваше сознание. – М.: Поколение, 2007
8. Попов Б.М. За пределами искусственного интеллекта. – Воронеж: «Концерн «Созвездие», 2016
9. Jung C.G., Synchronicity: An Acausal Connecting Principle, 1952